

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aplicação de um Método Sistematizado de *Roadmapping*
de Tecnologias (*TRM*) em uma indústria brasileira de bens-
de-capital

SANTA BÁRBARA D'OESTE
2018

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Marjory Harumi Barbosa Hito - CRB-8/9128.

A347a	<p>Alcantara, Douglas Pedro de Aplicação de um Método Sistematizado de Roadmapping de Tecnologias (TRM) em uma indústria brasileira de bens-de-capital / Douglas Pedro de Alcantara. – 2018. 191 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Mauro Luiz Martens. Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Engenharia de Produção, Santa Bárbara d'Oeste, 2018.</p> <p>1. Projetos Industriais. 2. Materiais. 3. Tecnologia. I. Martens, Mauro Luiz. II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU – 658.5</p>
-------	--

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Aplicação de um Método Sistematizado de Roadmapping
de Tecnologias (*TRM*) em uma indústria brasileira de bens-
de-capital

DOUGLAS PEDRO DE ALCÂNTARA

ORIENTADOR: PROF. DR. MAURO LUIZ MARTENS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO, DA UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA – UNIMEP, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

SANTA BÁRBARA D'OESTE
2018

Aplicação de um Método Sistematizado de Roadmapping
de Tecnologias (*TRM*) em uma indústria brasileira de bens-
de-capital

DOUGLAS PEDRO DE ALCÂNTARA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA, EM 28 DE JUNHO
DE 2018, PELA BANCA EXAMINADORA CONSTITUÍDA PELOS PROFESSORES:

PROF. DR. MAURO LUIZ MARTENS
(PPGEP - UNIMEP)

PROF. DR. ANDRÉ LUIZ HELENO
(PPGEP – UNIMEP)

PROF. DRA. ANA PAULA VILAS BOAS VIVEIROS LOPES
(FEI)

AGRADECIMENTOS

À minha família.

À CAPES e ao CNPQ.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA.....	16
1.2. QUESTÃO DA PESQUISA.....	19
1.3. OBJETIVO GERAL:	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	19
1.5. ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO	20
2. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TRM	21
2.1. TECNOLOGIA.....	21
2.2. ROADMAPPING DE TECNOLOGIA (TRM).....	21
2.3. TIPOS DE TRM.....	23
2.4. OBJETIVOS DO TRM	24
2.5. BENEFÍCIOS DO TRM	25
2.6. FASES E DESAFIOS DO TRM	26
2.7. ARQUITETURA DO TRM	28
2.8. FERRAMENTAS DE SUPORTE AO PROCESSO DE TRM.....	29
2.9. TRM DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS.....	31
2.10. O PROCESSO DE TRM E OS MODELOS DE TRM DA LITERATURA.....	31
2.11. O MÉTODO DE INICIALIZAÇÃO RÁPIDA DE TRM.....	43
3. MÉTODO SISTEMATIZADO PROPOSTO PARA PROCESSO DE TRM	53
3.1. DESENHO DO MÉTODO PROPOSTO - FLUXOGRAMA.....	54
3.2. ETAPAS DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE TRM PROPOSTO	56
3.2.1. ETAPA 1 - DEFINIR UNIDADE DE ANÁLISE.....	58
3.2.2. ETAPA 2 – ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE TRM.....	59
3.2.3. ETAPA 3 – ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE ESTRATÉGIA DO NEGÓCIO.....	61
3.2.4. ETAPA 4 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA	62
3.2.5. ETAPA 4.1 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - PEÇAS	63
3.2.6. ETAPA 4.2 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA NOVAS FORMAS DE PRODUÇÃO	66
3.2.7. ETAPA 4.3 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS	68
3.2.8. ETAPA 4.4 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO	70
3.2.9. ETAPA 5 - DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS SUBSISTEMAS.....	74
3.2.10. ETAPA 6 - DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS	75
3.2.11. ETAPA 7 - DEFINIR AS TECNOLOGIAS.....	76
3.2.12. ETAPA 8 - GERAR O TRM.....	78
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	81
4.1. FASE 1 – FORMAÇÃO DA AMOSTRA DE ARTIGOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E PROPOSTA DE MÉTODO DE TRM	81
4.2. FASE 2 – PESQUISA-AÇÃO: APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE TRM	85
4.2.1. PLANEJAR A PESQUISA-AÇÃO.....	88
4.2.1.1 INICIAR O PROJETO DE PESQUISA-AÇÃO	88
4.2.1.2 DEFINIR CONTEXTO E PROPÓSITO.....	89
4.2.1.3 DEFINIR ESTRUTURA CONCEITUAL-TEÓRICA	89
4.2.1.4 SELECIONAR UNIDADE DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	89
4.2.2. COLETAR DADOS.....	90
4.2.3. ANALISAR DADOS E PLANEJAR AÇÕES	91
4.2.4. IMPLEMENTAR AÇÕES	92

4.2.5.	AVALIAR RESULTADOS E GERAR RELATÓRIO	92
4.2.6.	MONITORAMENTO	93
4.3.	FASE 3 – ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS	93
5.	RESULTADOS	94
5.1.	APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMÁTICO DE <i>TRM</i> – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA-AÇÃO	94
5.1.1.	DEFINIÇÃO DE CONTEXTO E PROPÓSITO DO MÉTODO DE <i>TRM</i>	94
5.1.2.	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISES PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE <i>TRM</i>	97
5.1.3.	COLETA DE DADOS	97
5.1.4.	ANALISAR DADOS E PLANEJAR AÇÕES	103
5.1.5.	SÍNTESE DA PESQUISA-AÇÃO	108
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMÁTICO DE <i>TRM</i>	114
7.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	126
7.1.	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	127
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
	APÊNDICE A - ANÁLISE DA AMOSTRA DE ARTIGOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA DE <i>TRM</i> ALINHADA COM MODELOS	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.

CAPES – COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR.

DEA – DATA ENVELOPMENT ANALYSIS.

GPP – GERENCIAMENTO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS.

IMM – INTEGRATED MANAGEMENT MODEL

ITP – INTEGRATED TECHNOLOGY ROADMAPPING AND PORTFOLIO MANAGEMENT.

JPL – JET PROPULSION LABORATORY.

MCDM – MULTI CRITERIA DECISION MAKING.

MCDMA-C – MULTI CRITERIA DECISION AIDING METHODOLOGY – CONSTRUCTIVIST.

OTR – OPERATION AND TECHNOLOGY ROADMAP.

P&D – PESQUISA E DESENVOLVIMENTO.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.

PPGEP – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

PPM – PORTFOLIO PROJECT MANAGEMENT.

QFD – QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT.

R&D – RESEARCH AND DEVELOPMENT.

SAILS – STANDARDS, ARCHITECTURES, INTEGRATION, LINKAGES, SUBSTITUTIONS.

SAO – SUBJECT-ACTION-OBJECT.

SEARCH – SCENARIO EVALUATION AND ANALYSIS THROUGH REPEATED CROSS IMPACT HANDLING.

SME´S - SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

TRM – TECHNOLOGY ROADMAPPING.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO TRM	27
QUADRO 2 – DESAFIOS NA OPERACIONALIZAÇÃO DO TRM	28
QUADRO 3 – FASES DO PROCESSO DE TRM	28
QUADRO 4 – FERRAMENTAS AUXILIARES NO PROCESSO DE TRM	30
QUADRO 5 –COMENTÁRIOS ADICIONAIS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS DA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA (40 MAIS CITADOS).	46
QUADRO 6 – PRINCIPAIS REFERÊNCIAS DE CADA ATIVIDADE DO MÉTODO PROPOSTO	56
QUADRO 7 – ROTEIRO PARA DEFINIR UNIDADE DE ANÁLISE.....	58
QUADRO 8 – MODELO DE ATA DE REUNIÃO – F-01.	59
QUADRO 9 – ROTEIRO PARA ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE TRM.	60
QUADRO 10 – FORMULÁRIO PARA REGISTRO DE FREQUÊNCIA E TREINAMENTO F-02.	60
QUADRO 11 - ROTEIRO PARA ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE ESTRATÉGIA DO NEGÓCIO.....	62
QUADRO 12 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - PEÇAS.	65
QUADRO 13 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS F-03.	66
QUADRO 14 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – NOVAS FORMAS DE PRODUÇÃO.....	67
QUADRO 15 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS.	69
QUADRO 16 – SUMÁRIO DOS CINCO COMPONENTES DA METODOLOGIA SAILS.	72
QUADRO 17 – ROTEIRO PARA DEFINIR A OPORTUNIDADE FUTURA – SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO.....	72
QUADRO 18 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS DISRUPTIVAS F-04..	73
QUADRO 19 – ROTEIRO PARA DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS SUBSISTEMAS. ...	74
QUADRO 20 – ROTEIRO PARA DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS.	76
QUADRO 21 – ROTEIRO PARA IDENTIFICAR AS TECNOLOGIAS.....	77
QUADRO 22 – ROTEIRO PARA GERAR O TRM.....	79
QUADRO 23 - ESTRUTURA DE FASES DA PESQUISA.....	81
QUADRO 24 – CUIDADOS EM CADA ETAPA DA PESQUISA-AÇÃO.....	87
QUADRO 25 – FORMULÁRIO DE REGISTRO DE PESQUISA.....	90
QUADRO 26 – QUADRO RESUMO DA PESQUISA-AÇÃO.....	92
QUADRO 27 – INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA.....	97
QUADRO 28 – FORMAS DE COLETA DE DADOS.....	98
QUADRO 29 – ANÁLISE DO MÉTODO PROPOSTO.....	103
QUADRO 30 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS.....	104
QUADRO 31 – QUADRO-RESUMO DA PESQUISA-AÇÃO.....	109
QUADRO 32 – SUMÁRIO DAS CONTRIBUIÇÕES EM CADA ETAPA DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE TRM.....	116
QUADRO 33 – ROTEIRO COMPLETO AJUSTADO DE TODAS AS ETAPAS DO MÉTODO DE TRM PROPOSTO.....	118

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MODELO GENÉRICO DE TRM.	29
FIGURA 2 - MATRIZ DE INOVAÇÃO.	33
FIGURA 3 – PROCESSO DE INICIALIZAÇÃO RÁPIDA DE TRM.	44
FIGURA 4 – MÉTODO SISTEMATIZADO PARA PROCESSO DE TRM PARA BENS-DE-CAPITAL.	55
FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DE PEÇAS FABRICADAS POR MÁQUINAS DE TORNEAMENTO.	64
FIGURA 6 – VISÃO GERAL DE UM TRM.	78
FIGURA 7 – TRM F-05.	80
FIGURA 8 – FASES DE PESQUISA PARA CONSTRUÇÃO DO PORTFÓLIO DE ARTIGOS E DEFINIÇÃO DE PESQUISA.	84
FIGURA 9 – ESTRUTURA PARA CONDUÇÃO DA PESQUISA-AÇÃO.	86
FIGURA 10 – ESTRUTURA DA ETAPA DE PLANEJAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO COM INDICAÇÃO POR PROBLEMA.	88
FIGURA 11 - PRIMEIRO MÉTODO DE TRM PROPOSTO.	95
FIGURA 12 - MÉTODO DE TRM PROPOSTO – INSERÇÃO DA ETAPA SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO.	96
FIGURA 13 - MÉTODO DE TRM PROPOSTO – FORMA CÍCLICA DOS WORKSHOPS. ...	102
FIGURA 14 – ETAPA DE GERAR O TRM EM ANDAMENTO.	106
FIGURA 15 – EXEMPLO DO TRM FINALIZADO EM IMPLEMENTAÇÃO NA ORGANIZAÇÃO.	107
FIGURA 16 –TRM COM DIVISÃO SUGERIDA PARA AS TECNOLOGIAS.	116
FIGURA 17 - MÉTODO SISTEMATIZADO DE TRM PROPOSTO – COMPLETO.	118

ALCANTARA, Douglas Pedro. **Aplicação de um Método Sistematizado de Roadmapping de Tecnologias (TRM) em uma indústria brasileira de bens-de-capital**. 2018. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

RESUMO

Planejar a geração de tecnologias de forma estratégica tem se mostrado vantagem competitiva para muitas organizações, e, neste sentido, o *Roadmapping de Tecnologias (TRM)* tem sido uma abordagem eficaz em diversos negócios. Pesquisas têm sido feitas no sentido de contribuir para que novos modelos de *TRM* possam resultar em melhorias para aplicações diversas. Esta pesquisa teve como objetivo propor uma sistemática para o processo de *TRM* em organização do ramo de bens-de-capital que permita a utilização eficiente de novas tecnologias. Como metodologia foi utilizada a pesquisa-ação em duas fases distintas, uma revisão sistemática de literatura, com foco na busca por modelos e lacunas para o desenvolvimento da sistemática de método teórico e, na sequência, a implementação do método sistematizado de *TRM* em uma empresa de bens-de-capital. Como resultados, o método sistematizado mostrou-se benéfico para a empresa na qual foi testado podendo ser útil também para empresas similares, auxiliando estas a obterem melhores resultados no planejamento e uso de tecnologias. Destaca-se igualmente como resultado o *TRM* da unidade em análise da empresa que possibilitou a esta ter, pela primeira vez, uma visão clara das tecnologias que deverão ser desenvolvidas e aplicadas em seus produtos, a exemplo das tecnologias de conectividade e a do autobalanceamento. Destaca-se ainda, a inclusão de análises de tecnologias disruptivas em meio às tecnologias em áreas estáveis. Esse método sistematizado desenvolvido visa atender a uma aplicação específica e também está alinhado com lacunas apontadas no levantamento bibliográfico.

PALAVRAS-CHAVE: Technology Roadmapping; Roadmap de tecnologia; gerenciamento de tecnologias; bens-de-capital; máquinas e equipamentos; pesquisa-ação.

ALCANTARA, DOUGLAS PEDRO. APPLICATION OF A SYSTEMATIZED METHOD FOR TECHNOLOGY ROADMAPPING (TRM) IN A BRAZILIAN CAPITAL GOODS INDUSTRY. **2018. 147F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) – FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO, UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, SANTA BÁRBARA D'OESTE.**

ABSTRACT

Being able to plan the generation of technologies in a strategic way has shown itself a competitive advantage for many organizations, and Technology Roadmapping (TRM) has been an effective approach in a number of business. Research has been done to contribute to new models of TRM approaches that can result in improved results for diverse applications. This study aims to propose a systematic approach to the TRM process in an organization of the capital goods sector that allows the efficient use of new technologies. As a methodology, the action research was applied in two phases, one in the systematic review of the literature, focusing on search for models and gaps for the development of a systematized theoretical method, following by the implementation of the systematized method in a capital goods organization. As results, the systematized method proved to be beneficial to the company in which it was applied and could be useful to other similar companies, helping them to obtain better results in the planning and use of technologies. Also noteworthy as a result is the TRM of the unit under analysis of the company that made it possible, for the first time, to have a clear vision of the technologies that should be developed and applied in their products, such as connectivity technologies and self-balancing technologies. It is also worth noting the inclusion of disruptive technology analyzes in the midst of technologies in stable areas. This systematized method developed aims to meet a specific application and is also in line with the gaps pointed out in the bibliographic review.

KEYWORDS: *Technology Roadmapping; TRM; technology management; capital goods; machine and equipment; action-research.*

1. INTRODUÇÃO

A escolha sobre quais projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) devem ser desenvolvidos e quais níveis de recursos e prioridades em projetos devem ser escolhidos são decisões das mais complexas e críticas que o gerenciamento em uma organização deve tomar. As organizações já sabem que o fator mais decisivo para o sucesso geral das estratégias de P&D é a seleção dos objetivos estratégicos mais compensadores e que a alocação de recursos deve ser feita de uma maneira efetiva e no momento em que estes recursos sejam mais necessários (ROUSSEL *et al.*, 1991).

A capacidade de ação do departamento de P&D é a principal qualidade que permite às organizações atingirem vantagens competitivas em negócios de alta tecnologia (MOKHTARZADEH *et al.*, 2018). Brockhoff, (2017), descreveu em seu estudo sobre histórico do gerenciamento de tecnologia e inovação, este como forma mais ampla de análise de P&D, que os recursos investidos em P&D tem potencial de gerar invenções, que, por sua vez, poderiam ser comercializadas como inovações. Isto teria como resultado o crescimento dos ganhos de uma empresa por meio da melhoria da produtividade.

Muitas das decisões em desenvolver novos produtos em organizações são baseadas em retornos incrementais sobre o investimento, assim como em seu retorno financeiro em investimentos anteriores. No entanto, essa forma de avaliação de viabilidade de desenvolvimento de novos produtos é inadequada para se avaliar o impacto total da tecnologia nas atividades presentes e futuras das organizações, pois a tecnologia deve ser vista quanto à sua interação com outras tecnologias e com o sistema como um todo (PETRICK; ECHOLS, 2004). Segundo os mesmos autores, balancear os investimentos nos esforços correntes enquanto se iniciam esforços em trajetórias de novas tecnologias ajuda a prover o fluxo financeiro necessário para custear o trabalho futuro.

Diferentes áreas de negócios em grandes organizações podem estar aplicando várias tecnologias em seus produtos ou processos e mesmo engenheiros de dentro da organização podem não estar cientes. Quando as mesmas tecnologias são usadas em diferentes tipos de produtos, o conhecimento delas pode também ser gerado por várias equipes dentro da organização (STIG, 2013).

Stig *et al.* (2015), concluíram que o reuso de tecnologias pode ser considerado um mecanismo que ocorre em duas circunstâncias diferentes: um novo esforço de contextualização da tecnologia do produto e a transferência de um conhecimento tecnológico de uma unidade de origem a uma unidade recebedora em uma organização.

Avaliar as tecnologias geradas em P&D de uma empresa por meio do gerenciamento do portfólio de tecnologia pode auxiliar a determinar a eficácia destas tecnologias para uso em contexto e propósito particulares, em cada produto que está em desenvolvimento, para que se chegue a orientações ou decisões justificadas que levem a grandes investimentos de recursos (BEWLEY, 2010). Empresas que lidam com altas tecnologias enfrentam ambiente caracterizado por alta inovação, altas taxas de mortalidade de projetos, alta prioridade em P&D, competição dura em uma corrida ao mercado e parcerias com empresas que podem potencialmente ser competidoras (BILALIS *et al.*, 2002). O planejamento e a atividade de projeção têm se tornado cada vez mais importantes no gerenciamento de P&D com o propósito de ganhar e manter as vantagens competitivas (JEONG; YOON, 2015).

Considerando-se a estratégia das corporações, Albright (2003) apontou que *roadmap* de tecnologias ou o processo de *TRM*, considerado uma ferramenta de suporte no gerenciamento e planejamento de tecnologias (PHAAL *et al.*, 2004a), é usado para conectar a estratégia do negócio à evolução das características dos produtos e aos custos das tecnologias necessárias para se atingir os objetivos estratégicos. Geum *et al.* (2015), ressaltam este aspecto da natureza estratégica do *TRM*, pois para desenvolvê-lo com qualidade há a necessidade de condução de tarefas subjetivas e qualitativas por especialistas

da organização. Loyarte *et al.* (2015), apontaram que o *TRM* é uma ferramenta estratégica que pode auxiliar organizações a desenvolver uma visão de fora para dentro e desafiar suas perspectivas competitivas atuais.

Segundo Vatananan e Gerdri (2012), o processo de *TRM* tem despertado interesse acadêmico nas fases de sua implementação e operacionalização de suas abordagens. Esses autores também reportam foco em pesquisas na operacionalização do processo de *TRM* por meio da standardização e do desenvolvimento de ferramentas e técnicas de auxílio à análise de tecnologia. Carvalho *et al.* (2013) apontam como lacunas o desenvolvimento de fatores críticos de sucesso, falta de evidências empíricas relacionadas à influência de fatores tais como: setores industriais, tamanhos de empresas ou outras variáveis moderadoras influentes. Esses últimos autores também apontam situações de interface entre *TRM* e alinhamento estratégico como escassas na literatura e apontam lacunas relacionadas à sustentabilidade do processo nas organizações. Como característica da ferramenta, o *TRM*, devido à sua alta flexibilidade como ferramenta, pode ser personalizado para diferentes aplicações (PHAAL; MULLER, 2007; GHAZINOORY *et al.* 2017; SON *et al.* 2017; DASTRANJ *et al.* 2018).

Assim, também levando-se em consideração as lacunas de pesquisado aspecto visual de *TRM* e pesquisa e de aplicação de modelos de *TRM* em ramos específicos de negócios, no caso deste trabalho em bens-de-capital, este trabalho tem como objetivo propor um método sistematizado de *TRM* direcionado à organizações industriais produtoras de bens-de-capital e aplicá-la em unidade de negócios de uma grande empresa fabricante de máquinas industriais no Brasil. Para tanto, foi realizada revisão sistemática da literatura, mesclando estudo bibliométrico, análise de redes e de conteúdo sobre a conexão das principais palavras-chave relacionadas ao tema, com ênfase na procura por modelos, por meio de uma pesquisa na base de dados ISI *Web of Science* e uso de técnica de *snowball* em outras bases, por meio dos artigos referenciados nos textos principais que compõem o portfólio de artigos desse trabalho e adicionados ao portfólio de artigos alinhados com o tema, gerando

conteúdo para o texto principal e análise bibliométrica. Segundo Noy (2008) a técnica de amostragem *snowball* é um dos métodos de amostragem mais utilizados em pesquisa qualitativa em várias disciplinas. Como teste ao método de *TRM* proposto, utilizou-se pesquisa-ação para validação de sua aplicação em uma unidade de negócios de uma indústria fabricante de máquinas e equipamentos no Brasil.

Como contribuição, esta dissertação apresenta uma síntese teórica sobre *TRM*, bem como uma proposta de método de *TRM* e o resultado da aplicação em uma unidade de produtos industriais em uma organização brasileira. Na sequência são apresentadas as principais justificativas dessa dissertação.

1.1. JUSTIFICATIVA

Empresas fabricantes de produtos industriais, tais como máquinas e equipamentos, que mantenham sucesso ao longo dos anos, analisam continuamente os ciclos de vida de seus produtos e serviços, desde suas concepções até que sejam descontinuados. O desenvolvimento de novos produtos e serviços como parte dos processos de P&D dentro das empresas é a forma utilizada para que estas continuamente possam oferecer novos produtos e serviços ao mercado. As empresas consideram seus gastos em P&D como investimentos que poderão garantir seu futuro no mercado por meio de novos produtos e serviços que irão fornecer (MARTINSUO *et al.*, 2014).

Como, evidentemente, recursos são finitos, as empresas procuram estudar formas de priorizar os projetos através do uso mais eficiente possível desses. As alternativas de projetos possíveis usualmente excedem enormemente a capacidade de uma empresa de poder executá-los (ENGWALL; JERBRANT, 2003). O orçamento alocado para o departamento de desenvolvimento de produtos é finito, assim, a integração, recursos humanos e risco devem ser considerados para se escolher os projetos mais vantajosos dentro do melhor prazo possível (MOKHTARZADEH *et al.*, 2018)

Empresas fabricantes de máquinas e equipamentos avaliam, elencam e escolhem dentre projetos de produtos quais seriam os mais interessantes do ponto de vista de sua estratégia. Seus projetos são armazenados e elencados no portfólio de projetos e a seleção dos projetos dentro de um portfólio requer que seja determinada a alocação de recursos para cada projeto, dentro do período de planejamento. No entanto, as incertezas decorrentes dos limites de recursos conforme o passar do tempo no planejamento, podem fazer com que o uso dos recursos não seja adequado (SOLAK *et al.*, 2010).

Sendo o gerenciamento de portfólio o gerenciamento coordenado de um ou mais projetos para se alcançar os objetivos estratégicos das empresas, conectar o gerenciamento de portfólios com a estratégia organizacional é importante para se estabelecer um plano balanceado e executável que poderá auxiliar a organização a atingir suas metas. (HYVÄRI, 2014; PMI, 2013). Como as prioridades de projetos e tecnologias em empresas de tecnologia são alteradas dinamicamente, o gerenciamento do portfólio de projetos e tecnologias é muito complexo e desafiador (VERMA, 2011).

Segundo Stig *et al.* (2015), estratégias para reuso de conhecimento tornaram-se incrivelmente populares pois as organizações tentam reduzir os custos com o desenvolvimento e reduzir o tempo de lançamento de um produto no mercado.

Parte do grupo que atua em P&D dentro de uma organização está, portanto, gerando novas tecnologias que podem ser incorporadas em produtos que estão ainda em desenvolvimento. Este aprimoramento da tecnologia, poderá fazer com que mais produtos passem a ser interessantes aos clientes finais. Majchrzak *et al.* (2004), em contexto do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) do Instituto de Tecnologia da Califórnia, EUA, afirmaram que aquelas empresas que fizeram o reuso de conhecimento, redefiniram os desafios para disponibilizar o melhor valor ao cliente final, e que esse resultado pode se repetir na maioria dos tipos de indústrias.

No entanto, as tecnologias geradas podem não estar sendo elencadas e demonstradas a todos os profissionais envolvidos com o desenvolvimento de novos produtos, pois o gerenciamento do portfólio de tecnologias pode não estar sendo claramente feito no modelo que o grupo poderia se beneficiar. Markus (2001), já concluía que o reuso bem-sucedido de conhecimento é em parte devido à forma como o conhecimento é apresentado e se atende às necessidades do re-utilizador.

Avaliar as tecnologias geradas em P&D de uma empresa por meio do gerenciamento do portfólio de tecnologia poderá auxiliar a determinar a eficácia dessas tecnologias para uso em contexto e propósito particulares, em cada produto que está em desenvolvimento, para que se chegue a orientações ou decisões justificadas que levem a grandes investimentos de recursos (BEWLEY, 2010). Uma grande vantagem seria a possibilidade de melhorar a aplicabilidade de novas tecnologias geradas através do uso de plataforma de tecnologia que facilite o re-uso destas tecnologias quanto às diferentes atividades. (STIG, 2013).

A seleção e análise de portfólios de tecnologia são campos de pesquisa desafiadores, conforme Akram *et al.* (2011). A materialização de um plano de desenvolvimento estratégico de tecnologias é a identificação e escolha das tecnologias mais rentáveis para que uma organização possa maximizar o retorno do investimento das tecnologias desenvolvidas, (KIRBY; MAVRIS, 2002). Uma forma de suportar a estratégia de desenvolvimento de tecnologias é utilizar o *TRM*, que de forma estruturada, permite explorar e comunicar dentro das dinâmicas de relações entre mercados, produtos e tecnologias (PHAAL *et al.* 2007).

A revisão teórica permitiu que fosse feito um levantamento de modelos de *TRM* que pudessem contribuir com esta aplicação específica e também possibilitou suportar a incorporação de temas considerados como lacunas na pesquisa acadêmica, como o uso de técnicas de *TRM* para auxiliar a exploração de tecnologias em setores específicos – lacunas em *TRM* conforme PHAAL *et al.*, (2007), PHAAL *et al.*, (2004a) e Carvalho *et al.*, (2013) e como as

técnicas visuais podem suportar o desenvolvimento estratégico (“estratégia visual”) – lacunas segundo PHAAL *et al.*, (2007), PHAAL *et al.*, (2004a) e PHAAL e Muller, (2007).

1.2. QUESTÃO DA PESQUISA

Tecnologias que são desenvolvidas por grupos de P&D dentro de uma organização podem não estar sendo devidamente listadas para uso de outros grupos de desenvolvimento de produtos. Por não haver esta visibilidade, essas tecnologias podem não ser aplicadas em novos produtos, fazendo com que o benefício que poderia ser obtido com as novas tecnologias não seja usufruído em sua plenitude. Conseqüentemente a organização não se beneficia completamente das tecnologias geradas por grupos de P&D. Um modelo de *TRM*, se disponibilizado aos grupos de projetos de produtos poderia contribuir para aumentar o uso das tecnologias geradas por P&D.

Dessa forma, apresenta-se a pergunta de pesquisa: De que forma um método sistematizado de *TRM* pode ser aplicado a uma organização fabricante de bens-de-capital para que esta possa melhor se beneficiar dos desenvolvimentos de tecnologias?

1.3. OBJETIVO GERAL:

Propor uma sistemática para o processo de *TRM* em uma organização do ramo de bens-de-capital que permita a utilização eficiente de novas tecnologias.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1 – Identificar na literatura modelos, métodos e ferramentas de *TRM* para diversas aplicações mundiais.

2 – Desenvolver um método sistematizado de *TRM* adequado à organizações do ramo de bens-de-capital;

3 - Aplicar e testar o método sistematizado de *TRM* proposto em uma organização brasileira fabricante de máquinas e equipamentos.

1.5. ESTRUTURA DESTA DISSERTAÇÃO

Este texto se refere à dissertação de mestrado em Engenharia de Produção e tem sua formatação como descrito a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: Introduz o assunto através de texto inicial com base em literatura atual sobre a necessidade de utilização eficiente de recursos em atividades de P&D e registra algumas conclusões de autores sobre o reuso de tecnologias em organizações, além de reforçar a importância de *TRM* para a prospecção de tecnologias, mostra também as lacunas de pesquisa no tema, apresenta ainda as justificativas e a pergunta da pesquisa, mostra os objetivos e a estrutura da dissertação;

Capítulo 2 – Revisão da literatura: apresenta a revisão teórica da literatura sobre tecnologia e *TRM*, classificando e descrevendo características de *TRM* e sua aplicação, sua importância e resultados de trabalhos de alta relevância para a prospecção de tecnologia e inovação. Detalha ainda, os modelos de *TRM* utilizados no método sistematizado de *TRM* proposto;

Capítulo 3 – Método sistematizado proposto para o processo de *TRM*: detalha o método ora proposto, utilizando-se de um fluxo de aplicação com fases detalhadamente descritas e com a contribuição de cada fase, com objetivos, desenho e as atividades de pesquisa.

Capítulo 4 – Procedimentos Metodológicos: apresenta a metodologia utilizada no estudo que gerou o texto de dissertação, detalha a estrutura e também detalha a pesquisa-ação a ser utilizada.

Capítulo 5 – Resultados: apresenta e discute os resultados obtidos.

Capítulo 6 – Conclusão: apresenta as implicações para a teoria e prática, com suas respectivas limitações e, sugere também pesquisas futuras.

2. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE TRM

2.1. TECNOLOGIA

Como as prioridades de projetos e tecnologias em empresas de tecnologia são alteradas dinamicamente, o gerenciamento de tecnologias torna-se muito complexo e desafiador (VERMA *et al.*, 2011). Nesse sentido, o termo “tecnologia” é usado por alguns pesquisadores para se referir à tecnologia que define o produto que estabelece as regras para toda uma indústria, como a “tecnologia da câmera digital”, por exemplo, enquanto que outros se referem a um conceito mais amplo de conhecimento tecnológico como tipos de competência usados para desenvolvimento e manufatura (STIG, 2013).

Portanto, o conceito de tecnologia relacionado com o *TRM* é o conceito mais amplo, como o citado acima para manufatura, de esforços dedicados a criar novo conhecimento para desenvolver uma tecnologia particular para certo campo de aplicação.

Além disso, Willyard e McClees (1987, p.13), definem que o termo “tecnologia” utilizado em *TRM*s deve ser entendido no seu sentido mais amplo: “a aplicação da ciência para resolver os problemas da capacidade de desenvolvimento, no contexto do mercado, competição e desempenho histórico.”

2.2. ROADMAPPING DE TECNOLOGIA (*TRM*)

O termo *TRM* é definido por Groenveld (1997) como um processo que contribui para a integração dos negócios e tecnologias e para a definição da estratégia tecnológica através da exibição das interações entre produtos e tecnologia no tempo. Garcia e Bray (1997) definem *TRM* como um processo de planejamento de tecnologia impulsionado pelas necessidades de auxiliar a identificar, selecionar e desenvolver alternativas de tecnologia que satisfaçam um conjunto

de necessidades dos produtos. Na literatura, o *TRM*, que é o documento resultante de seu processo, ou processo de *TRM* em si, têm como aplicações mais comuns, e, portanto, mais difundidas, em organizações baseadas em tecnologia de produtos, que pretendem prever as tecnologias que serão disponibilizadas no mercado em um certo tempo. Há também um conceito de sua aplicação em ciência e tecnologia, no qual uma organização, não necessariamente privada, pretende prever tecnologias para um determinado setor público, como elemento auxiliar em políticas públicas de investimentos em tecnologia.

A flexibilidade do *TRM* é uma vantagem comumente citada em estudos de sua aplicação. Para Phaal *et al.* (2004a), o *TRM* é uma técnica flexível largamente usada em indústrias para auxiliar os planejamentos estratégicos e de longo prazo. Lee *et al.* (2007) consideram o *TRM* uma das mais poderosas técnicas usadas para auxiliar o gerenciamento das tecnologias e no planejamento. O poder da técnica do *TRM* também foi ressaltado por An *et al.* (2008) ao referenciar o *TRM* como uma técnica auxiliar no gerenciamento das tecnologias e planejamento, especialmente para explorar e comunicar as ligações dinâmicas entre os recursos tecnológicos, objetivos organizacionais e ambientes em alteração. Para Amer e Daim (2010), *TRM* é uma abordagem muito flexível e poderosa largamente utilizada na indústria no planejamento estratégico e na integração dos negócios e das tecnologias.

O *TRM* é o produto do processo de *roadmapping* e pode ainda se referir ao processo ou ao produto final, que é o diagrama baseado no tempo. Segundo Phaal *et al.* (2003), a capacidade de mostrar e conectar o conhecimento na base do tempo é o que faz com que o *TRM* seja considerado um método poderoso de suporte ao planejamento estratégico. A ligação de *TRM* com estratégia de empresas é amplamente difundida e muitas vezes o *TRM* é confundido com o planejamento estratégico de uma empresa, e também com o mapeamento estratégico, ou seja com o levantamento de informações tecnológicas que devem estar mapeados no ambiente estratégico, Daim e Oliver (2008) consideram o *TRM* uma abordagem estratégica e operacional

utilizada nos negócios para auxiliar as organizações a mapear relevantes questões quanto à tecnologia para seus sucessos futuros. Para Gerdtsri *et al.* (2009), ele é uma ferramenta estratégica gerencial que auxilia na potencial identificação de produtos ou serviços para o futuro, mapeando as tecnologias adequadas e referenciado um plano de alocação de recursos.

Para Lee *et al.* (2009a) ele é uma técnica útil que as empresas podem empregar para auxiliar no desenvolvimento de tecnologias e negócios relacionados com estratégias. Tuominen e Ahlqvist (2010), entendem que o *TRM* é uma metodologia que tem sido aplicado em várias organizações industriais para facilitar e comunicar a tecnologia, a estratégia e o planejamento. O processo de execução de um *TRM* também pode trazer benefícios par uma organização. Caetano e Amaral (2011) citam que o *TRM* é um método que auxilia as organizações a planejar suas tecnologias através da descrição dos caminhos a serem seguidos para se integrar uma tecnologia com seus produtos e serviços.

2.3. TIPOS DE *TRM*

Segundo Willyard e McClees (1987), a Motorola, empresa pioneira na aplicação de *TRM*, classifica *TRM* em dois tipos, um *roadmap* que lida com uma tecnologia única, chamado de *Roadmap* de Tecnologia Emergente e um outro, chamado de *Roadmap* de Tecnologia de Produto. O *Roadmap* de Tecnologia Emergente tem a ênfase na capacidade da empresa na tecnologia específica, uma comparação com a competição quanto àquela tecnologia e uma previsão sobre o progresso daquela tecnologia. O *Roadmap* de Tecnologia de Produto, alinhado com o *Roadmap* de aplicação mais comum nas organizações atualmente, é o processo que gerencia as tecnologias e seus usos nos produtos na linha do tempo. Esta classificação também é reportada por Garcia e Bray (1997) como sendo usada em algumas organizações.

A categorização de *TRM* em tipos tem sido sugerida por vários autores. Kostoff e Schaller (2001), sugeriram a divisão de *TRM* em quatro categorias: (i) produto/portfólio, (ii) ciência e tecnologia, (iii) tecnologia industrial e (iv)

corporativa ou produto-tecnologia. Geum e Park (2013), ao distinguir entre *TRM* aplicado no setor público e aplicado em ambientes corporativos, sugeriu a divisão dentro dos tipos aplicados ao setor público em quatro tipos: (i) baseado na ação, (ii) baseado na rota (ou trilha), (iii) baseado na tecnologia e (iv) baseado na visão.

Em adição a isso, Zhang *et al.* (2013), baseado em associações de outros estudos, sugeriram a classificação em três níveis: Macro, no qual o *TRM* está sendo aplicado em planejamentos de P&D nacionais a um país e que levaria em consideração aspectos do futuro da economia, visão do mercado, tendências tecnológicas e níveis atuais de ciência e tecnologia; Meso, no qual o *TRM* tem foco em aplicações de uma indústria, em áreas de necessidades comuns e condições concorrenciais; e Micro, no qual o *TRM* explora a evolução dos mercados, produtos e tecnologias no tempo.

2.4. OBJETIVOS DO *TRM*

Segundo Willyard e McClees (1987), a procura por uma melhoria de alinhamento entre tecnologia e inovação fez com que a empresa Motorola desenvolvesse o que chamou de abordagem *roadmapping*, ou *TRM*. Para estes autores, o *roadmap* é uma compilação de documentos que fornece uma descrição abrangente da linha dos produtos (passado, presente e futuro) de uma unidade organizacional ou organização.

Os objetivos de uma organização em desenvolver e implementar o *TRM* é antecipar as mudanças sociais, de mercado e tecnológicas e desenvolver uma estratégia corporativa que pode garantir sua sobrevivência no ambiente competitivo (VATANANAN; GERDSRI, 2010). Neste mesmo sentido, Willyard e McClees (1987) e Garcia e Bray (1997), consideram que os objetivos dos *roadmaps* são geralmente motivados pelo cliente e com foco no entendimento da indústria, mercados e problemas dos clientes.

Para que um *TRM* atinja seus objetivos dentro de uma organização, é necessário que, ao construí-lo, se tenha um bom conhecimento dos mercados

e das aplicações para se definir os produtos quanto aos requisitos dos clientes (GROENVELD,1997). Ele afirma que a partir destes requisitos, as funções técnicas dos produtos são definidas e, conseqüentemente, definem-se as tecnologias necessárias para realizar suas funções.

As tecnologias desenvolvidas em uma organização devem estar integradas a uma estrutura que possa considerar os objetivos e resultados esperados (OLIVEIRA; ROZENFELD, 2010). Um *TRM*, segundo Phaal *et al.* (2000), tem a capacidade de mostrar a interrelação entre mercado, produto e tecnologia e tem sido aplicado em um grande número de indústrias. Segundo este último autor, um *TRM* tem um modelo visual, relacionado com os demais projetos de produtos da organização.

Para Vatananan e Gerdri (2012), o aspecto da natureza visual do *TRM* tem sido relacionado com um benefício específico, pois ele acabou se tornando muito referenciado como uma forma de comunicação (GROENVELD, 1997; ALBRIGHT; KAPPEL, 2003; HOLMES; FERRIL, 2005), que visa melhorar a compreensão e o compartilhamento de informações na organização (KOSTOFF; SCHALLER, 2001; PHAAL; MULLER, 2007).

2.5. BENEFÍCIOS DO *TRM*

Caetano e Amaral (2011) concluíram que o *TRM* auxilia as organizações a planejar suas tecnologias através da construção do caminho a ser seguido para se integrar uma dada tecnologia aos produtos e serviços. Ghazinoory *et al.* (2016), para *TRM* com base em inovação – como a maioria das aplicações, concluíram que as oportunidades são derivadas da implementação das tecnologias e da demanda existente no mercado, objetiva-se maximizar o valor capturado das capacidades tecnológicas existentes para o desenvolvimento da tecnologia e que, normalmente, inicia a aceleração da inovação e do planejamento de P&D para novas tecnologias.

Para Groenveld (1997), o *TRM* contribui para a definição da estratégia de tecnologia da organização. A ligação entre a estratégia e as tecnologias de

uma organização é uma das características positivas normalmente relacionadas como resultado da aplicação ou uso do *TRM* (AMER; DAIM, 2010; DAIM; OLIVER, 2008; MCCARTHY, 2003).

A integração de processos e políticas é ressaltada por Garcia e Bray (1997) como benefício para a organização que implementa o *TRM*, assim como o desenvolvimento de ligações internas e externas entre departamentos ou unidades de negócios dentro de uma organização e entidades externas como mercados, fornecedores e parceiros. Estes autores afirmam ainda que o benefício principal do *TRM* está em fornecer informações que ajudem na tomada de decisões quanto aos investimentos em tecnologia.

Uma característica particular, considerada como benefício do processo de *TRM*, é o uso de estrutura baseada no tempo. Outra característica relevante é a forma gráfica como é apresentada. Ambas permitem comunicar os planos estratégicos em termos de co-evolução e desenvolvimento de tecnologia, produtos e mercados (PHAAL *et al.*, 2004a). Segundo Zhang *et al.* 2015, o *TRM* tem tido um papel cada vez mais importante no desenvolvimento e no planejamento de P&D e no monitoramento de inovações.

2.6. FASES E DESAFIOS DO *TRM*

Segundo Vatananan e Gerd Sri (2012), é comum que se reconheça algumas fases distintas relacionadas ao *TRM*: a fase de implementação e a de operacionalização. A fase de implementação pode ser dividida em três estágios: iniciação, desenvolvimento e integração. Estes autores elencaram os desafios em cada fase conforme pesquisa bibliográfica visto no Quadro 01, na fase de iniciação, comprometimento e seleção de pessoas é de extrema relevância. Na fase de desenvolvimento, a customização da abordagem e os *workshops* são de alta importância e na fase de integração, a inserção do *TRM* como processo interno e a manutenção dele são de extrema relevância.

QUADRO 1 – DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO TRM

Estágio	Desafio	Referência
Iniciação	Dar início ao processo	Groenveld (1997); Farrukh <i>et al.</i> (2001); Phaal <i>et al.</i> (2003)
	Garantir o comprometimento da alta direção	Groenveld (1997); Kappel (2001); Kostoff e Schaller (2001)
	Selecionar as pessoas envolvidas	Brown e O'Hare (2001); Gersdri <i>et al.</i> (2009)
Desenvolvimento	Escolher e customizar a abordagem	Brown e O'Hare (2001); Phaal <i>et al.</i> (2003); Lee e Park (2005); Cosner <i>et al.</i> (2007)
	Facilitar os <i>workshops</i>	Phaal <i>et al.</i> (2007); Gersdri <i>et al.</i> (2009); Kerr <i>et al.</i> (2009)
	Qualidade do conhecimento capturado nos <i>workshops</i>	Brown e O'Hare (2001)
	Dados limitados de tecnologias emergentes ou forças do mercado	Strauss e Radnor (2004); Vojak e Chambers (2004); Gersdri (2007)
	Ambiente, processos e procedimentos propícios para facilitar inovação e criatividade	Groenveld (1997); Brown e O'Hare (2001); Gersdri e Vatananan (2007)
Integração	Inserir o processo de <i>TRM</i> nos processos operacionais da organização	Groenveld (1997); Farrukh <i>et al.</i> (2001); Phaal <i>et al.</i> (2005); Strauss e Radnor (2004); Gersdri <i>et al.</i> (2009)
	Leva a grandes alterações na estrutura e cultura	Cosner <i>et al.</i> (2007)
	Falta de habilidade, experiência e capacidade	Kostoff e Schaller (2001); Strauss e Radnor (2004)
	Resistência	Gersdri <i>et al.</i> (2010)
	Manter e atualizar o processo	Kappel (2001); Kostoff e Schaller (2001); Strauss e Radnor (2004); Gersdri <i>et al.</i> (2009)

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM VATANANAN E GERDSRI (2012).

Com relação à fase de operacionalização do *TRM*, Vatananan e Gersdri (2012) concluíram que automatizar partes do processo pode reduzir a demanda intensiva de pessoas envolvidas no seu desenvolvimento e listaram, conforme mostrado no Quadro 2, os principais desafios extraídos da literatura na operacionalização: Integração de ferramentas, qualidade do conhecimento e a análise e interpretação quanto ao mercado.

QUADRO 2 – DESAFIOS NA OPERACIONALIZAÇÃO DO TRM

Desafio	Referência
Integrar ferramentas para auxiliar o processo	Phaal <i>et al.</i> (2005); Fenwick <i>et al.</i> (2009)
Garantir a qualidade do conhecimento capturado	Brown e O'Hare (2001)
Analisar e interpretar a parte relacionada ao mercado	Kostoff e Schaller (2001); Kostoff <i>et al.</i> (2004); Yoon <i>et al.</i> (2008)

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM VATANANAN E GERDSRI (2012).

Autores ressaltam que um desafio substancial no processo de TRM é a preparação para o imprevisível e para as mudanças rápidas que podem afetar um TRM existente ou em desenvolvimento (STRAUSS; RADNOR, 2004).

Garcia e Bray (1997) dividiram o processo de TRM em três fases principais: (i) atividade preliminar; (ii) desenvolvimento do TRM; e (iii) atividade de acompanhamento. As etapas de cada uma das fases podem ser vistas no Quadro 3.

QUADRO 3 – FASES DO PROCESSO DE TRM

Fase	Etapas das fases
Atividade preliminar	Satisfazer condições essenciais
	Providenciar liderança e patrocínio
	Definir escopo e fronteiras do TRM
Desenvolvimento	Identificar o produto
	Identificar os requisitos críticos do sistema e seus alvos
	Especificar a área de tecnologia
	Especificar os impulsores e seus alvos
	Identificar as tecnologias alternativas e suas linhas de tempo
	Recomendar as tecnologias alternativas que devem ser buscadas
	Criar o relatório do TRM
Acompanhamento	Criticar e validar o TRM
	Desenvolver um plano de implementação
	Revisar e atualizar

FONTE: GARCIA E BRAY (1997, P. 17).

2.7. ARQUITETURA DO TRM

O formato genérico de um *roadmap* é um diagrama de duas dimensões, representando os componentes no eixo vertical e a linha do tempo na

horizontal. O eixo vertical é então dividido em camadas, as quais são moldadas conforme a aplicação. A forma gráfica mais comum é a abordagem com ligação entre tecnologia, produto e mercado, como visto na Figura 1, conforme Phaal *et al.* (2000).

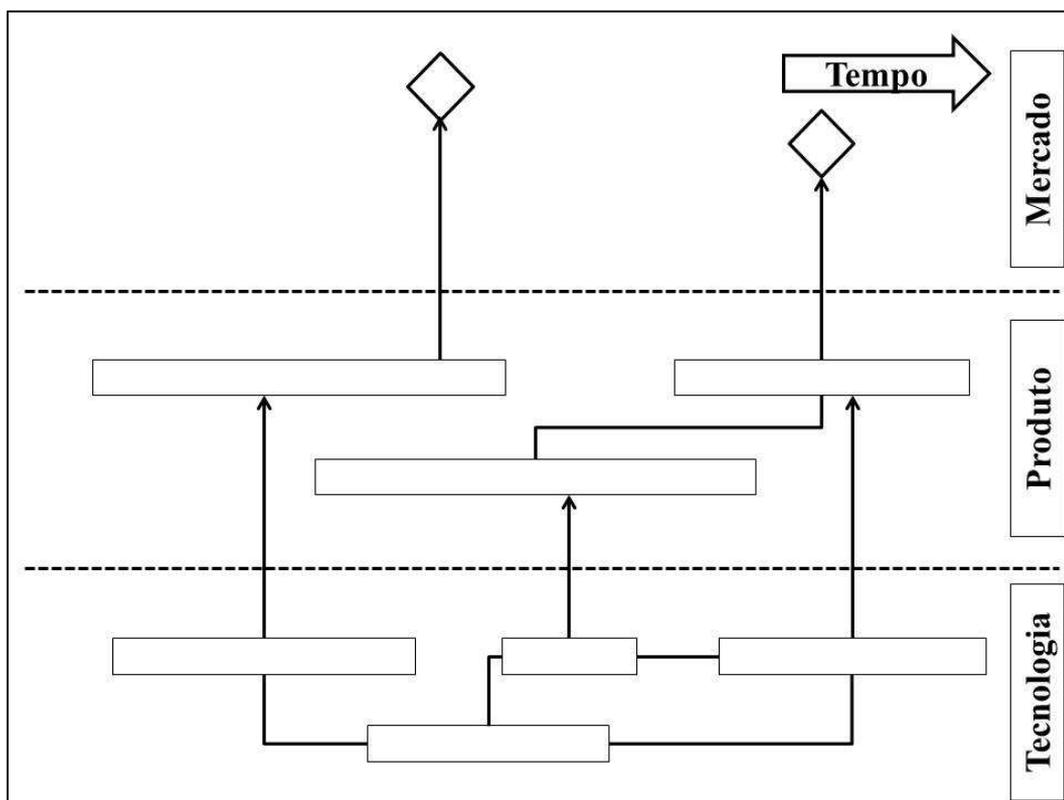


FIGURA 1 – MODELO GENÉRICO DE TRM.

FONTE: PHAAL ET AL. (2000, P.4).

2.8. FERRAMENTAS DE SUPORTE AO PROCESSO DE TRM

Segundo Carvalho *et al.* (2013), a natureza flexível do TRM permite o uso de ferramentas auxiliares como complemento para melhoria das iniciativas de eliminar as lacunas de conhecimento e obter melhores resultados com as decisões dentro das organizações. Vatananan e Gedsri (2012), sustentam que uma importante parte do desenvolvimento do TRM é o uso de ferramentas que facilitam a coleta, análise e disseminação dos dados e informações. O Quadro 4 mostra o uso de algumas ferramentas que foram aplicadas e forneceram suporte às decisões em artigos de referência no tema TRM, o conceito de uso

mostrado no Quadro 4 procura informar quanto à decisão da escolha da ferramenta mais indicada em cada tipo de aplicação, mostra-se também e a referência de uso.

QUADRO 4 – FERRAMENTAS AUXILIARES NO PROCESSO DE TRM

Ferramentas	Conceito de uso	Referência
AHP (Analytical Hierarchy Process)	Ferramentas para tomada de decisão na fase de comparação de tecnologias.	Fenwick et al. (2009); Gerdri e Kocaoglu (2007); Lee et al. (2011b)
Delphi		Fenwick et al. (2009); Saritas e Oner (2003)
QFD (<i>Quality Function Deployment</i>)	Ferramenta para auxílio inicial na definição das tecnologias.	Groenveld (1997); An et al. (2008); Lee et al. (2009a). Lee et al. (2013)
Análise de cenários	Ferramenta para identificar as implicações futuras das tecnologias com a mudança de cenários.	Pagani (2009); McDowall e Eames (2006); Sarita e Oner (2003)
Bibliometria	Ferramenta para identificação via citações, co-citações, co-ocorrências para mapeamento das tecnologias emergentes.	Kostoff e Schaller (2001); Kostoff et al. (2004) Carvalho et al. (2013)
Análise de patentes	Ferramenta que se utiliza da grande base de dados de patentes como fonte de conhecimento técnico e comercial.	Lee et al. (2009a), (2009b)
Abordagem <i>Change Management</i>	Ferramenta para auxílio no gerenciamento de mudanças dentro do processo de TRM.	Gerdri et al. (2010)
SWOT	Ferramentas cujo foco é o mercado, para se obter informações do ambiente comercial e necessidades de clientes.	Phaal et al. (2005); Fenwick et al. (2009)
Proposta de Valor		Fenwick et al. (2009)
Análise cinco forças		Phaal et al. (2005); Fenwick et al. (2009)
TDE (<i>Technology Development Envelop</i>)	Ferramenta para tomada de decisão na fase de comparação de tecnologias.	Fenwick et al. (2009); Gerdri (2007)

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

2.9. TRM DE TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS

Segundo Kostoff *et al.* (2004), tecnologias disruptivas podem ser consideradas descobertas científicas que rompem a capacidade produto/tecnologia habitual e permitem uma base para um novo paradigma competitivo. Weissenberger-Eibl e Speith (2007), relataram que as tecnologias disruptivas podem surgir a partir de três cenários: novo conhecimento científico é transferido à esfera econômica como uma inovação tecnológica, uma tecnologia existente é empregada em uma nova aplicação e a fusão de tecnologias anteriormente separadas e uma nova tecnologia. A importância das tecnologias disruptivas pode ser percebida através dos efeitos nas empresas e, claramente, conforme relata Feder (2018), tem efeito no crescimento da produtividade.

Uma abordagem de *TRM* direcionada a tecnologias disruptivas procura responder aos aspectos relacionadas à complexidade dos ambientes nos quais a disrupção pode ocorrer, como, por exemplo, nas propostas de Weissenberger-Eibl e Speith (2007) – na qual os autores propõem abordagem de *TRM* que procura auxiliar os especialistas em tecnologia a estruturar as análises de informações, tomar decisões antecipadamente em ambientes incertos – ou na de Vojak e Chambers (2004) – a qual procura identificar as tecnologias potencialmente disruptivas no nível de subsistemas, com sua metodologia *SAILS* (Standards, Architectures, Integration, Linkages, and Substitutions), ou em tradução livre ao português: (normalização, arquiteturas, integração, ligações e substituições).

2.10. O PROCESSO DE TRM E OS MODELOS DE TRM DA LITERATURA

O processo *TRM* ocorre em um momento de planejamento estratégico e após iterações, ou anos de uso e refinamento, passa a colaborar com a estratégia de tecnologia de uma organização. Ele se inicia em um momento anterior ao portfólio de projetos, como um passo chave para a implementação do processo de planejamento estratégico do portfólio de projetos (PHAAL *et al.*, 2005). É ainda muito benéfico a criação de um processo de *TRM* dentro de uma

organização, pois conforme Cheney *et al.* (2015), a continuidade do processo de *TRM* na organização tem ainda um impacto maior nesta, do que somente o desenvolvimento do primeiro *TRM*. Neste subitem, as palavras modelo, abordagem, método, metodologia, processo se confundem, mas o sentido é o de relatar uma proposta feita em um estudo, relacionado na literatura.

Vários modelos de *TRM* têm sido propostos e aplicados em diversas organizações e situações. O modelo de *TRM* detalhado por Willyard e McClees (1987), utilizado pela empresa Motorola, um dos primeiros relatados e referência para muitos estudos posteriores, tem oito seções, que podem, individualmente, servir como fonte de informações, mas cujo benefício maior se dá com o uso combinado destas. As oito seções são: descrição do negócio, planejamento da tecnologia, matriz *TRM*, qualidade, alocação de recursos, portfólio de patentes, descrição dos produtos e relatório conciso. Estes autores informam que o processo de *TRM* mantém um balanço apropriado na atenção dada a situações de curto e de longo prazo, assim como entre a operação e a estratégia da organização.

Além disso, Zurcher e Kostoff (1997) criaram um modelo de *TRM*, relacionado à transferência de tecnologia, que chamaram de Modelo Gráfico, em que apresentam projetos de P&D e seus requisitos em contextos específicos e identificam as relações entre os projetos e os requisitos. O Modelo Gráfico permite uma visão dos requisitos, capacidades, projetos de P&D em diferentes fases, relações entre projetos de P&D e requisitos e integração entre projetos de P&D. O aspecto visual tem sido elemento chave nos processos de *TRM* e é considerado o principal diferencial positivo do processo. Garcia e Bray (1997) relataram o processo de *TRM* desenvolvido pela *Sandia National Laboratories*, que contém sete passos para identificar os requisitos e os impulsionadores para se selecionar tecnologias alternativas: identificação do produto, identificação dos requisitos críticos do sistema e seus alvos, especificação da área de tecnologia, especificação dos impulsionadores e seus alvos, identificação das tecnologias alternativas e suas linhas de tempo,

recomendação das tecnologias alternativas que devem ser buscadas e criar o relatório do *TRM*.

Em complemento a isso, Groenveld (1997) detalhou o modelo de *TRM* aplicado na empresa *Philips Electronics* chamado de *Innovation Matrix* ou matriz de inovação, no qual há uma matriz de duas dimensões, com o nível de incerteza no eixo vertical e a disponibilidade necessária, no eixo horizontal para cada tecnologia ou produto, como visto na Figura 2. Na matriz de inovação, o produto ou tecnologia são posicionados nos nove setores resultantes dos cruzamentos na matriz. Com o uso de ferramentas de planejamento de cenário e compartilhamento de informações o *TRM* é formado. O aspecto visual é novamente crítico na aplicação.

INCERTEZA DA TECNOLOGIA	Não provada	PESQUISA		PROBLEMA
	Provada		SEU FUTURO	
	Bem entendida	OPORTUNIDADES PERDIDAS		PROJETOS
		5 - 10 anos	3 - 5 anos	1 - 2 anos
		DISPONIBILIDADE NECESSÁRIA		

FIGURA 2 - MATRIZ DE INOVAÇÃO.

FONTE: GROENVELD (1997, P.55).

Albright e Kappel (2003), sugeriram um modelo de *TRM* organizado em três seções principais: mercado, produto e tecnologia. Cada uma delas apresenta um alto nível de visão estratégica a partir de sua perspectiva. Uma quarta seção esquematiza um plano de ação e os riscos identificados pela equipe. Neste processo, primeiramente, o *roadmap* permite a organização dos

programas de produtos e tecnologias através da identificação os itens mais críticos, permitindo conhecer as áreas de tecnologia mais vitais para a organização, suportando os atributos mais importantes para cada mercado. As prioridades em cada seção são interligadas pela equipe de especialistas. Na etapa final, tem-se uma visão do panorama externo quanto aos concorrentes e seus produtos e tecnologias alternativas no mesmo período do planejamento da organização.

Autores também demonstraram que os resultados da previsão de tecnologia podem ser melhorados através da integração de múltiplas metodologias (DAIM *et al.*, 2006). Geum *et al.* (2013), desenvolveram uma metodologia para identificação e seleção de parcerias estratégicas em P&D através de uma abordagem baseada em índices, utilizando-se de combinação de metodologias: análise de patentes e análise de publicações; estes dados são considerados importantes medidas correlatas para processos técnicos e atividades de inovação em situações reais.

Kostoff e Schaller (2001), concluíram que *roadmaps* para S&T (*Science and Technology*) devem possibilitar aos planejadores a capacidade de realizar estudos sensíveis à relação entre capacidade e os programas de projetos, permitindo ao planejador ter a flexibilidade de alterar parâmetros em qualquer nó na rede do *roadmap*. Os *roadmaps* para as áreas técnicas deveriam cobrir todos os programas de projetos relacionados à área de S&T, pois uma vez incompleto ou restrito, um *roadmap* de S&T iria gerar um retrato fragmentado, nos quais as lacunas poderiam não existir na realidade.

Uma nova abordagem foi proposta por Lee *et al.* (2009a), para criação e utilização de mapas de patentes baseados em palavras-chave para uso em atividades de criação de novas tecnologias. Utilizaram-se de *text mining* para transformar documentos de patentes em dados estruturados para se identificar vetores de palavras-chave, seguido por análise dos componentes principais para se reduzir o número de vetores de palavras-chave e poder visualizar as informações em um mapa bidimensional e, finalmente, identificar as

“vacâncias” de patentes, definidas como as áreas em branco no mapa bidimensional como tendências nas densidades de patentes.

Willyard e Groenveld foram pesquisadores de empresas pioneiras na aplicação de *roadmaps* de tecnologias alinhados com estratégias, o primeiro pela Motorola Inc., nos EUA, e o segundo pela Philips Electronics, na Holanda. Para Willyard e McClees (1987), *roadmapping* de tecnologia era considerado um processo corporativo que poderia auxiliar a redução do risco potencial em se negligenciar alguns elementos importantes das novas tecnologias em novos produtos e processos, devido ao aumento da complexidade que ocorria com o passar dos anos. Para Groenveld (1987), o *TRM* deve ser visto como um processo contínuo que é parte do ciclo do negócio.

O autor mais citado na pesquisa sobre o tema, Robert Phaal, que coordena o grupo de pesquisas em processo de *TRM* da Universidade de Cambridge, Reino Unido, descreve um guia como um método de aplicação para rápido início no processo de *TRM* em organizações, o *T-Plan*: uma série de *workshops* facilitadores para garantir que as decisões sobre tecnologia e desenvolvimentos de novos produtos estão alinhadas com o planejamento de produtos e que este planejamento esteja também alinhado com as necessidades estratégicas da organização e as necessidades dos clientes propõe técnicas para identificar e avaliar sugestões quanto à criatividade, comunicação e tomadas de decisão em *workshops* comuns em processos de *roadmapping*, como complemento ao seu método *T-Plan* (PHAAL *et al.*, 2005).

Em adição a isso, Gerdtsri e Vatananan (2007), mostraram que o fatores críticos para a iniciação e implementação com sucesso de *TRM* nas organizações são as pessoas, os processos e os dados. Concluíram, neste estudo focado no fator pessoas, que é essencial envolver pessoas-chave na organização em diferentes níveis nos departamentos funcionais. Conforme a ligação dinâmica e a relação entre indivíduos e grupos são fortalecidas, o conhecimento pode ser mais eficazmente distribuído e transferido.

Além disso, Gerdri *et al.* (2009), ressaltaram que com a conclusão da implementação da *TRM*, qualquer organização pode afirmar que as tecnologias e a infraestrutura vão estar prontas quando necessárias. Implementar *TRM* como uma parte da estratégia do negócio é desafiador porque pode afetar o processo do trabalho organizacional, estrutura e cultura. Bray e Garcia (1997), concluíram que as informações sobre a necessidade de se fazer um *TRM*, a análise sobre a necessidade e as alternativas de tecnologias são muito mais importantes do que seguir um processo preciso de *TRM*.

Já Phaal *et al.* (2004a), propõem o método nomeado de *T-Plan fast-start* para *TRM*. Como melhoria do método *Fast-start* (Phaal *et al.* 2000). Esse método, desenvolvido em colaboração com a indústria, possibilita meios para entendimento da arquitetura dos *roadmaps* e também uma rápida iniciação no processo em uma variedade de contextos organizacionais. Esse método permite suportar a inicialização do processo de *TRM*, estabelecer ligações importantes entre os recursos de tecnologia e os *drivers* dos negócios, identificar importantes lacunas no mercado, produto ou tecnologia e desenvolver a primeira visão do *TRM*.

As técnicas de *TRM* quando somadas com técnicas de análise de patentes podem aumentar a objetividade e confiabilidade do *TRM*, é o que concluíram Lee *et al.* (2009). Strauss e Radnor (2004), propuseram uma metodologia que combina planejamento de cenários (*Scenario Planning*) com *TRM*. Essa última metodologia, o planejamento de cenários, com suas características de visão aprimorada, flexibilidade e monitoração das forças ambientais, e *TRM* com suas características de clareza, integração e atenção aos detalhes, quando combinados e aplicados em ambientes particularmente dinâmicos e voláteis, podem permitir que equipes e organizações atinjam melhores resultados no planejamento de suas tecnologias.

Phaal *et al.* (2007), ao estudar a comunicação associada com o desenvolvimento e disseminação de *TRMs*, particularmente para alinhamento das tecnologias com as perspectivas comerciais, propôs uma metodologia

baseada em *workshops* para suportar a identificação e exploração de questões estratégicas e oportunidades, como parte do método *T-Plan fast-start*.

Por outro lado, Pagani (2009), em seu estudo de *TRM* de TV móvel 3G, aplicou a abordagem SEARCH (*Scenario Evaluation and Analysis through Repeated Cross Impact Handling*) – esta abordagem é muito utilizada para se estimar o impacto de diferentes políticas na evolução de um cenário e para avaliar quaisquer riscos associados com as estratégias competitivas em diferentes condições futuras. A ideia central dessa abordagem é a suposição que um evento único, que requer planejamento, pode ser impactado por outros eventos. A experiência de especialistas é reunida na forma de probabilidades subjetivas e posteriormente simulações e técnicas matemáticas são utilizadas para gerar outros cenários.

O método ITP (*Integrated Technology roadmapping and Portfolio management*), desenvolvido por Oliveira e Rozenfeld (2010), explora as características complementares entre *TRM* e Gerenciamento de Portfólio de Projetos (GPP) para suportar a fase inicial do processo de desenvolvimento de novos produtos. O método ITP compreende um fluxo de atividades que tem início com as atividades relacionadas ao *TRM*, seguidas pelas atividades do processo de “Propostas de novos projetos” e é finalizado com as atividades de GPP.

Cosner *et al.* (2007), pesquisaram como se dá a integração de *TRM* em organizações com unidades de negócios múltiplas e quais os benefícios da coordenação de *TRM* para todas estas unidades, quando feito de forma unificada. Três passos cruciais foram apontados por estes autores para a integração do planejamento técnico das tecnologias: em primeiro é necessário estabelecer os objetivos do processo de *TRM*; um segundo passo é determinar a abordagem que será utilizada para se construir os *roadmaps* (construir a partir do grupo central, usando as informações coletadas nas unidades de organização ou construir a partir de uma série de *workshops* com diferentes grupos de *stakeholders* ou construir a partir da contribuição de cada uma das unidades de negócios), para isto, cada abordagem poderá ser mais adequada

conforme a cultura da organização; o terceiro passo é estabelecer a arquitetura do *roadmap*, ou seja, como um *roadmap* da organização vai ser decomposto nos planos individuais.

Também com o intuito de propor um guia de implementação de *TRM*, Gerdri *et al.* (2010), aplicaram a abordagem de *Change Management* (processo que auxilia no gerenciamento de mudanças dentro de uma organização) para os três estágios temporais de implementação de *TRM* em uma organização: iniciação, desenvolvimento e integração. O plano de ação proposto pode auxiliar através das alterações necessárias para a implementação de *TRM*.

Outra abordagem sistemática, com auxílio de técnicas de *TRM*, proposta por Kostoff *et al.* (2004), que permite identificar potenciais tecnologias disruptivas e produtos que teriam o potencial de redefinir toda uma indústria, ou até mesmo criar uma área industrial completamente nova. Em outro estudo, Petrick e Echols (2004), propuseram uma abordagem heurística com *TRM* para que empresas possam planejar novas tecnologias e mercados, e assim, prioridades de novos produtos no longo prazo.

Pouco tempo antes, Albright e Kappel (2003) já registravam que *TRM* pode identificar e ajudar a focar a estratégia e o desenvolvimento de produtos nos poucos elementos de maior importância para o sucesso. Segundo esses autores, o *TRM* pode ajudar a identificar as necessidades comuns e as oportunidades de reuso de tecnologia. Phaal e Muller (2007) atentando-se ao fato de já existirem várias abordagens para o processo de *TRM*, mas com poucos estudos que auxiliassem na definição e conceitualização do processo, procuraram contribuir nos aspectos da arquitetura, essenciais para a execução de *roadmaps*.

Para possibilitar lidar com inovações radicais ou incrementais através da técnica conhecida como *text mining* – análise de texto em documentos tecnológicos Yoon *et al.* (2008) propuseram uma abordagem complementar. Com o intuito de superar os desafios introduzidos pelas características multidimensionais e natureza complexa de estudos de previsão de tecnologia,

Saritas e Oner (2004) propuseram a junção de duas metodologias: *Integrated Management Model* (IMM) e *roadmapping* – a IMM permite o benefício de se conseguir analisar políticas normativas de longo prazo e quais seriam as transformações e ações nas mudanças necessárias na estrutura e no comportamento organizacional e *roadmapping* permite capturar, manipular e gerenciar informações para se reduzir a complexidade do planejamento futuro das tecnologias.

Um método com abordagem quantitativa para *TRM* através do uso de *text-mining* (processo no qual se pode obter informação de alta qualidade a partir de textos) para extrair estruturas SAO (*Subject-Action-Object*) na base de dados com informações de patentes. Esta abordagem permite aos gerentes de P&D estender suas visões dos produtos e tecnologias durante o desenvolvimento do *TRM* (CHOI *et al.*, 2013).

Tuominen e Ahlqvist (2010), aplicaram *TRM* em um contexto de análise de sistemas de transporte com uma abordagem que possibilitou considerar aspectos sociais e técnicos através da combinação de *layers* (ou níveis) do *roadmap* relacionados à sociedade e à tecnologia. Esta abordagem mostrou-se útil na medida que gerou conhecimento relevante em cinco diferentes perspectivas.

Igualmente, Walsh (2004) propôs um *TRM* focado em melhorar a sistemática para tecnologias disruptivas. Em casos de tecnologias disruptivas, há vários outros *stakeholders* envolvidos e o tempo é crucial. Seu método procura aumentar a velocidade de execução do planejamento da tecnologia disruptiva. Em outra pesquisa, Lee e Park (2005) propuseram um modelo de customização de *roadmaps* para que se obtenha bom balanço entre a completa personalização e a completa padronização de *roadmaps*. Lee *et al.* (2013) utilizaram uma metodologia híbrida para *TRM*, incorporando *QFD* (*Quality Function Deployment*), para se estabelecer interconexões entre serviços e dispositivos e entre dispositivos e tecnologias em planejamento de *Smart Cities*. O *QFD* alinhado ao *TRM* permitiu uma visão realística devido a sua representação pictográfica.

Um novo tipo de processo de *TRM* através da incorporação no *TRM* tradicional da integração produto-serviço, listando seis tipos de *roadmaps* integrados, foi sugerido por Geum *et al.* (2011), conforme a relação entre o produto/tecnologia/serviço: Tecnologia com um Capacitador (de integração direta ou de integração indireta), Tecnologia com um mediador (de servitização ou de “produtização”) e Tecnologia com um facilitador (de serviços ou de produtos). Neste estudo de caso na área de serviços de saúde foi mostrado que as características de tecnologia dos componentes tecnológicos afetam tanto os produtos como os serviços e que isto pode ser estrategicamente planejado no *TRM* integrado.

O estudo de Vojak e Chambers (2004) sugeriu o método *SAILS* (*Standards, Architectures, Integration, Linkages, Substitutions*) como uma metodologia com abordagem sistemática quanto à predição de tecnologias disruptivas, em contraposição ao desenvolvimento de tecnologias em áreas estáveis. Nesse estudo, uma gama ampla de oportunidades disruptivas e ameaças foram identificadas durante o processo de *TRM* com a metodologia *SAILS* em três exemplos de aplicação.

Da mesma forma, Tierney *et al.* (2013), propuseram um método de *TRM*, alinhado com as especificidades da indústria farmacêutica, que denominaram *Technology Landscaping*, o qual possibilitou que as restrições de maturidade da tecnologia, a existência de consórcios como conceito de partes interessadas e as mudanças dinâmicas das tecnologias desta indústria fossem inseridas neste método.

An *et al.* (2008), desenvolveram uma abordagem de *TRM*, que incluiu análise com a ferramenta da qualidade *QFD* para auxílio à abordagem tradicional de *TRM*, focado em produto-serviço. Esta abordagem permitiu segregar as dimensões relacionadas aos produtos das dimensões relacionadas aos serviços, permitindo gerar informações mais detalhadas e facilitando o entendimento do *roadmap*.

Anteriormente, Phaal *et al.* (2006) desenvolveram o que chamaram de catálogo de ferramentas de gerenciamento, com o intuito de auxiliar em organizações a coordenar eficazmente as tecnologias para benefícios do negócio. Lee *et al.* (2007) propuseram um novo método sistemático – que chamaram de *TechStrategy* – para construção de *TRM* para propósitos de P&D, com resultados bons em aplicação prática. Já o estudo de Homes e Ferril (2005), propôs uma variação na metodologia *T-Plan fast-start*, chamada de *OTR (Operation and Technology Roadmap)*, incluindo elementos de análise de questões *soft* (como o gerenciamento de tecnologia) e desenvolvimento geral de negócios, e que seria aplicado no desafio inicial, antes do primeiro *workshop* do *TRM*.

Em uma análise de literatura de *TRM*, Carvalho *et al.* (2013) apontaram um aumento em estudos de *TRM* durante o tempo e que *TRM* ainda está em uma fase exploratória de pesquisas, conforme levantamento bibliográfico. O estudo indica ainda que as interfaces entre *TRM* e outras iniciativas consideradas como vitais à inovação, incluindo gerenciamento do conhecimento, habilidade de comunicação e recursos e competências estratégicas estão pouco estudadas na literatura.

Outra metodologia foi desenvolvida por Phaal *et al.* (2004b) para suportar o entendimento prático e teórico do gerenciamento de inovações tecnológicas. A metodologia leva em consideração duas vertentes presentes no gerenciamento de inovações tecnológicas: processos de estratégias centrais (*core*) e processos de suporte para gerenciamento de tecnologias. Essa metodologia auxilia a integração das duas vertentes através do foco nos fluxos de conhecimento conhecidos com *pull* e *push* que devem ocorrer entre as funções comerciais e tecnológicas de uma organização.

Lichtenthaler (2008) demonstra a importância do processo de *TRM* estar alinhado com a estratégia da organização e que se possa estender o processo de *TRM* para exploração externa das tecnologias geradas, isto é, que o *roadmapping* possa considerar o retorno financeiro potencial da tecnologia como um todo, não somente como vendas dos produtos gerados por elas.

Já Caetano e Amaral (2011), observando uma lacuna em *TRM* – sua aplicação em organizações orientadas na estratégia comercial *technology-push* – propuseram um método que mais se adequaria às demandas desta estratégia, denominando-o MTP (*Method for Technology Push*), método que apresenta como diferencial a sistematização na adoção de parcerias conforme as necessidades dos recursos. O MTP tem aplicações reais para *SME's* (*Small and Medium-sized Enterprises*) e centros de pesquisas independentes em ambientes de inovação-aberta (*open-innovation*).

McDowall e Eames (2006), por considerar *TRM* de vital importância para tecnologias futuras, fizeram levantamento de *TRM* (dentre outras técnicas) como ferramenta para mostrar a exploração e ver graficamente como seria a relação entre mercados futuros, tecnologias e políticas relacionados à economia do hidrogênio.

Da mesma forma, Gerdtsri e Kocaoglu (2007) concluíram que com o uso do *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) – que é um método para auxiliar nas tomadas de decisões complexas - o impacto das tecnologias em um *TRM* pode ser medido tanto no aspecto intangível como no tangível. Nesse estudo, o processo de *TRM* foi reforçado ao se introduzir flexibilidade, dinâmica e características de operacionalidade na análise através do desenvolvimento do conceito de *Technology Development Envelope*. Neste conceito, a re-avaliação dos valores das tecnologias pode ser feita de três formas: as mudanças no desenvolvimento de uma tecnologia em particular são capturadas, novas tecnologias emergem e as variações nas prioridades da organização são identificadas.

Em outro estudo, Amer e Daim (2010) fizeram levantamento sobre o uso e aplicação de *TRM* no setor de energia renovável e concluíram que o *TRM* tem sido amplamente empregado no setor de energia renovável e os resultados têm sido diferentes para os *roadmaps* conforme o nível de aplicação: nacional, indústria/setor e organizacional. O objetivo dos *TRM's* neste setor estão alinhados em se obter consenso entre os vários *stakeholders*, criando uma visão comum, definindo diretrizes para agências governamentais e decisores,

assim como estabelecendo objetivos, identificando mercados, barreiras, formulando estratégias etc. Os autores identificaram várias abordagens do *TRM* ou abordagens híbridas aplicadas nos estudos de energia renovável, tais como análise de patentes, *QFD*, Método Delphi etc.

Em outra pesquisa, Gerdtsri *et al.* (2009), analisaram a dinâmica da implementação de *TRM* nas organizações e mostraram que o processo de *TRM* é complexo. Esclarecer os papéis e as responsabilidades de cada participante é vital para que a implementação de *TRM* tenha sucesso, principalmente a participação de membros-chave durante o tempo de implementação e seus envolvimento nas fases de implementação.

De acordo com Groenveld (2007), o processo de *TRM* contribui para a integração de negócios, tecnologia e para a definição da estratégia de tecnologias a serem desenvolvidas através da visualização das interações entre produtos e tecnologias no tempo, pois leva em consideração tanto os aspectos de curto e longo prazo dos produtos e tecnologias.

Fenwick *et al.* (2009), apresentaram uma nova abordagem para *TRM* através da integração de técnicas de marketing e metodologias de decisão, como contraponto aos métodos mais tradicionais aplicados a produtos que representam um ROI (*Return on Investment*) único. Esta abordagem estaria cobrindo uma lacuna relacionada a modelos financeiros e de negócios completamente diferentes, pois alinhados com licenças e assinaturas, tais como serviços *web*.

2.11. O MÉTODO DE INICIALIZAÇÃO RÁPIDA DE *TRM*

Um dos processos de *TRM* mais citados na literatura, como visto no levantamento bibliométrico desta pesquisa, é o proposto inicialmente por Phaal *et al.* (2000), chamado de *Fast-start TRM*. Como características, esse processo, como visto na Figura 3, promove *workshops* participativos e um fluxo contínuo de informações entre as fases do processo de *TRM*. Segundo seus autores, esta abordagem é flexível em termos de tempo, recursos e foco. Além

disto, os *workshops* podem ser estendidos ou comprimidos dependendo da informação disponível e a unidade de análise. Oliveira e Rozenfeld (2010) ressaltam ainda que o método de Phaal *et al.* (2000) apresenta uma clara organização e para sua aplicação são demonstradas as ferramentas, descritas em detalhes.

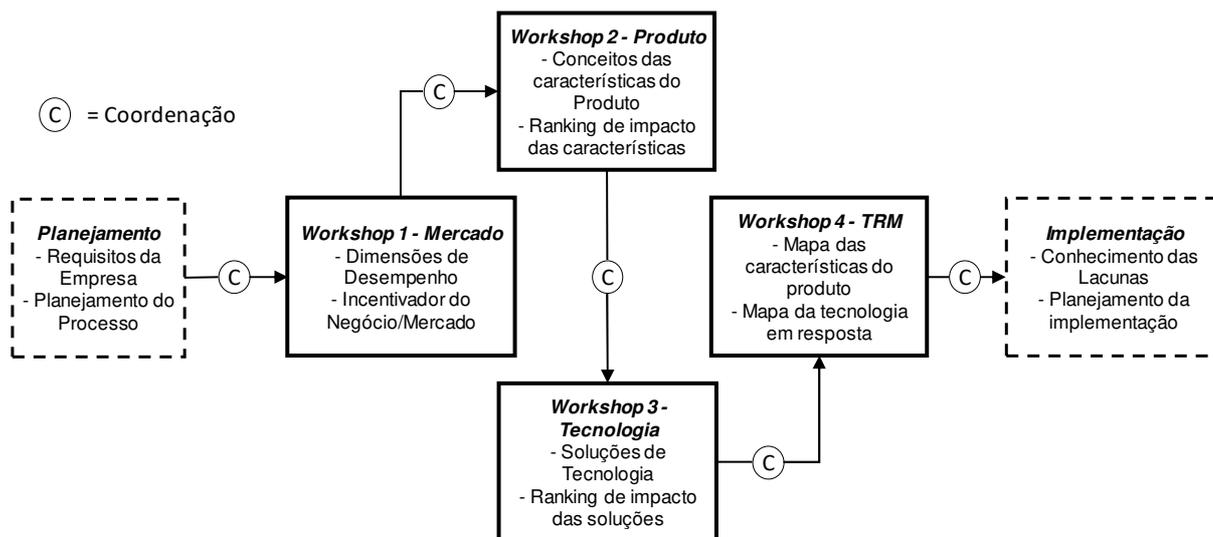


FIGURA 3 – PROCESSO DE INICIALIZAÇÃO RÁPIDA DE TRM.

FONTE: PHAAL ET AL. (2000, P.6).

O método de TRM proposto por Phaal *et al.* (2000) requer que cinco fatores sejam considerados e detalhados antes do início de sua implementação:

- Identificação apropriada dos participantes;
- Agendamento prévio dos *workshops* com suas preparações individuais;
- Identificação das informações disponíveis;
- Definição da unidade de análise;
- Articulação clara dos objetivos da empresa para o processo.

Os *workshops* devem incluir pessoal com funções técnicas e comerciais (por exemplo, de áreas de P&D, manufatura, marketing, finanças). A continuidade dos participantes entre os *workshops* é desejável, pelo menos a um conjunto de participantes. A coordenação é um elemento-chave para o processo, para

que se possa garantir que o processo está continuamente alinhado com as necessidades da empresa.

O Quadro 5 mostra comentários adicionais sobre os modelos propostos e/ou aplicados nos diferentes estudos, além das pesquisas futuras ou lacunas apontadas pelos artigos. Nele procurou-se mostrar informações de relevância nos principais artigos da pesquisa bibliométrica, com detalhamento de escopo dos artigos relacionando estudos conceituais ou aplicados em cada pesquisa, tema e aplicação específica de cada estudo e as indicações de pesquisas futuras e lacunas. Os modelos foram criados e aplicados em diversas situações diferentes, conforme a demanda e conhecimento de cada pesquisador e sua aplicação.

QUADRO 5 –COMENTÁRIOS ADICIONAIS DOS PRINCIPAIS ARTIGOS DA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA (40 MAIS CITADOS).

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Albright; Kappel (2003)	<i>TRM</i> / Lucent techn.	-	Estudo conceitual sobre <i>TRM</i> que descreve experiência na sua aplicação	<i>Roadmapping</i> a partir das fronteiras da corporação com os clientes e fornecedores, construindo bases com informações que possam ser usadas para iniciar um novo <i>roadmap</i> em auxílio a uma equipe.
Amer; Daim (2010)	Energia renovável	-	Levantamento de abordagens de <i>TRM</i> em aplicações de energia renovável. Identificaram várias abordagens híbridas: <i>TRM</i> +Análise de patentes, <i>TRM</i> +QFD, <i>TRM</i> +Delphi.	1. Não há um modelo genérico proposto para <i>TRM</i> no setor de energia sustentável. 2. Investigação para avaliar se os objetivos têm sido atingidos e em como <i>TRM</i> pode facilitar a cooperação e colaboração no desenv. de tecnologias.
An <i>et al.</i> (2008)	<i>TRM</i> / Produto- serviço	<i>TRM</i> associado a QFD.	Permite segregar as dimensões relacionadas aos produtos das de serviços.	Desenvolver abordagem mais sistemática e simples para determinar os atributos que serão analisados via QFD.
Caetano; Amaral (2011)	<i>TRM</i> / <i>Technology push</i>	MTP <i>method for technology push</i>	Diferencial é a sistematização na adoção de parcerias conforme as necessidades dos recursos.	1. Implementação completa do método em uma organização de outro setor. 2. Aplicação em organização de grande porte com característica <i>market-pull</i> e <i>open innovation</i> . 3. Aplicação na construção e/ou suporte de sistemas para clusters de negócios, que contenham <i>SME</i> 's com características <i>technology-push</i> .
Carvalho <i>et al.</i> (2013)	<i>TRM</i> / <i>Bibliometria</i>	-	<i>Estudo conceitual sobre TRM – Bibliometria.</i>	<i>TRM</i> ainda está em uma fase exploratória de pesquisas. Indica ainda que as interfaces entre <i>roadmapping</i> e outras iniciativas consideradas como vitais à inovação, incluindo gerenciamento do conhecimento, habilidade de comunicação e recursos e competências estratégicas estão pouco estudadas na literatura.

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Choi <i>et al.</i> (2013)	TRM	SAO (<i>Subject-Action-Object</i>) - TRM+text-mining+patentes	Abordagem quantitativa para TRM com <i>text-mining</i>	Para fazer com que a abordagem seja mais prática: 1. Método mais eficiente de extração de estruturas SAO. 2. Construir léxico de tecnologias com melhor qualidade. 3. Construir um sistema de análise sistemática.
Cosner <i>et al.</i> (2007)	TRM/ Unid. de negócios autônomas	-	Estudo conceitual sobre TRM - Contribui para a implementação de TRM em diferentes unidades de negócio	-
Fenwick <i>et al.</i> (2009)	TRM/ Modelos alinhados com licenças e assinaturas	VTRM Value Driven Road Map - TRM+SWOT+Five forces+Delphi+ AHP	Abordagem com integração de técnicas de marketing e metodologias de decisão em diferentes fases do TRM	Revisão de vantagens e desvantagens da metodologia proposta. 2. Caso de implementação da abordagem proposta.
Gerdri <i>et al.</i> (2009)	Implementação de TRM	-	Estudo conceitual sobre TRM - Complexidade da implementação de TRM	-
Gerdri <i>et al.</i> (2010)	Implementação de TRM	-	Abordagem de <i>Change Management</i> na implementação de TRM. Auxilia nas alterações necessárias para o TRM.	-
Gerdri; Kocaoglu (2007)	TRM	TDE - <i>Technology Development Envelope</i> .	TRM associado com AHP, pois este permite medir os impactos da tecnologia nos aspectos intangíveis e nos tangíveis.	-

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Geum <i>et al.</i> (2011)	Integração produto-serviço	-	Estudo conceitual sobre <i>TRM</i> - Levantamento de tipos de <i>TRM</i> para integração de produto, tecnologia e serviço.	Definir uma tipologia alinhada com as características de cada indústria especificamente ou ambientes externos. 2. Explorar novas interfaces tecnológicas para aplicação.
Groenveld (1997)	<i>TRM</i>	-	Estudo conceitual sobre <i>TRM</i> - Contribuição para a estratégia das organizações	-
Holmes; Ferrill (2005)	<i>TRM/SME's</i>	<i>Operation and Technology Roadmap (OTR)</i> . Variação do método T-Plan fast-start	Inclui questões ditas soft para aplicação no primeiro <i>workshop</i> de especialistas do <i>TRM</i>	Resultados reais de <i>SME's</i> que tenham aplicado o método para validação estatística. 2. Ligação entre <i>TRM</i> e orientação ao mercado.
Kostoff <i>et al.</i> (2004)	Tecnologia Disruptiva	<i>TRM+text-mining</i>	Uso de <i>text-mining</i> baseado na literatura para identificar possíveis produtos de tecnologias disruptivas.	-
Lee <i>et al.</i> (2007)	<i>TRM/</i> Planejamento de P&D	TechStrateg	Fases detalhadas com entradas e saídas alimentar a construção do <i>TRM</i> .	Melhoria do método através de combinação de outras técnicas. 2. Aplicar método em indústria baseada em tecnologia. 3. Acumular dados de aplicação para <i>Smart Cities</i> .
Lee <i>et al.</i> (2009a)	<i>TRM/RFID</i>	Associações: <i>TRM, text mining, patentes, citation analysis, index analysis</i>	<i>TRM</i> associado com técnicas de análise de patentes	Melhoria na visualização para <i>roadmaps</i> de alta qualidade. Consequentemente, com melhoria no método de visualização, as ferramentas de suporte poderão ser desenvolvidas.

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Lee <i>et al.</i> (2009b)	Fontes de energia	Abordagem multicritério MCDM - <i>Muti-Criteria decision making. AHP+Fuzzy</i>	Reflete informações qualitativas de opiniões de especialistas de forma eficiente.	Abordagens integradas entre AHP Fuzzy e DEA, para medir a eficiência relativa das tecnologias de energia, de um ponto de vista econométrico.
Lee <i>et al.</i> (2011a)	Energia do hidrog.	Abordagem multicritério MCDM - <i>Muti-Criteria decision making. AHP+Fuzzy</i>	Reflete informações qualitativas de opiniões de especialistas de forma eficiente.	Abordagens híbridas AHP/DEA.
Lee <i>et al.</i> (2011b)	Hidrog.	Abordagem multicritério híbrida: AHP+DEA	Estudo conceitual sobre aplicação de <i>TRM</i> relacionados ao futuro do hidrogênio	Abordagens híbridas AHP/DEA e multicritério.
Lee <i>et al.</i> (2013)	<i>TRM/ Smart cities</i>	<i>TRM</i> associado a QFD.	Permite uma visão realística devido à representação pictográfica. Serviços, dispositivos e tecnologias	1. Padronizar <i>TRM</i> para que se possa desenvolver sistemas <i>TRM</i> gerais. 2. Formas de se coletar, analisar e interpretar as informações requeridas no processo de <i>TRM</i> .
Lee;Park (2005)	<i>TRM</i>	-	Balanceamento entre <i>TRM</i> com completa personalização e completa padronização através de modularização de <i>roadmaps</i> .	Análise em um nível mais focado na tecnologia (<i>micro level</i>). 2. Análise no tempo com o método proposto. 3. Extrair mais informações dos documentos de patentes. 4. Incluir outras bases de dados de patentes.
Lichtenthaler (2008)	Inovação/ <i>Open innovation</i>	-	O nível de comercialização de tecnologias é introduzido no <i>TRM</i> .	Pesquisas de grande escala e estudos de casos aprofundados em estratégia de tecnologia e inovação aberta.
McDowall; Eames (2006)	Aplicação de <i>TRM/ Hidrog.</i>	<i>TRM</i> associado a cenários	Estudo conceitual sobre aplicação de <i>TRM</i> relacionados ao futuro do hidrogênio	-

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Oliveira; Rozenfeld (2010)	TRM/NPD	ITP: <i>Integrated techn. roadmapping and project portfolio manag. method.</i>	Propõe modelo que integra TRM e PPM nas aplicações de desenvolvimento de novos produtos.	Desenvolvimento de estudos de casos em organizações de diferentes características. 2. Aplicação do método ITP para suportar o processo de inovação.
Pagani (2009)	Planej. de Cenário/ TV móvel 3G	<i>Scenario Evaluation and Analysis through Repeated Cross Impact Handling (SEARCH)</i>	Abordagem que permite estimar o impacto de políticas na evolução de um cenário e avaliar riscos associados com as estratégias competitivas em diferentes condições futuras.	-
Petrick; Echols (2004)	TRM/NPD	Abordagem Heurística	Combinação de TRM, TI (Tecnologia da Informação) e gerenciamento da cadeia de suprimentos.	-
Phaal <i>et al.</i> (2004a)	TRM	<i>T-Plan fast-start</i>	Entendimento da arquitetura de <i>Roadmaps</i> e rápida iniciação no processo em vários contextos. Para a primeira visão do TRM	Aplicação de técnicas de TRM. 2. Como suportar a exploração de tecnologias em seus estágios iniciais e aplicações de "technology-push". 3. Uso de TRM para suportar setores e tecnologias específicos. 4. Como técnicas visuais podem suportar o desenvolvimento estratégico.
Phaal <i>et al.</i> (2004b)	Ger. de tecnologia/ Inovação	-	Metodologia para suportar o entendimento prático e teórico de inovações tecnológicas e suas importâncias na integração do conhecimento na organização.	-
Phaal <i>et al.</i> (2006)	Ger. de tecnologia	-	Catálogo de ferramentas para auxílio no gerenciamento das tecnologias.	Expandir a funcionalidade de catálogo de ferramentas de gerenciamento. Explorar aspectos práticos e teóricos da aplicação e desenvolvimento de ferramentas.

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Phaal <i>et al.</i> (2007)	TRM	Método baseado em <i>workshop</i>	Abordagem de <i>workshops</i> para suportar a identificação e exploração de questões estratégicas e oportunidades. Complementação ao método <i>T-Plan fast start</i> .	Como suportar tecnologias em estado inicial, aplicações com <i>technology-push</i> . Abordagens de TRM para setores específicos. Integração de TRM com outros processos e ferramentas. Abordagem “visual” para suportar estratégia.
Phaal; Muller (2007)	TRM	-	Estudo conceitual sobre TRM - Contribuição nos aspectos da arquitetura dos <i>roadmaps</i> .	1. Melhor forma de se utilizar o aspecto visual do <i>roadmap</i> . 2. Considerar a importância do aspecto de <i>workshop</i> . 3. Integração com outros processos de gerenciamento, métodos e abordagens. 4. Envolver outras áreas acadêmicas na pesquisa de TRM.
Richey; Grinnel (2004)	TRM	<i>ERMS - Enterprise Roadmap Management System</i>	Mostra como foi a evolução do TRM na empresa Motorola e o status visual e de fácil acesso no sistema digital de TRM disponível, com banco de dados de <i>roadmaps</i> e suas vantagens.	Ligações robustas aos <i>roadmaps</i> externos à empresa. 2. Aumento do conhecimento de TRM na organização.
Saritas; Oner (2004)	Planej. de Cenários	TRM associado a IMM - <i>Integrated Management Model</i>	Possibilita analisar políticas normativas de longo prazo.	-
Strauss; Radnor (2004)	TRM/ Planej. de cenários	TRM associado a planej. de cenários (<i>Scenario Planning</i>).	Passos iterativos com identificação preliminar dos direcionadores da corporação, tensões e pontos de oportunidade.	Aplicação do método proposto.
Tierney <i>et al.</i> (2013)	TRM/ Farmacêutica	<i>Technology Landscaping</i>	Método alinhado com TRM para as especificidades da indústria farmacêutica. Leva em consideração restrições de maturidade da tecnologia e conceito de consórcio de empresas.	-

Continua na próxima página.

Autores	Tema/ Aplicação	Modelo	Comentários	Pesquisa futura/Lacuna
Tuominen; Ahlqvist (2010)	Implementação de <i>TRM</i> /Transp orte	<i>Social-technical roadmapping</i>	Abordagem com <i>layers</i> que possibilitou considerar aspectos sociais e técnicos do <i>roadmap</i> relacionados à sociedade e à tecnologia.	-
Vojak; Chambers (2004)	Tecnologia Disruptiva	<i>SAILS: Standards, Architectures, Integration, Linkages, Substitutions</i>	Abordagem sistemática para predição de tecnologias disruptivas	-
Walsh (2004)	Tecnologia Disruptiva/ Nanotecn.	<i>Commercial Disruptive tech roadmapping</i>	Foco em tecnologias disruptivas ao envolver stakeholders diferentes do <i>TRM</i> tradicional.	Estudos na fase de transição entre técnicas de <i>TRM</i> para tecnologias disruptivas e sustentáveis.
Yoon <i>et al.</i> (2008)	<i>TRM</i> / Tel. celulares	<i>Morphology Analysis based TRM.</i>	<i>TRM</i> baseado em análise morfológica. Abordagem sistemática baseada em dados quantitativos com auxílio de <i>text-mining</i> .	1. Expandir as variáveis para contemplar as características dos produtos. 2. Pesquisar forma de se priorizar alternativas. 3. Estudo de caso com aplicação real da técnica.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3. MÉTODO SISTEMATIZADO PROPOSTO PARA PROCESSO DE *TRM*

Este capítulo apresenta o método proposto para o processo de *TRM* em organização de bens-de-capital, seus objetivos, desenho com indicação das fases e detalhamento de suas etapas.

O objetivo do método proposto é a criação de um *TRM*, isto é um documento ativo – que deve sofrer alterações periódicas – como ferramenta para o gerenciamento das tecnologias a serem incorporadas em produtos em uma empresa do ramo de bens-de-capital, fabricante de máquinas e equipamentos.

Este estudo procurou desenvolver um método de *TRM* para aplicação em um ramo específico de negócios – indústrias de bens-de-capital – e que sua aplicação fosse feita em uma empresa brasileira.

O processo de *TRM* tem como característica principal ser composto por uma série de etapas bem estruturadas, que garantam um fluxo claro no processo, pois cada etapa descreve o nível de informações para que se possa seguir com a próxima etapa. Neste trabalho, usou-se como base a abordagem de Phaal *et al.* (2000), detalhada no Capítulo 2.

O mapeamento da literatura permitiu além do levantamento do nível atual da pesquisa em *TRM* e levantamento de lacunas associados ao tema, um conhecimento aprofundado sobre conteúdo dos principais artigos, autores e conceitos que relacionam aplicações de modelos de *TRM* que contribuíram na formação conceitual do modelo de *TRM* proposto nesta dissertação.

O modelo referencial considerado como base para a aplicação do modelo de *TRM* proposto é modelo citado por Phaal *et al.* (2000). Modelo baseado em *workshops* específicos em quatro níveis para a execução de um *TRM*. A coordenação do processo de *TRM* é uma característica importante para sucesso da aplicação do método, e nesta pesquisa, esteve a cargo do pesquisador.

Assim como no método base uma característica importante é a articulação clara os objetivos da empresa com o processo. Para o método proposto foi inserida uma etapa específica sobre estratégia do negócio relacionada com a unidade de análise. A etapa 3 do método proposto procurou garantir que a estratégia do negócio seja amplamente considerada como característica do método proposto e pré-requisito para fases subsequentes. Note-se que a cada iteração no ciclo do processo de uma unidade de análise na qual já se tenha aplicado o método proposto, isto é, a cada renovação do ciclo, o início de uma atualização se dá após a revisão das informações de estratégia do negócio, pois isto pode direcionar a fase subsequente de definição de oportunidade futura e, conseqüentemente, o *TRM*.

3.1. DESENHO DO MÉTODO PROPOSTO - FLUXOGRAMA

O método proposto pode ser visto na Figura 4. A execução de 11 etapas, seguindo-se o detalhamento de cada uma delas, deverá criar um processo de *TRM* dentro de uma organização. Este processo poderá ser executado conforme a periodicidade definida pelos gestores da organização e resultará em uma geração dinâmica de tecnologias a serem incorporadas nos produtos.

O método sistematizado permite uma aplicação pela organização de um fluxo pré-determinado com todas as tarefas para que se obtenha um documento com as indicações de tecnologias discutidas e conceitualmente alinhadas com as melhores contribuições dos especialistas na organização sobre o tema. Procurou-se também utilizar de aspectos visuais nas atividades-chave para formação das tecnologias, como forma de atender também uma lacuna da literatura.

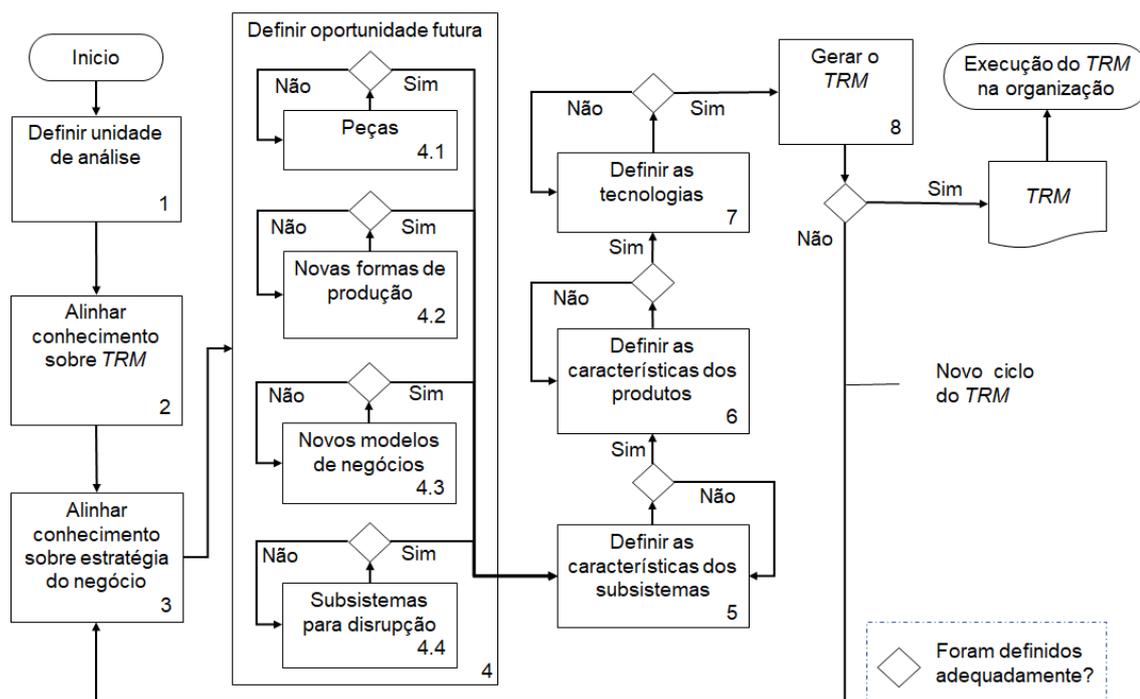


FIGURA 4 – MÉTODO SISTEMATIZADO PARA PROCESSO DE TRM PARA BENS-DE-CAPITAL.

ELABORADO PELO AUTOR.

O método de TRM proposto tem como característica original um detalhamento da etapa de definir oportunidade futura, etapa genericamente chamada de Mercado na abordagem de Phaal *et al.* (2000) e de Oliveira e Rozenfeld (2010), numerada como etapa 4 no método proposto. Esse detalhamento é a contribuição teórica do método de TRM proposto ao ambiente acadêmico. Na série de *workshops* com especialistas da etapa de definir oportunidade futura, o aspecto visual das discussões e análises do Definir oportunidade futura – Peças, é a característica mais diferenciadora do método proposto, pois permite ao grupo de trabalho proceder com uma discussão baseada em elementos que ensejam avaliações sobre as formas de fabricação que moldarão as tecnologias objetos dentro de um TRM. Outras duas sub-etapas da etapa 4, definir oportunidade futura – Novas formas de produção e definir oportunidade futura – Novos modelos de negócios, foram desenvolvidos com base em

observações sobre mudanças dramáticas nas organizações por meio de inovações e mudanças nas suas vertentes.

Finalmente, a sub-etapa definir oportunidade futura – Subsistemas para disrupção foi definida a partir da preocupação apresentada pelo grupo de participantes dos *workshops* iniciais com elementos advindos de tecnologias potencialmente disruptivas nos subsistemas. O *workshop* desta etapa seguiu a metodologia SAILS (Standards, Architectures, Integration, Linkages, and Substitutions), apresentada por Vojak e Chambers (2004) e detalhada na etapa definir oportunidade futura – Subsistemas para disrupção.

3.2. ETAPAS DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE *TRM* PROPOSTO

Uma característica importante das etapas 4 a 8 do método de *TRM* proposto é a de formar um ciclo em cada uma delas, pois pode haver mais de um ciclo para cada etapa antes que possa ser considerada satisfatória para que se inicia a etapa seguinte. O objetivo é de que possam sofrer ciclos de melhorias antes de impactarem a etapa seguinte.

O método de *TRM* proposto tem como base referencial pesquisas identificadas pela revisão de literatura feita como preparação para este estudo e detalhada no Capítulo 2. Quanto às etapas, um resumo das referências está mostrado no Quadro 6, com a contribuição dessa dissertação.

QUADRO 6 – PRINCIPAIS REFERÊNCIAS DE CADA ATIVIDADE DO MÉTODO PROPOSTO

Etapa	Descrição	Referências
1	Definir unidade de análise	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.
2	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>	Contribuição do próprio autor com o objetivo de fazer com que a equipe também entenda o que é um <i>TRM</i>
3	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.

4	Definir oportunidade futura	O próprio autor, baseado na atividade Mercado, conforme Phaal <i>et al.</i> , 2000.
4.1	Definir oportunidade futura - Peças	Contribuição do próprio autor. Enfatizando a proposta de solução para uma lacuna citada na literatura: o aspecto visual.
4.2	Definir oportunidade futura - Novas formas de produção	Contribuição do próprio autor. Enfatizando a proposta de solução para uma lacuna citada na literatura: o aspecto visual.
4.3	Definir oportunidade futura - Novos modelos de negócios	Contribuição do próprio autor. Enfatizando a proposta de solução para uma lacuna citada na literatura: o aspecto visual.
4.4	Definir oportunidade futura - Subsistemas para disrupção	O próprio autor a partir de observações e do escopo do estudo de Vojak e Chambers, 2004
5	Definir as características dos subsistemas	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005
6	Definir as características dos produtos	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.
7	Definir as tecnologias	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.
8	Gerar o <i>TRM</i>	Phaal <i>et al.</i> , 2000; Phaal <i>et al.</i> , 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Para todas as etapas do modelo de *TRM* as seguintes observações são comuns:

1. Compor a equipe de trabalho com pelo menos 1 membro da direção;
2. É recomendável incluir representantes de todas as áreas ou processos-chave da empresa (manufatura, produção e seu planejamento, vendas);
3. A participação de pessoal responsável pelas operações-chave dos processos estrategicamente priorizados é mandatória.

3.2.1. ETAPA 1 - DEFINIR UNIDADE DE ANÁLISE

A etapa inicial do método tem a função de delimitar a abrangência da avaliação do processo que inclui *workshops* e documentação das atividades. Em uma corporação, composta por diversas unidades de negócios, poderá se executar o método para cada unidade independentemente e, se for aplicável, fazer um alinhamento entre as unidades por meio de uma nova aplicação do método que possa compreender a corporação como um todo.

Há subsistemas, assim como produtos e linhas de produtos, que estão ligados somente a uma unidade de negócio, o que faz com que essa delimitação de atuação possa gerar o resultado de fácil entendimento.

Espera-se ao final desta etapa a definição da unidade de análise e a indicação da abrangência dos produtos que fazem parte da análise de *TRM*. No Quadro 7 está o roteiro da etapa 01.

QUADRO 7 – ROTEIRO PARA DEFINIR UNIDADE DE ANÁLISE.

Etapa 01	Definir unidade de análise
Objetivo: Delimitar a abrangência da avaliação de todo o processo	
Roteiro para execução da Etapa: 1. Compor a equipe de decisão com pelo menos 2 membros da direção; 2. É recomendável incluir representantes de áreas funcionais que atuem transversalmente na organização; 3. Trata-se uma reunião em que se define a unidade de análise. Neste momento é importante mostrar a situação atual do planejamento das tecnologias e o impacto para a unidade quando não se tem uma forma estruturada de previsão das tecnologias.	
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u> 1. Estrutura organizacional; 2. Processos-chave da empresa; 3. Importância relativa da unidade de análise no grupo.	
<u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião – F-01.	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Um modelo de ata de reunião, Quadro 8, foi utilizado para os registros de análise de dados.

QUADRO 8 – MODELO DE ATA DE REUNIÃO – F-01.

ATA DE REUNIÃO					
Assunto:			Data:		
Local:			Horário:		
Participantes: acrescentar “X” para pessoas não presentes					
Nome	Setor		Nome	Setor	
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
		<input type="checkbox"/>			
PREPARAÇÃO					
FASE DO MÉTODO					
SUGESTÕES E CRÍTICAS DOS PARTICIPANTES					
COMENTÁRIOS					
AÇÕES					

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.2. ETAPA 2 – ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE *TRM*

TRM é ainda um tema relativamente recente na academia (CARVALHO *et al.*, 2013) e, desconhecer alguns dos aspectos característicos dessa abordagem poderia dificultar as etapas subsequentes do método proposto. Segundo Phaal *et al.* (2005), *TRM* é ainda considerado sinônimo para planejamento

estratégico. Isto pode ser esclarecido ao se apresentar, nesta atividade, teoria sobre o *TRM* e sobre os resultados esperados no método proposto.

Espera-se desta etapa um nivelamento dos participantes sobre os conceitos relacionados a *TRM* e como este se insere nos processos de desenvolvimento de produtos da organização. No Quadro 9 está o roteiro da etapa 02.

QUADRO 9 – ROTEIRO PARA ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE *TRM*.

Etapa 02	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>
Objetivo: Alinhar o conhecimento sobre <i>TRM</i> na equipe de trabalho	
Roteiro para execução da Etapa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. O alinhamento será feito através da realização de treinamento da equipe de trabalho, com duração necessária abrangendo os seguintes tópicos: <ol style="list-style-type: none"> a. Gerenciamento de Portfólio de Projetos e de Tecnologias; b. <i>TRM</i>; c. A importância da participação da alta direção no processo; d. Apresentação do método sistematizado de <i>TRM</i> proposto; 2. O tempo de treinamento deve ser suficiente para a discussão detalhada de cada um dos roteiros das etapas do método teórico proposto com os membros da equipe designada, realizar a explicação e gerar entendimento de um exemplo real e completo de aplicação do método; 3. Exemplos de <i>TRM</i>'s aplicados em outras organizações ou situações mostraram-se importantes pois fomentaram discussões sobre a forma de apresentação para a organização. 	
Informações a serem consideradas durante esta Etapa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Situação atual do plano diretor de produtos e de tecnologias; 2. Objetivos da empresa com o <i>TRM</i>. 	
Documentação de saída da Etapa:	
Ata de reunião-F-01 e comprovante de treinamento F-02	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Um modelo de comprovante de treinamento, Quadro 10, foi utilizado para os registros de frequência de treinamento.

QUADRO 10 – FORMULÁRIO PARA REGISTRO DE FREQUÊNCIA E TREINAMENTO F-02.

TREINAMENTO - LISTA DE PARTICIPANTES			
Tema:			
Tópicos abordados:			
Período:		Hora:	Local:

Instrutor/ Palestrante:			
Seq	Nome Completo	Nº Docto	Assinatura
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
Assinatura do Instrutor:			

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.3. ETAPA 3 – ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE ESTRATÉGIA DO NEGÓCIO

Tem a função de estabelecer as diretrizes e alvos relacionados à unidade de negócios. Deve representar os indicadores relacionados com o planejamento estratégico da organização. São exemplos de indicadores: *Market share* desejado, aumento de margem, entrada em um mercado, aumento de faturamento etc.

Se houver o processo de planejamento estratégico com relação a unidade de negócios em análise, as informações podem ser transferidas a esta fase do *TRM*. Se não houver, será necessário gerar as informações no início do processo de *TRM*.

Nesta etapa espera-se que as diretrizes e alvos estratégicos da unidade de negócio sejam demonstradas e que o grupo de análise possa identificar nos indicadores da unidade de negócios as necessidades de alinhamento com o *TRM*. No Quadro 11 está o roteiro da etapa 03.

QUADRO 11 - ROTEIRO PARA ALINHAR CONHECIMENTO SOBRE ESTRATÉGIA DO NEGÓCIO.

Etapa 03	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio
Objetivo: Estabelecer as diretrizes e alvos relacionados à unidade de análise	
Roteiro para execução da Etapa: <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar a apresentação à equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos: <ol style="list-style-type: none"> a. Indicadores estratégicos da unidade de análise; b. Indicadores conjunturais e concorrenciais; c. A importância da participação da alta direção no processo. 2. O tempo de apresentação deve ser suficiente para a discussão detalhada da estratégia da unidade em análise; 3. O envolvimento da equipe de trabalho é fortalecido com o compartilhamento das informações estratégicas da unidade de análise e do negócio. Deve-se poder mostrar um comparativo entre as situações no tempo. 	
Informações a serem consideradas durante esta Etapa: <ol style="list-style-type: none"> 1. Posição nos mercados; 2. Vendas perdidas; 3. Estrutura de custos; 4. Vantagens competitivas. 	
Documentação de saída da Etapa: Ata de reunião F-01.	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.4. ETAPA 4 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA

Esta atividade representa as necessidades futuras de mercado que os clientes têm ou possam ter. É nessa etapa que, entende este autor, é possível e

desejável evoluir e propor análises aprofundadas para cada negócio especificamente. Três sub-etapas foram criadas e são detalhadas a seguir.

Para definir oportunidades futuras - peças, definir oportunidades futuras - novas formas de produção e definir oportunidades futuras - novos modelos de negócios haverá preparação com busca de dados para discussão nos *workshops* de cada uma destas fases.

Para as etapas inseridas no contexto de definir oportunidade futura (etapa 4), ou seja, as etapas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 as seguintes observações são comuns:

1. O *workshop* desta etapa será executado por meio de reuniões de discussões e *brainstorming* após apresentação dos dados a serem considerados na etapa;
2. O tempo e/ou número de *workshops* deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa.

3.2.5. ETAPA 4.1 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - PEÇAS

Devido ao ramo de atuação de bens-de-capital, ou seja, por definição bens – máquinas e equipamentos – que servem para fabricação de outros bens, os elementos principais para definição do mercado são as peças que serão fabricadas pelos produtos. Um *workshop* detalhado deverá mostrar as demandas possíveis quanto a essas peças. Moriwaki (2008) mostra como a evolução da complexidade de peças fabricadas por máquinas e equipamentos tem impulsionado a criação de bens mais complexos por incorporar tecnologias mais avançadas necessárias para a fabricação de tais peças, conforme ilustrado pela Figura 5.



FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DE PEÇAS FABRICADAS POR MÁQUINAS DE TORNEAMENTO.

FONTE: MORIWAKI (2008, P.737).

É muito importante a participação de pessoas da unidade de negócios relacionada ao mercado e aplicações em produtos. Além disso, não se trata somente de avaliação das peças que são fabricadas atualmente com os produtos, mas também de uma análise crítica de prospecção sobre as peças que virão a ser fabricadas, pois estamos em busca de tecnologias que podem ainda não estar sendo empregadas no mercado atual.

Como resultado, espera-se que o *workshop* possa demonstrar aos participantes as características necessárias às peças que serão fabricadas futuramente, para que se possa discutir sobre os processos de fabricação e quais tecnologias serão necessárias.

Como preparação para esta fase, os participantes da unidade de negócio relacionados ao mercado e aplicações deverão trazer exemplos das peças conforme pesquisa de mercado e sua experiência. No Quadro 12 está o roteiro desta etapa.

QUADRO 12 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - PEÇAS.

Etapa 04.1	Definir oportunidade futura - Peças
Objetivo: Conhecer as necessidades de peças que serão fabricadas nos produtos	
<p>Roteiro específico para execução da Etapa: Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação para a equipe: <ol style="list-style-type: none"> a. Peças pesquisadas: formas, tamanhos, funções, materiais de que são feitas, aplicação, tendência de uso, tendências de alteração conceitual no tempo, tamanhos de lotes etc; b. Informações concorrenciais relacionadas às peças: o que os concorrentes oferecem, como os fabricantes de peças atuam, como nossos clientes se posicionam no mercado, como nossos concorrentes oferecem seus produtos baseados nas peças etc 2. Obter alinhamento de conhecimento dos participantes quanto às características das peças, tamanhos de lotes, locais em que poderão ser fabricadas, uso de materiais e obsolescência das peças; 3. Registrar as características que as peças apresentam em planilha para discussões que se seguirão nas próximas etapas; 4. É importante coordenar as discussões dentro do escopo das peças, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 5. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão; 6. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas. 	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Peças e tipos de peças; 2. Materiais de que são feitas as peças; 3. Forma de apresentação dos produtos. 	
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

O Quadro 13 mostra a planilha de registro das características F-03, sem preenchimento, como utilizada pela pesquisa.

QUADRO 13 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS F-03.

4. Definir oportunidade futura			5. Definir características dos subsistemas	6. Definir as características dos produtos	7. Definir as tecnologias
Etapa	Descrição da etapa	Característica	Característica	Característica	Tecnologias
4.1.	Peças				
4.1.	Peças				
...	...				
4.2.	Novas formas de produção				
4.2.	Novas formas de produção				
...	...				
4.3.	Novos modelos de negócios				
4.3.	Novos modelos de negócios				
...	...				
4.4.	Subsistemas para disrupção	N.A.			
4.4.	Subsistemas para disrupção	N.A.			
...	...				

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.6. ETAPA 4.2 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA NOVAS FORMAS DE PRODUÇÃO

Indústrias fabricantes de máquinas e equipamentos, são grandes usuárias de máquinas-ferramenta em seu processo produtivo, sempre que possível utilizando as produzidas por si. Por consequência, as formas de produção impactam na oportunidade futura, seja criando oportunidades ou obstáculos à construção de novas tecnologias.

Para se entender de forma completa um sistema de manufatura, as interações entre o processo de manufatura e a máquina devem ser analisados, conforme Brecher *et al.* (2009). Alinhado com as novas interações entre processos e

máquinas, novos processos de manufatura, ainda não existentes ou recentes, vão ter impacto nas características esperadas das máquinas e, conseqüentemente, nas tecnologias que serão desenvolvidas.

Nesse *workshop*, a presença dos especialistas em métodos e processos da empresa é fator de grande importância. Não se trata somente dos processos que estejam sendo aplicados em outras unidades de negócios, mas também outros ramos de atividade e tecnologias de fabricação ainda não disponíveis, ainda a serem criadas. Além disto, a experiência adquirida por especialistas em visitas a institutos de pesquisa – tanto no Brasil como no exterior -, feiras nacionais e internacionais de máquinas e equipamentos e empresas concorrentes ou com processos de fabricação diversos, pode contribuir nas discussões dessa etapa.

Como preparação para esta fase, as pessoas relacionadas como especialistas em métodos e processos da empresa deverão trazer exemplos de novas formas de produção e suas vantagens e desvantagens. Também deverão nivelar o conhecimento do grupo de trabalho sobre as limitações e oportunidades dos processos de produção atuais disponíveis na empresa.

Espera-se que ao final desta fase, o grupo de trabalho possa entender os aspectos relevantes relacionados às novas formas de produção e propor as tecnologias relacionadas com este resultado. No Quadro 14 está o roteiro dessa etapa.

QUADRO 14 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – NOVAS FORMAS DE PRODUÇÃO.

Etapa 04.2	Definir oportunidade futura – Novas Formas de Produção
Objetivo: Conhecer as novas formas de produção de produtos e analisar	
Roteiro para execução da Etapa: Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:	
1. Apresentação para a equipe:	
a. Das formas de produção atuais na organização;	
b. De outras formas de produção em organizações.	
2. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto ao <i>status</i> atual das formas de produção utilizadas pela organização;	

<ol style="list-style-type: none"> 3. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto à novas formas de produção, não empregadas na organização; 4. Registrar as características que as formas de produção, tanto atuais como não utilizadas, moldam (ou moldariam) a produção dos produtos em planilha para discussões que se seguirão nas próximas etapas; 5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo das novas formas de produção, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente da etapa anterior, os elementos já planilhados da etapa 4.1 podem servir de base para adição de elementos nesta fase; 7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas.
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formas atuais de produção na organização, incluindo processos únicos criados pela organização e gargalos de produção; 2. Formas de produção que podem ser utilizadas na organização, incluindo formas de produção utilizadas em outros tipos de indústria, resultados de <i>benchmarking</i> feitos em fornecedores e outros fabricantes.
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.7. ETAPA 4.3 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA - NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS

Muitos negócios têm tido alterações dramáticas, fazendo com que corporações tenham que se adequar a novos modelos de negócios, sob risco de sucumbir e sair no mercado. Como exemplo, Nishino *et al.* (2016) comentam que o aumento da economia compartilhada está forçando fabricantes a mudar suas estratégias.

Também quanto a isso, os clientes ou usuários finais, através de mudança no modelo de negócios, poderiam fazer uso de produtos adequados a um novo tipo de demanda, o que poderia afetar os produtos e tecnologias desenvolvidas pelos fabricantes de máquinas e equipamentos.

A alta direção da empresa tem papel importante no *workshop* desta etapa. Para a discussão quanto aos novos modelos de negócios, a preparação necessária está relacionada com novos modelos que possam interferir no modelo de negócio atual. Por exemplo, se atualmente o modelo de negócios contempla a venda de máquinas e equipamentos diretamente ao usuário final, um novo modelo de negócios a ser tratado no *workshop* poderia ser a venda através de representantes ou mesmo o aluguel desses equipamentos. As diferenças entre modelos podem impactar a tecnologia necessária para que uma mudança de modelos de negócios seja feita, portanto, impactando também o *TRM*.

Espera-se que o *workshop* possa esclarecer vantagens e riscos da opção por um modelo de negócio em detrimento a outro. No Quadro 15 está o roteiro desta etapa.

QUADRO 15 – ROTEIRO PARA DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS.

Etapa 04.3	Definir oportunidade futura – Novos Modelos de Negócios
Objetivo: Conhecer os novos modelos de negócios e analisar	
<p>Roteiro para execução da Etapa: Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação para a equipe: <ol style="list-style-type: none"> b. Modelos de negócio atuais da organização; c. Modelos de negócios atuais no mercado – concorrencial; d. Modelos de negócios atuais no mercado – outros tipos de empresas. 3. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto aos diversos modelos de negócios praticados nos mercados; 4. Registrar as características que os diversos modelos de negócio podem influenciar os produtos em planilha para discussões subsequentes; 5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos novos modelos de negócios, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, os elementos já planilhados das etapas 4.1 e 4.2 podem servir de base para adição de elementos nesta fase; 	

7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i> , as repetições serão eliminadas.
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u> 1. Quais são os modelos de negócios da organização; 2. Quais são os modelos de negócios que podem ser utilizadas na organização.
<u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.8. ETAPA 4.4 – DEFINIR OPORTUNIDADE FUTURA – SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO

Em adição ao aprimoramento da tecnologia que é evolucionária, sustentada e incremental, um outro conjunto de tecnologias aprimorado, disruptivo, radical e emergente, mais poderoso competitivamente, pode ser esperado (VOJAK; CHAMBERS, 2004).

Para empresas atuantes em ramos tradicionais, como o de bens-de-capital, cujas características de produção podem ser limitantes a novos entrantes, mas também são restrições a mudanças mais radicais, não é comum mudanças disruptivas afetarem seus produtos finais. Segundo Feder (2018), quando uma inovação disruptiva aparece, apenas novas firmas entrantes podem replicar eficientemente o novo paradigma tecnológico porque elas não estão limitadas pelo fator substituição –, por exemplo, um processo que fora refinado por muito tempo e cuja substituição seria arriscada e custosa.

O produto do fabricante de bens-de-capital, a máquina, é um sistema na cadeia de valores da qual ele faz parte. Isto significa que a empresa fabricante tem acesso aos usuários de seus produtos e, portanto, pode fomentar as tecnologias desejáveis e identificar através de modelos de *TRM* quais tecnologias incrementais pode passar a oferecer em seus produtos. Isto é o que foi proposto nas etapas de definição de oportunidade futura (etapas 4.1, 4.2 e 4.3 do método de *TRM* proposto). No entanto, no nível do subsistema, ou

seja, os sistemas menores, auxiliares, que só têm função quando incorporados nos sistemas maiores, há grande oportunidade para inovações disruptivas. Segundo Vojak e Suarez (2002), fornecedores de subsistemas ou componentes têm mais dificuldades, se comparados aos fornecedores de sistemas, de obter informações para seus *TRMs*. Segundo Lee *et al.* (1997), isto pode ocorrer por dois motivos, em primeiro lugar, porque os fornecedores dos sistemas não são completamente transparentes com os fornecedores de subsistemas, principalmente devido ao desejo de não divulgar informações estratégicas e, em segundo lugar, porque os fornecedores de subsistemas não são autorizados a ter contato diretamente e de forma regular com os usuários finais dos produtos, o que leva a erros de comunicação e substancial atraso é esperado pois a informação relevante tem de fluir através da cadeia de suprimentos do mais alto nível ao nível do subsistema.

Como resultado, há grande potencial para prospecção tecnológica disruptiva no nível do subsistema. Vojak e Chambers (2004) propuseram uma metodologia (SAILS) direcionada à prospecção tecnológica disruptiva em subsistemas com o objetivo de “trazer credibilidade para as previsões e reduzir dramaticamente a adivinhação e especulação” no *workshop* com especialistas. Estes autores afirmam que sua metodologia pode ser usada para guiar a intuição técnica avançada dos especialistas sêniores, assim como para auxiliar a desenvolver a percepção sobre as tecnologias de especialistas técnicos em início de carreira.

A metodologia *SAILS* identificou cinco tipos diferentes de contribuidores disruptivos comumente observados em níveis de subsistemas:

- Mudanças na normalização da indústria (S – *Standards*);
- Mudanças nas arquiteturas (A – *Architectures*);
- Várias formas de Integração e desintegração de elementos (I – *Integration*);
- Ligações entre os vários elementos em um supersistema (L – *Linkages*);

- Substituições dentro dos subsistemas (S – *Substitutions*).

No Quadro 16 tem-se um sumário dos cinco componentes da metodologia SAILS com comentários sobre o que se pode esperar de cada um deles no *workshop* desta etapa.

QUADRO 16 – SUMÁRIO DOS CINCO COMPONENTES DA METODOLOGIA SAILS.

Contribuidores SAILS		O que pode ocorrer
Texto original	Tradução	
<i>Standards</i>	Normas	Novo nível de desempenho dentro, mas desempenho externo essencialmente ainda é o mesmo.
<i>Architectures</i>	Arquiteturas	Novo arranjo de elementos, com possível arranjos de alguns dos mesmos elementos.
<i>Integration</i>	Integração	Dois elementos podem ser integrados em um novo elemento ou um elemento pode ser dividido em dois outros.
<i>Linkages</i>	Ligação	Mudanças em um elemento requerem mais ou menos mudanças em outro.
<i>Substitutions</i>	Substituição	Um elemento pode ser substituído por outro.

FONTE: VOJAK E CHAMBERS (2004, P.126).

Espera-se que, como resultado deste *workshop*, um mapa claro sobre os subsistemas para disrupção seja traçado para que se planeje o gerenciamento de projetos relacionados a eles. No Quadro 17 está o roteiro desta etapa.

QUADRO 17 – ROTEIRO PARA DEFINIR A OPORTUNIDADE FUTURA – SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO.

Etapa 04.4	Definir oportunidade futura – Subsistemas para Disrupção
Objetivo: Definir os subsistemas para disrupção e suas características	
Roteiro para execução da Etapa: Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes:	
1. Apresentação para a equipe:	
b. Inovações incrementais x disruptivas	
c. Metodologia SAILS	
d. Vantagens das características disruptivas dos subsistemas	
3. Obter um alinhamento da equipe quanto ao conhecimento sobre características disruptivas e a vantagem de se considerar esses subsistemas na análise do TRM;	
4. Identificar quais são os subsistemas que fazem parte dos produtos e definir quais são os subsistemas passíveis de disrupção na análise. Este é o ponto mais importante da discussão. Uma equipe com experiência	

<p>deverá indicar os subsistemas que teriam potencial para que tecnologias disruptivas possam alterá-lo de forma a beneficiar os produtos;</p> <p>5. Aplicar metodologia <i>SAILS</i> nos sistemas definidos para análise disruptiva e registrar as características que podem influenciar nos produtos em planilha para discussões subsequentes;</p> <p>6. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos subsistemas para disrupção, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;</p> <p>7. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão;</p> <p>8. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas;</p> <p>9. A planilha F-04 gera informações que devem ser transpostas na planilha F-03, para as discussões subsequentes. Portanto, a planilha F-04 é um meio de preencher as características disruptivas a serem transportadas para a planilha F-03 nas discussões subsequentes.</p>
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <p>1. Metodologia <i>SAILS</i></p>
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u></p> <p>Ata de reunião F-01, planilha de registro das características F-03 e planilha de registro das características disruptivas F-04.</p>

FORNTE: ELABORADO PELO AUTOR.

O Quadro 18 mostra a planilha de registro das características disruptivas F-04, sem preenchimento, como utilizada pela pesquisa.

QUADRO 18 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS DISRUPTIVAS F-04.

Subsistemas	Standards	Arquiteturas	Integração	Ligações	Substituições	Característica
Subsistema 1						
Subsistema 1						
...						
Subsistema 2						
Subsistema 2						
...						
Subsistema 3						
Subsistema 3						

FORNTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.9. ETAPA 5 - DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS SUBSISTEMAS

Esta etapa compreende um entendimento mais aprofundado sobre os subsistemas que fazem parte dos produtos. Os subsistemas também têm uma importância horizontal grande na empresa, pois esses podem ter aplicações em diversos outros produtos ou família de produtos em outras unidades de negócio ou, até mesmo, como produtos finais a serem comercializados em outros mercados concorrenciais. Especialistas técnicos na organização relacionado ao desenvolvimento de produtos têm um papel de alta importância neste *workshop*, devido ao seu conhecimento na modularização necessária para que esses subsistemas sejam desenvolvidos.

Espera-se que, como resultado deste *workshop*, um mapa claro sobre os subsistemas seja traçado para que se planeje o gerenciamento de projetos relacionados a eles. No Quadro 19 está o roteiro desta etapa.

QUADRO 19 – ROTEIRO PARA DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS SUBSISTEMAS.

Etapa 05	Definir as características dos subsistemas
Objetivo: Definir características dos subsistemas	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os <i>workshops</i> desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03; 2. O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa. 3. Identificar na planilha F-03 as características dos subsistemas baseando-se no <i>input</i> das características das oportunidades futuras registradas na mesma planilha; 4. Registrar as características que os subsistemas podem influenciar os produtos em planilha para discussões subsequentes; 5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos subsistemas, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase; 7. As características dos subsistemas definidos para disrupção já estarão na planilha F-03 e servem de base para o início das discussões; 	

8. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i> , as repetições serão eliminadas.
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u> 1. Histórico de fabricação de subsistemas pela organização: quais subsistemas podem ser fabricados internamente, quais já foram fabricados internamente; 2. Fabricação de subsistemas – concorrencial: como as empresas concorrentes lidam com seus subsistemas, se fabricam, têm parcerias ou compram.
<u>Formulário para registro da saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.10. ETAPA 6 - DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS

Esta etapa tem a função de discutir e definir as características dos produtos. Estas são definidas em alinhamento com as informações do Mercado (Phaal *et al.*,2000) e os objetivos do negócio, conforme proposto no modelo de *TRM* desta dissertação, com o resultado dos *workshops* definições das oportunidades futuras.

As características dos produtos, que serão discutidas neste *workshop*, deverão ser também classificadas quanto à prioridade para que se definam quais seriam as mais importantes que direcionarão as discussões sobre tecnologia. O Ranking de impacto das características dos produtos é determinante para a próxima etapa.

Espera-se que um mapeamento das características dos produtos seja feito nesta etapa, com indicações dos subsistemas que poderão ser incorporados aos produtos e quais tecnologias serão necessárias. No Quadro 20 está o roteiro da etapa 06.

QUADRO 20 – ROTEIRO PARA DEFINIR AS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS.

Etapa 06	Definir as características dos produtos
Objetivo: Definir características dos produtos	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os <i>workshops</i> desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03; 2. O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa. 3. Identificar na planilha F-03 as características dos produtos baseando-se no <i>input</i> das características das oportunidades futuras e dos subsistemas registradas na mesma planilha; 4. Registrar as características que os produtos podem necessitar em planilha para discussões subsequentes; 5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos produtos, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase; 7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas. 	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Linha de produtos em análise, com informações sobre as versões atuais em produção e período em que foram lançadas ao mercado; 2. Produtos – concorrential: informações sobre o que as empresas concorrentes têm vendido em cada mercado. 	
<p><u>Formulário para registro da saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.11. ETAPA 7 - DEFINIR AS TECNOLOGIAS

Nesta etapa, deverão ser feitos *workshops* para se chegar à definição das tecnologias (ou soluções de tecnologia) que possam atender às demandas de características nos produtos. A tecnologia pode já estar desenvolvida no portfólio de tecnologias e ser adicionada a um produto para atender a uma característica ou pode não estar ainda disponível, mas passar a fazer parte do *TRM* como necessidade. Nesse *workshop* se discutirão as necessidades de

tecnologia, que poderá também ser desenvolvida interna ou externamente, ou até mesmo comprada de terceiros.

Fase primordial em todo o processo, espera-se indicar as tecnologias necessárias para desenvolvimento de todo um portfólio discutido até esta etapa. No Quadro 21 está o roteiro desta etapa.

QUADRO 21 – ROTEIRO PARA IDENTIFICAR AS TECNOLOGIAS.

Etapa 07	Definir as tecnologias
Objetivo: Identificar as tecnologias	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os <i>workshops</i> desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03; 2. O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa. 3. Definir na planilha F-03 as tecnologias baseando-se no <i>input</i> das características das oportunidades futuras, dos subsistemas e dos produtos registradas na mesma planilha; 4. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos produtos, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 5. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase; 6. A repetição de características deverá ser eliminada nesta etapa e as tecnologias registradas na planilha de registro das características F-03; 7. Deve-se procurar por termos curtos e reconhecidos das tecnologias. A nomenclatura deve ser de conhecimento da equipe. 	
<p>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tecnologias disponíveis atualmente nos produtos; 2. Tecnologias – concorrencial: como são comercializadas as tecnologias que compõem os produtos das empresas concorrentes, se são tecnologias opcionais ou <i>standards</i>. 	
<p>Formulário para registro da saída da Etapa: Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

3.2.12. ETAPA 8 - GERAR O TRM

A imagem clássica, largamente empregada em organizações e na academia, conforme Figura 5, apresenta um formato graficamente simples conforme registrado inicialmente por Groenveld (1997) servirá como base para o documento de TRM proposto, mostrado na Figura 6.

A etapa final é a geração do documento de TRM, macro objetivo do método proposto. A geração TRM estará completa também com o posicionamento dos elementos produtos, subsistemas e tecnologia no período de tempo para sua execução, para curto, médio e longo prazos.

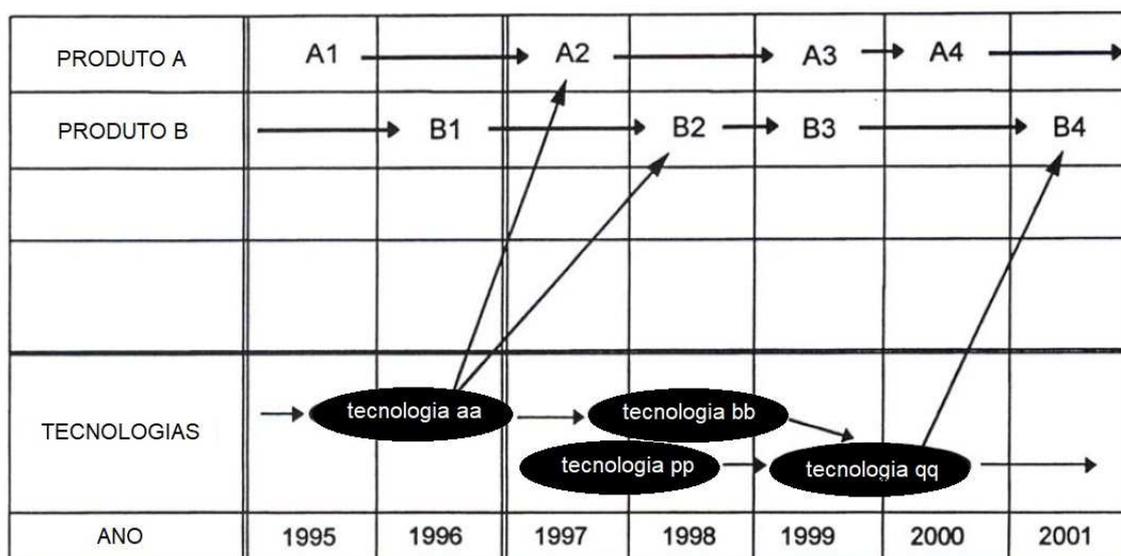


FIGURA 6 – VISÃO GERAL DE UM TRM.

FONTE: GROENVELD (1997, P.50)

Observa-se nesta etapa que há uma ligação do TRM gerado com a atividade de estratégia do negócio, pois entende-se que um ciclo de reavaliação do TRM será também um legado para a implementação deste processo na organização.

Espera-se gerar um documento para a organização, que permita novos ciclos de reavaliações e gerenciamento das tecnologias na organização – o TRM, visto na Figura 7. No Quadro 22 está o roteiro dessa etapa.

QUADRO 22 – ROTEIRO PARA GERAR O TRM.

Etapa 08	Gerar o TRM
Objetivo: Gerar o TRM	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O <i>workshop</i> desta etapa será executado por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados a serem considerados na etapa; 2. O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa. 3. Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos: <ol style="list-style-type: none"> a. Geração do TRM: com as informações de tecnologia geradas pela planilha F-03, posicionando-as sobre um TRM em branco, com a indicação dos prazos para incorporação das tecnologias, a equipe deverá montar o TRM, fazendo as ligações entre tecnologias, subsistemas e produtos; b. Utilizar pequenos papéis adesivos para posicionamento rápido na linha do tempo que se imagina possível e necessário com relação à disponibilização de cada tecnologia resultante das etapa de definição das tecnologias; c. Separar as tecnologias em auxiliares (que não são diretamente utilizadas nos produtos) e nos produtos; 4. Uma vez montado o TRM com os adesivos colocados manualmente, pode-se transpor as informações para um meio digital, eliminando uma possível poluição visual e alinhar novamente as posições de cada tecnologia, subsistema e produto. Isto facilita a continuidade da discussão; 5. Os prazos, seja indicando o ano de disponibilidade de cada elemento, ou indicação de curto, médio e longo prazos, deve ser considerado neste momento e auxiliar o posicionamento dos elementos no TRM. 	
Informações a serem consideradas durante esta Etapa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tempo desenvolvimento das tecnologias e sua disponibilização nos produtos: estimativa dada pela equipe do <i>workshop</i>, baseando-se em capacidades de desenvolvimento e histórico; 2. Estimativa de recursos necessários para desenvolvimento das tecnologias. 	
Formulário para registro da saída da Etapa:	
Ata de reunião F-01 e TRM F-05.	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Tópico:	Equipe:				Data:
	Atual	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo	Visão
Oportunidade Futura					
Produtos					
Subsistemas					
Tecnologias					

FIGURA 7 – TRM F-05.

ELABORADO PELO AUTOR

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é apresentada a caracterização da pesquisa quanto a sua natureza, objetivos, abordagem e quanto ao método. O capítulo apresenta também as fases de desenvolvimento do estudo. A pesquisa envolveu a criação de um método sistematizado de *TRM* a partir da necessidade específica de uma organização de bens-de-capital e um levantamento detalhado do uso de métodos diversos de *TRM* encontrados em estudos e artigos na academia.

Este estudo, que envolve a pesquisa bibliográfica, a proposição de um método sistematizado de *TRM* e sua aplicação e testagem, é caracterizado como pesquisa teórica e empírica, pesquisa qualitativa, com abordagem do tipo pesquisa-ação em função das suas etapas e resultados esperados.

O estudo tem uma base empírica, realizada com associação da resolução de um problema real no qual o autor está envolvido de modo participativo, alinhado com as definições para uma pesquisa-ação, conforme Thiollent (1997).

Essa pesquisa foi realizada em três fases distintas, conforme visto no Quadro 23.

QUADRO 23 - ESTRUTURA DE FASES DA PESQUISA.

Fase	Descrição
1	Formação da amostra de artigos para a revisão sistemática da literatura e proposta de método sistemático de <i>TRM</i>
2	Pesquisa-ação: Aplicação e teste do método de <i>TRM</i>
3	Análise crítica de resultados

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

4.1. FASE 1 – FORMAÇÃO DA AMOSTRA DE ARTIGOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E PROPOSTA DE MÉTODO DE *TRM*

Segundo Silva e Menezes (2005), é recomendável que se adote uma metodologia de pesquisa bibliográfica para a revisão da literatura, pois esta revisão contribuirá

para se obter informações sobre a situação atual do tema ou problema pesquisado, conhecer publicações existentes sobre o tema e os aspectos que já foram abordados e verificar as opiniões similares e diferentes a respeito do tema ou de aspectos relacionados ao tema ou problema de pesquisa.

A pesquisa bibliométrica com foco em modelos e lacunas se caracteriza, conforme enquadramento de metodologia apresentada por Tasca *et al.* (2010) em teórico, pela natureza dos artigos e descritivo pela natureza de seu objetivo, com lógica de pesquisa indutiva. O processo de pesquisa utilizou dados secundários, com abordagem qualitativa-quantitativa. Para tal, o método de revisão sistemática da literatura foi utilizado, mesclando bibliometria e análise de conteúdo.

A pesquisa bibliométrica e análise de redes foi feita com auxílio da ferramenta VOSviewer, software largamente utilizado e que pode gerar mapas bibliométricos de fácil interpretação (VAN ECK; WALTMAN, 2010). Ainda segundo Van Eck e Waltman (2010), o software também tem sido utilizado em vários projetos com resultados de sucesso.

A revisão sistemática da literatura contendo análises de citações e de conteúdo, estruturada em bases de dados, utilizou a base ISI *Web of Science*, que segundo Carvalho *et al.* (2013), além de possibilitar pesquisa em sua própria base, busca artigos que também estão incluídos em outras bases de dados relevantes, tais como a Scopus, ProQuest e Wiley. Além disso, a base ISI *Web of Science* é uma base que possibilita a extração das informações de metadados, tais como *abstracts*, citações de autores, necessários para a análise proposta neste artigo e aceitas pelo software VOSviewer.

A pesquisa para seleção dos artigos seguiu as fases ilustradas na Figura 8. As palavras-chave, ou conjuntos de palavras, foram definidas tomando-se como referência a divisão em grupos de pesquisa alinhados com a proposta da dissertação, quais sejam *TRM*, estratégia e modelos, com objetivo de localizar artigos que tenham conexões com palavras relacionadas a *TRM* e alinhadas com estratégia, se apresentando ou detalhando modelos de aplicação. As palavras-chave “*technology roadmapping*”, “*strategy*”, “*framework*”, “*model*”, “*method*”, “*system*” e “*approach*” (assim como suas variantes de plural ou outras formas de escrita) foram

inseridos na base de dados utilizando-se operadores booleanos (como separadores, como indicações de uso na própria seção de ajuda da base de dados *Web of Science*) OR e AND, conforme os grupos de pesquisa mostrados na Figura 7, pesquisadas nos campos principais do Título, *Abstract* e palavras-chave.

A busca foi limitada aos artigos publicados em *Journals* e/ou apresentados em congressos – desta forma tem-se textos com melhor qualidade garantida pela avaliação feita por pares –, na língua inglesa, para publicações a partir de 2002, resultando em um total de 273 artigos. Seguindo-se com uma avaliação individual com leitura para alinhamento por afinidade nos títulos e *Abstracts* levando-se em consideração a existência de modelo de *TRM* aplicado, comparação entre modelos e/ou alinhados com conceitos de *TRM* chegou-se a 102 artigos alinhados com a pesquisa, e, somou-se a este portfólio na base de dados, artigos individuais colhidos através de processo de *snowball* a partir da leitura dos artigos relacionados no portfólio de artigos da amostra, somando ao portfólio, artigos cujas citações e referências foram usadas e contribuem com a mesma temática da pesquisa, mas que não foram listados na pesquisa original, totalizando 124 artigos na amostra, conforme Figura 8.

Os 124 artigos selecionados foram lidos completamente para formarem uma base para a revisão da literatura, analisados quanto à tendência de ano de publicação para se verificar a relevância do assunto no tempo, analisados também quanto à concentração de países, fontes e citações dos artigos e ocorrência de palavras entre eles. Modelos e lacunas de pesquisa também foram cuidadosamente checados para uso direto nesta pesquisa.

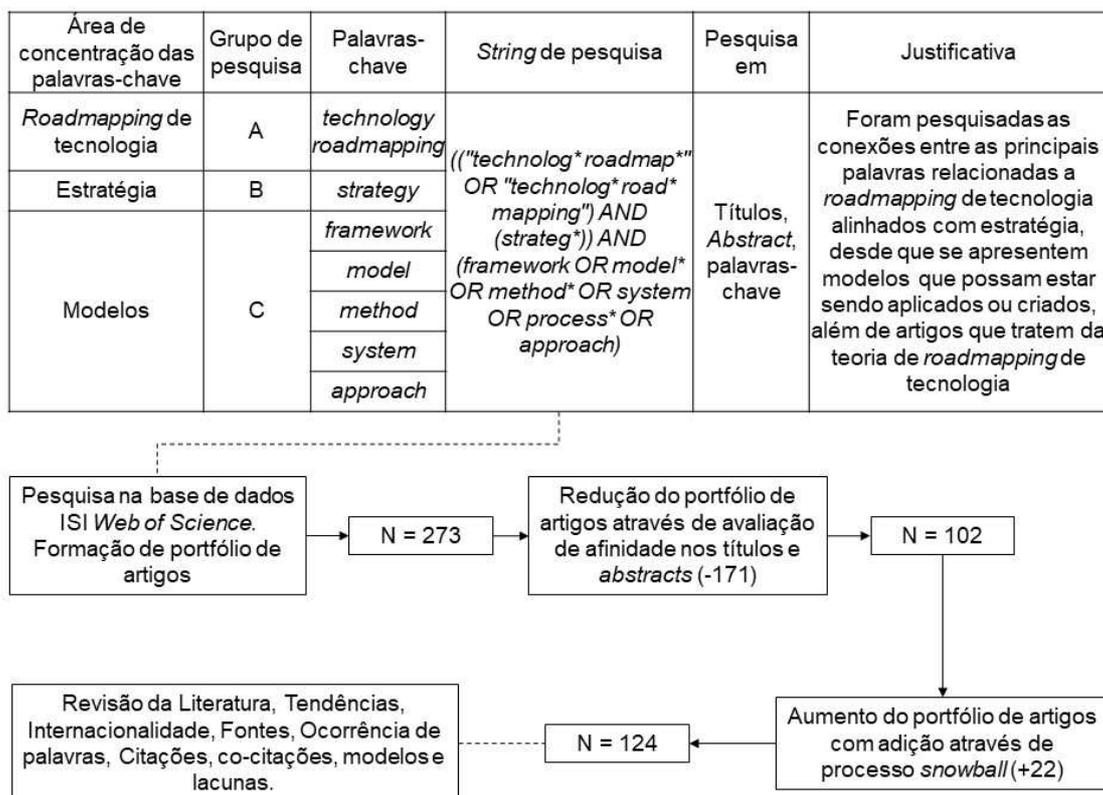


FIGURA 8 – FASES DE PESQUISA PARA CONSTRUÇÃO DO PORTFÓLIO DE ARTIGOS E DEFINIÇÃO DE PESQUISA.

ELABORADO PELO AUTOR.

O portfólio final de artigos selecionados (124) foi analisado quanto à tendência (distribuição dos artigos quanto ao ano em que foram publicados), internacionalidade (distribuição dos artigos por países, segundo o autor principal) e fonte (*Journals* ou congressos em que foram publicados). Os metadados dos artigos do portfólio foram gerados e exportados da base de dados para que as análises de rede fossem feitas no software VOSviewer. As análises de rede incluíram ocorrência de palavras-chave, para determinação das principais conexões entre palavras e co-citações de autores para análise de *clusters* de autores, com foco em modelos de *TRM* e lacunas para pesquisas futuras. Através dos metadados também foram geradas as análises de citações dos artigos principais. Os artigos mais citados foram avaliados quanto aos modelos de *TRM* propostos.

A análise de conteúdo permitiu organizar as informações relevantes de forma a:

- a) Identificar os pesquisadores principais na área de conhecimento;

- b) Identificar as lacunas apontadas pelos pesquisadores nos artigos principais;
- c) Identificar modelos que foram desenvolvidos para aplicações específicas e que poderiam contribuir no modelo que se espera desenvolver nesta pesquisa.

A análise de conteúdo dos artigos proporcionou condições de suportar o desenvolvimento do método proposto por esta dissertação. Este método está desenvolvido no Capítulo 3: Modelo proposto para processo de *TRM*. Além disto, permitiu enriquecer a revisão da literatura do assunto, conforme desenvolvida no Capítulo 2: Revisão Sistemática da Literatura Sobre *Roadmapping* de Tecnologia. A análise da amostra de artigos para a revisão sistemática de literatura está detalhada no Apêndice A.

4.2. FASE 2 – PESQUISA-AÇÃO: APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE *TRM*

O método de pesquisa-ação foi selecionado para a aplicação do modelo proposto para processo de *TRM*, pois a aplicação está associada com a resolução de um problema real no qual o autor está envolvido de modo participativo, alinhado com as definições para uma pesquisa-ação, conforme Thiollent (1997).

Ainda sobre o método de pesquisa-ação, Mello *et al.* (2012) propuseram um ciclo de melhoria e aprendizagem em estudos com abordagem de pesquisa-ação – o ciclo de monitoramento. Mello *et al.* (2012), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (1997) estão alinhados quanto à importância desse ciclo nas diversas fases de estudos com abordagem de pesquisa-ação e sua aplicação nessa dissertação também incluirá a fase de monitoramento, como mostrado na Figura 9.

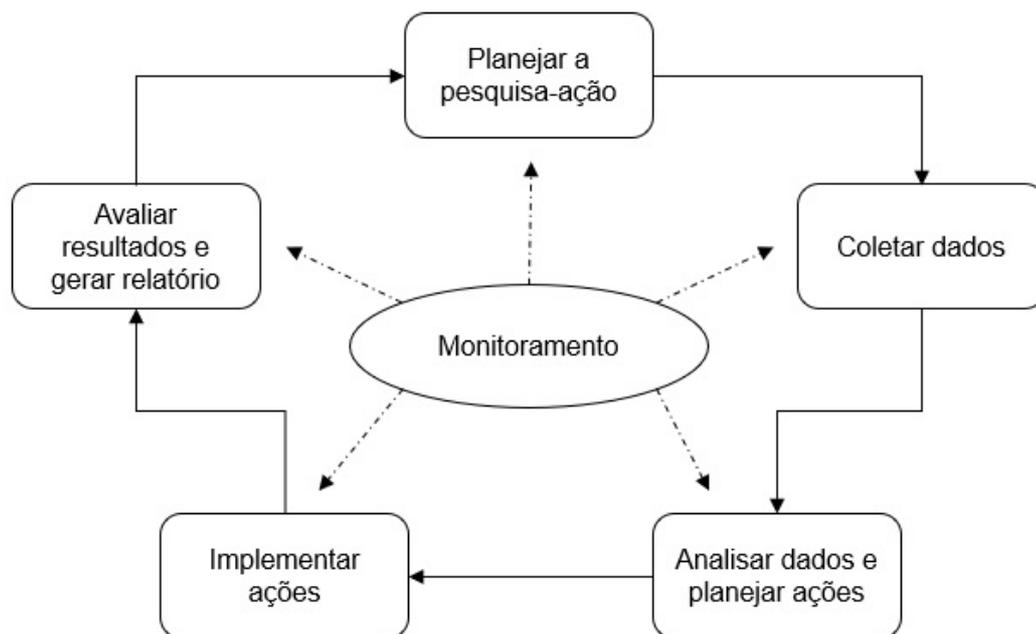


FIGURA 9 – ESTRUTURA PARA CONDUÇÃO DA PESQUISA-AÇÃO.

FONTE: ADAPTADO DE COUGHLAN E COUGHLAN (2002).

Além disso, corroboram para a escolha do método, a existência das dez características principais de estudos com abordagem de pesquisa-ação, como citado por Coughlan e Coughlan (2002):

1. O pesquisador toma ação;
2. Envolve dois objetivos: solucionar um problema e contribuir para a ciência;
3. É interativo;
4. Objetiva desenvolver um entendimento holístico;
5. Está fundamentado em mudança;
6. Requer entendimento da estrutura étnica;
7. Pode incluir diversos tipos de métodos de coleta de dados;
8. Requer vasto pré-entendimento;
9. Conduzido em tempo real;
10. Requer cuidados próprios de qualidade para avaliação.

Com o intuito de garantir uma análise crítica dos resultados válida e confiável, alguns cuidados foram tomados para cada fase da pesquisa-ação, conforme pode ser visto no Quadro 24.

QUADRO 24 – CUIDADOS EM CADA ETAPA DA PESQUISA-AÇÃO.

Etapas	Cuidados
Planejar pesquisa-ação	
Iniciar projeto de pesquisa-ação	Definir a autoridade para as ações na unidade de análise
Definir contexto e propósito	Garantir o alinhamento dos membros-chave da organização quanto à necessidade do projeto
	Garantir o alinhamento da equipe de trabalho sobre os objetivos da pesquisa
	Definir os critérios que serão utilizados para avaliar se as ações foram bem-sucedidas.
Definir estrutura conceitual-teórica	Proceder com revisão da literatura para contextualizar e fundamentar os problemas identificados.
	Buscar lacunas no tema de pesquisa para definição dos problemas a serem solucionados
Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados	Garantir o alinhamento dos membros-chave para definição da unidade de análise.
	Definir formas de registrar as observações do pesquisador sobre a pesquisa-ação
Coletar dados	Registrar dados obtidos de maneira informal, além dos formais
Analisar dados e planejar ações	Garantir a abordagem colaborativa nas análises de dados
	Garantir a coerência dos dados com a literatura ou comentar sobre contraditórios
	Garantir a coordenação da pesquisa pelo pesquisador
Implementar ações	Garantir implementação das ações de forma colaborativa com os membros-chave da organização
Avaliar resultados e gerar relatório	Garantir avaliação dos resultados com base nos objetivos de pesquisa
	Garantir avaliação com revisão do processo para o aprendizado
	Garantir a redução dos dados para posterior apresentação

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR COM BASE EM MELLO ET AL. (2012).

Os resultados da aplicação do método proposto na pesquisa-ação foram reunidos em relatório final e incorporados à dissertação de mestrado, ressaltando a contribuição da pesquisa para o meio acadêmico e para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Além disso, os resultados da dissertação serão disponibilizados ao meio prático e acadêmico por meio de publicações em periódicos referenciados e em anais de conferências.

Para a etapa de planejamento da pesquisa-ação, conforme Quadro 24, adaptado de Mello *et al.* (2012), há a identificação do detalhamento das etapas e que serão seguidas nessa dissertação.

4.2.1. PLANEJAR A PESQUISA-AÇÃO

Esta etapa contém quatro sub-etapas: Iniciar o projeto de pesquisa-ação, definir contexto e propósito, definir estrutura conceitual-teórica, selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados, conforme detalhamento a seguir:

4.2.1.1 INICIAR O PROJETO DE PESQUISA-AÇÃO

Considerando-se os tipos de processos de iniciação da pesquisa-ação (Mello *et al.*, 2012), pode-se classificar este estudo como motivado pelo problema.

O caminho a ser seguido na pesquisa pode, então, ser melhor demonstrado pela Figura 10, na qual está ressaltada a abordagem por *Problema*, em contraponto à abordagem possível para uma pesquisa-ação via *Pesquisa*.

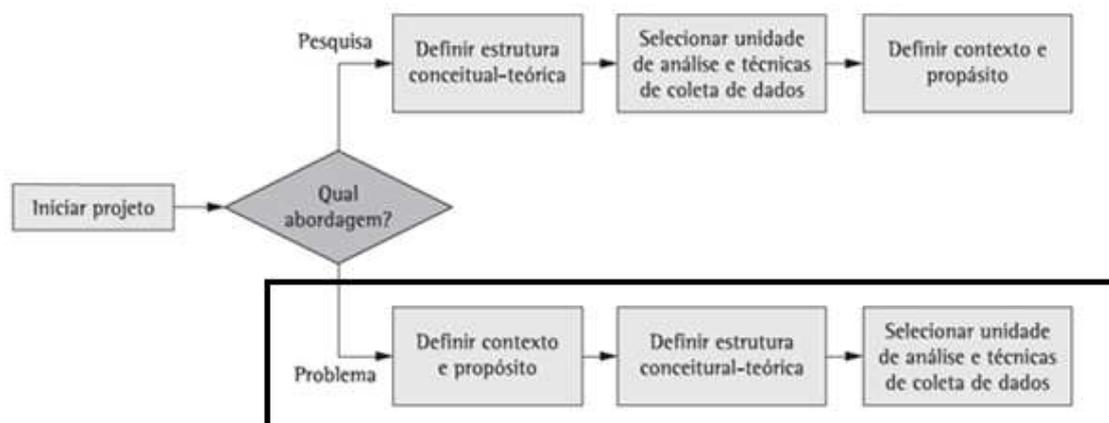


FIGURA 10 – ESTRUTURA DA ETAPA DE PLANEJAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO COM INDICAÇÃO POR PROBLEMA.

FONTE: ADAPTADO DE MELLO ET AL. (2012).

4.2.1.2 DEFINIR CONTEXTO E PROPÓSITO

Nesta fase, o pesquisador, juntamente com uma equipe que contenha membros-chave da organização vão declarar, após entendimento de todo o contexto do projeto, o porquê deste ser necessário ou desejável e quais são os fatores econômicos, políticos, sociais e técnicos que determinam a necessidade para a ação. Conforme Coughlan e Coughlan (2002), a pesquisa se dará em tempo real, no período previsto entre dezembro de 2017 e maio de 2018.

Espera-se nessa fase a definição da equipe de pesquisa e a dos integrantes da unidade de análise que participarão na condução da pesquisa, coleta de dados e implementação das ações. Esta equipe definirá também os critérios de avaliação das ações planejadas e implementadas.

Espera-se que esse estudo contribua com uma metodologia direcionada para a geração e manutenção de um processo de *TRM* em empresa de bens-de-capital, reproduzível e eficaz.

4.2.1.3 DEFINIR ESTRUTURA CONCEITUAL-TEÓRICA

A revisão de literatura detalhada, como vista no Capítulo 2, contribuiu para que o mapeamento da literatura fosse abrangente e reproduzível através de metodologia consistente. A análise de redes, parte da revisão da literatura, contribuiu na medida que elencou os principais pesquisadores no tema do estudo, assim como os principais artigos relacionadas, fazendo, assim, um retrato atualizado e completo do texto acadêmico de referência.

A fundamentação teórica resultante da revisão de literatura permitiu a elaboração de um mapa confiável de lacunas, que, quando alinhado às necessidades da organização em estudo, gerou os objetivos dessa dissertação.

4.2.1.4 SELECIONAR UNIDADE DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Conforme definido nesse capítulo, a abordagem da pesquisa-ação se dá pela iniciação motivada pelo problema. A unidade de negócios de Máquinas-Ferramenta

foi a unidade de análise definida para a aplicação do método de *TRM* proposto. Esta unidade é a de maior relevância em termos de faturamento para a empresa em questão e é também a unidade em que atua o pesquisador autor da dissertação. A empresa pode ser caracterizada como fabricante de máquinas e equipamentos, ramo de bens-de-capital, no estado de São Paulo. As máquinas-ferramenta são máquinas e equipamentos para trabalhar metal por arranque de cavacos, em especial centros de torneamento, tornos CNC e centros de usinagem.

A coleta de dados foi feita através de combinação de técnicas com o objetivo de favorecer a validação da pesquisa, conforme indicação de Woodside e Wilson (2003). Três técnicas foram empregadas nesta fase: observação participante do pesquisador, sondagens através de questionamentos dos participantes quanto à explicações e interpretações dos dados operacionais e análise de documentos escritos.

4.2.2. COLETAR DADOS

Os dados foram coletados por meio de observação das equipes de trabalho durante a aplicação do método de *TRM* proposto nessa dissertação – dados primários e advindos de documentação – e dados secundários. O relatório foi feito pelo pesquisador.

Um registro individual de cada fase da pesquisa foi feito em formulário de registro da pesquisa, como visto na Quadro 21, com o objetivo de atuar no quesito monitoramento da implementação do método proposto, conforme detalhamento no Quadro 25.

QUADRO 25 – FORMULÁRIO DE REGISTRO DE PESQUISA.

FORMULÁRIO DE REGISTRO DE PESQUISA					
Assunto:			Data:		
Local:			Horário:		
Participantes: acrescentar "X" para pessoas não presentes					
Nome	Setor		Nome	Setor	

CLASSIFICAÇÃO				
() Insatisfatório () Regular () Satisfatório				
FASE DO MÉTODO				
SUGESTÕES E CRÍTICAS DOS PARTICIPANTES				
COMENTÁRIOS E APRENDIZADO				

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Um aspecto relevante do registro de pesquisa é o de identificar campo para comentários e indicar o aprendizado de cada reunião, se existir, com vistas a melhorar o processo.

4.2.3. ANALISAR DADOS E PLANEJAR AÇÕES

A equipe gerou análises detalhadas, registradas pelo pesquisador, sobre as atividades do método proposto.

Este ciclo de melhoria, com indicação de plano de ação quando necessário, é uma forma de adequação do método proposto durante sua aplicação e uma forma de propor mudanças que poderão beneficiar as fases do método e os resultados esperados pela organização.

O plano de ação terá ações relativas à empresa – os quais estarão alinhadas com os resultados da implementação do método naquele momento para a organização e ações relativas ao pesquisador – os quais se referem às ações de melhoria do método proposto. Estas últimas deverão ser encaminhadas para solução no prazo estipulado pela empresa ou, se solucionadas até o final da última etapa da pesquisa-ação, poderão ser alvo de análises dentro desta pesquisa.

4.2.4. IMPLEMENTAR AÇÕES

Esta etapa trata da implementação das ações definidas nos planos de ação de cada análise. Foram traçadas, quando necessárias, ações para a melhora da pesquisa e do método, e para a empresa alvo da aplicação (as ações dadas a empresa não serão alvo de avaliação até o final da implementação deste projeto). O método proposto poderá ser evidenciado pelos registros das ações implementadas.

4.2.5. AVALIAR RESULTADOS E GERAR RELATÓRIO

Após a implementação das ações, os resultados foram avaliados concluindo-se sobre a solução do problema, em relatório final. Lacunas e propostas de trabalhos futuros foram citadas.

A avaliação final teve como elemento principal o atingimento dos objetivos da pesquisa, descritos no Capítulo 1. O relatório final envolve, portanto, uma reflexão sobre os resultados, tendo ainda uma importância quanto à crítica para revisão do processo com foco em prover um aprendizado para beneficiar uma próxima aplicação do método.

Como é importante gerar uma narrativa da pesquisa realizada e devido, neste caso, a sua natureza cíclica, podendo gerar dificuldades para a finalização da narrativa, será feita uma redução dos dados com foco em prepará-los para apresentação e facilitar discussões e análises posteriores. Um quadro resumo – Quadro 26 – foi proposto com detalhes de cada etapa da pesquisa-ação, com informações resumidas.

QUADRO 26 – QUADRO RESUMO DA PESQUISA-AÇÃO.

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

4.2.6. MONITORAMENTO

O monitoramento como considerado por Coughlan e Coughlan (2002) é uma meta-etapa que ocorre através de todos os ciclos ou etapas de uma pesquisa-ação. Cada etapa leva a outra etapa e assim o planejamento contínuo, a implementação e a avaliação acontecem durante o tempo.

O monitoramento se deu através de reuniões no grupo de trabalho e envolvem mudanças e aprendizagem sobre o processo em discussão, objetivando um alinhamento entre os participantes quanto aos objetivos a serem alcançados e como isto está sendo. O grupo de trabalho esteve focado nos resultados práticos do processo e o pesquisador, além do interesse nos resultados práticos, também monitorou o processo de aprendizagem.

4.3. FASE 3 – ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

Nesta fase, foram analisados e interpretados os dados que foram reunidos e tabulados no estudo. A análise foi feita para verificar quanto ao atendimento dos objetivos da pesquisa e para comparar e confrontar dados e provas com o objetivo de confirmar ou rejeitar os pressupostos da pesquisa.

A validade dos resultados é uma preocupação relevante em uma pesquisa-ação. Coughlan e Coughlan (2002) identificaram que a principal ameaça à validade dos resultados de uma pesquisa-ação é a imparcialidade da parte do pesquisador, pois como este está empenhado em detalhar a situação, é necessário considerar a extensão na qual a representação é válida sobre o que acontece e em como isto é entendido, sem que a descrição seja tendenciosa. Para Eden e Huxham (1996), um complicador na pesquisa-ação é a complexidade e pressão dos cenários no mundo real.

5. RESULTADOS

Descreve-se neste capítulo a resultados da aplicação através de pesquisa-ação do método de *TRM* proposto em uma empresa industrial, fabricante de bens-de-capital (máquinas e equipamentos), de capital brasileiro, situada no estado de São Paulo.

Apresenta-se o perfil da empresa e da unidade de análise, detalha-se a aplicação do modelo de *TRM* e, finalmente, discute-se os resultados comparativamente aos objetivos da dissertação.

5.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMÁTICO DE *TRM* – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA-AÇÃO

5.1.1. DEFINIÇÃO DE CONTEXTO E PROPÓSITO DO MÉTODO DE *TRM*

O resultado da análise da literatura evidenciou as lacunas e a relevância do tema. A sustentabilidade do processo de *TRM* dentro de uma organização é uma lacuna, e esta dissertação criará um processo interno na organização quanto à execução do processo de *TRM*. A exploração de tecnologias em setores específicos, tal como o ramo de bens-de-capital, é também uma lacuna citada na literatura, assim como o suporte de técnicas visuais na confecção do *TRM*, atingida neste trabalho com o uso dos *workshops* com exemplos de peças.

A empresa desenvolvedora de máquinas e equipamentos historicamente reúne as informações de produtos a serem desenvolvidos em um Plano Diretor de Produtos, que recentemente (a partir de 2015) passou a conter também uma parte do que se passou a chamar de Plano Diretor de Tecnologias. Esta iniciativa colocou em evidência as tecnologias que estão em desenvolvimento na organização e mostrou as lacunas de tecnologias que deveriam ser preenchidas com uma prospecção mais direcionada e metódica.

Com o objetivo de manter a liderança tecnológica nos mercados de atuação e desenvolver um processo metódico, com bases científicas, para prospecção das

tecnologias a serem desenvolvidas, a empresa, através do pesquisador autor desta dissertação, procurou desenvolver um processo que fosse direcionado com as necessidades relacionadas ao tema e autorizou que se aplicasse um novo método de *TRM* que pudesse ser incorporado aos seus processos internos.

O modelo de *TRM* inicialmente proposto nesta dissertação adicionava ao modelo de inicialização rápida de *TRM* proposto por Phaal *et al.* (2000) os elementos alinhados com a especificidade do ramo de atuação de bens-de-capital definidos na etapa chamada de Definir oportunidade futura, conforme Figura 11, na qual as sub-etapas Peças, Novas formas de produção e Novos modelos de negócios eram as únicas sub-etapas novas ao modelo de inicialização rápida. Estas já eram consideradas contribuições à teoria de *TRM*.

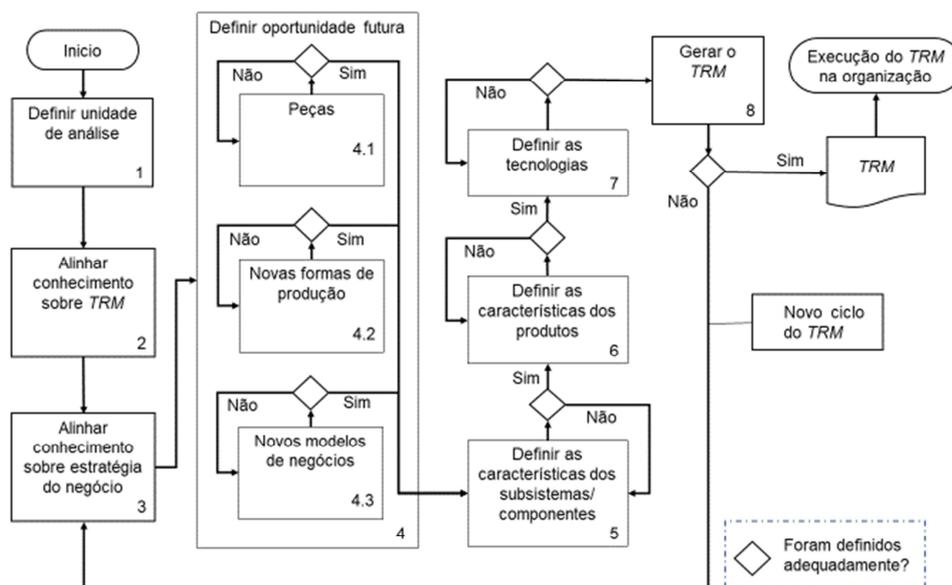


FIGURA 11 - PRIMEIRO MÉTODO DE *TRM* PROPOSTO.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR

Ocorre que nos *workshops* iniciais de Alinhamento do conhecimento estratégico do negócio, surgiu claramente um desejo da alta direção em também se discutir tecnologias disruptivas que pudessem contribuir na discussão das tecnologias concorrenciais. De fato, o modelo referencial – inicialização rápida de *TRM* de Phaal *et al.* (2000), pode ser considerado um modelo de identificação de entradas no *TRM* baseado no desenvolvimento de tecnologia em áreas estáveis, nas quais

ferramentas de previsão de tecnologias tradicionais são usadas quando se precisa extrapolar para o futuro tecnologias atuais ou passadas.

Uma releitura da literatura de *TRM*, detalhada no Capítulo 2 e 4.1. desta dissertação, mostrou estudos relacionados às tecnologias disruptivas. Uma combinação de técnicas para previsão de tecnologias estáveis e disruptivas foi proposta e enriqueceu o modelo de *TRM* proposto, conforme Figura 12, com a inserção da sub-etapa Subsistemas para disrupção, na etapa Definir oportunidade futura.

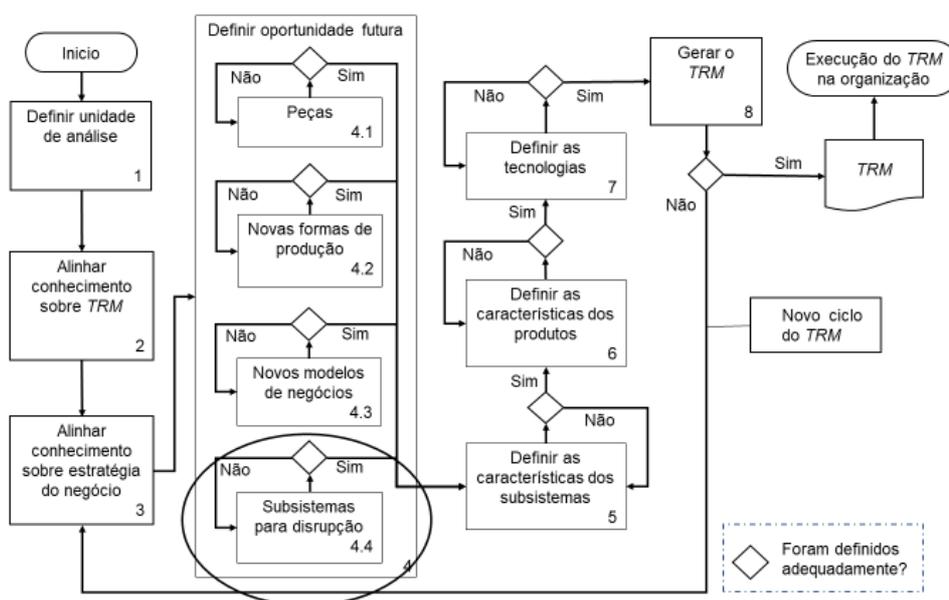


FIGURA 12 - MÉTODO DE TRM PROPOSTO – INSERÇÃO DA ETAPA SUBSISTEMAS PARA DISRUPÇÃO.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

A etapa Subsistemas para disrupção, detalhada no Capítulo 2, envolveu *workshops* conforme metodologia proposta por Vojak e Chambers, (2004).

O método de *TRM* proposto, tem então a função de auxiliar as organizações a criarem uma solução à situação de um processo de *TRM* ineficaz ou à inexistência deste processo, alinhado com a necessidade de reuso de tecnologias, está claramente justificado e merece estudo e propostas de aplicação consistentes. Os objetivos desta dissertação: a proposição de uma sistemática para processo de *TRM* em organização do ramo de bens-de-capital que permita a utilização eficiente de novas tecnologias.

5.1.2. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISES PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE *TRM*

A unidade de análise para a aplicação do modelo de *TRM* foi a unidade de Máquinas-Ferramenta da empresa em questão. Esta unidade de negócios é a principal da empresa em termos de resultados financeiros. O tipo de produto, Máquinas-ferramenta, é um produto que contém muita tecnologia embarcada e, portanto, dependente de novas tecnologias para ser bem-sucedido no mercado concorrencial em que está inserido.

No Quadro 27 tem-se um resumo das principais informações relacionadas ao tamanho da empresa e da unidade de análise e aplicação do método de *TRM*. A aplicação no ramo de atividade de Máquinas-ferramenta se justifica pela importância da área de negócios para a organização.

QUADRO 27 – INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA

Ramo de atividade	Faturamento Líquido (R\$ milhões, 2017)		Número de funcionários	
	Empresa	Unidade de Negócios MF	Empresa	Unidade de Negócios MF
Máquinas-Ferramenta - MF	672,9	220,0	~1.700	~600
Máquinas para plásticos - MP		72,6		
Peças Fundidas e Usinadas		214,3		
Máquinas especiais		166,0		

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

5.1.3. COLETA DE DADOS

As formas de coleta de dados das fases do modelo de *TRM* proposto são individualizadas para cada tipo de informação e importância para o estudo, pois em algumas delas as informações são qualitativas e outras quantitativas e dados deverão ser interpretados. As formas estão mostradas no Quadro 28.

QUADRO 28 – FORMAS DE COLETA DE DADOS.

Etapa	Atividades do método proposto	Dados a serem obtidos	Observação	Sondagens por questionamentos	Interpretação de dados	Análise de documentos
1	Definir unidade de análise	Alternativas de unidades de análise	X	X		
		Relevância com relação a outras unidades		X	X	
		Delimitação da abrangência	X	X		
2	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>	Entendimento da conceituação	X			
		Entendimento da fase em que se insere	X	X		
3	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio	Diretrizes de estratégia da unidade de negócios		X	X	X
		Indicadores relacionados com o estudo		X	X	X
4	Definir oportunidade futura	N.A.				
4.1	Definir oportunidade futura – Peças	Alinhamento com a discussão	X	X	X	X
		Contribuição do participante	X	X	X	X
4.2	Definir oportunidade futura - Novas formas de produção	Alinhamento com a discussão	X	X	X	X
		Contribuição do participante	X	X	X	
4.3	Definir oportunidade futura - Novos modelos de negócios	Alinhamento com a discussão	X	X	X	X
		Contribuição do participante	X	X	X	
4.4	Definir oportunidade futura - Subsistemas para disrupção	Alinhamento com a discussão	X	X	X	X
		Contribuição do participante	X	X	X	X
5	Definir as características dos subsistemas	Entendimento da conceituação	X		X	
		Alinhamento de prioridade	X	X	X	
6	Definir as características dos produtos	Entendimento da conceituação	X		X	
		Alinhamento de prioridade	X	X	X	
7	Definir as tecnologias	Entendimento da conceituação	X		X	X
		Alinhamento com a discussão	X	X	X	
8	Gerar o <i>TRM</i>	Entendimento da conceituação	X	X		
		Entendimento da vantagem visual	X			

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

A unidade de negócios de Máquinas-Ferramenta foi definida com a unidade de análise desta pesquisa devido a ser a unidade mais relevante para a empresa em termos de faturamento, a ter a melhor informação relacionada à prospecção de tecnologia dentre as unidades e por ser a referência em tecnologias que poderão ser reusadas nas demais unidades, já que o tipo de máquinas produzidos por essa unidade tem um nível mais avançado de tecnologias que podem ser usadas transversalmente na organização. O fato deste pesquisador ser parte da unidade de negócios de Máquinas-Ferramenta também foi preponderante na escolha.

O Alinhamento do conhecimento foi feito por meio de treinamento presencial da equipe de trabalho e envolveu a apresentação de teoria relacionada com *TRM*, com ênfase nos resultados que se pode esperar de um *TRM* executado em uma organização. O conteúdo foi absorvido e notou-se que as pessoas presentes puderam relacionar casos de sucesso ou insucesso na organização se colocados na perspectiva de um *TRM*. É importante ressaltar que o processo de *TRM* não estava implementado na organização. Foram apresentados também exemplos de *TRM*'s de outras empresas, com focos diversos. Ressaltou-se o aspecto visual que auxilia no entendimento do desenvolvimento das tecnologias na linha do tempo e a fase do desenvolvimento de produtos em que tal processo se insere.

O conhecimento sobre estratégia do negócio tem papel relevante no início das discussões pois a equipe de trabalho tem a oportunidade de nivelar seu conhecimento e atuar de forma mais segura nos *workshops* que se seguem. Nessa ocasião é importante a participação efetiva da alta direção compartilhando as informações de estratégia de produtos e lançamento novos produtos e a relação com os indicadores financeiros da organização. Nesta aplicação do *TRM*, quanto ao alinhamento de informações estratégicas do negócio, houve a participação de dois diretores da alta direção: o diretor da unidade de negócios de Máquinas-Ferramenta – responsável pela área de vendas e engenharia, e o diretor industrial – responsável por todas as áreas de produção e métodos e processos. Um alinhamento importante foi feito quanto aos clientes e mercados alvos, mostrando à equipe de trabalho que se espera que o foco do processo de *TRM* seja fornecer aos clientes atuais da empresa produtos com melhor desempenho e, secundariamente, abrir novos mercados que não são atendidos pelos produtos atuais.

A grande contribuição desta dissertação está nas etapas de Definir oportunidade futura, as quais foram executadas em reuniões com apresentações de dados técnicos e de mercado com discussões e *brainstorming* em cada uma das sub-etapas.

Quanto à sub-etapa Definir oportunidade futura – Peças, houve a apresentação à equipe de trabalho do levantamento sobre a composição das peças (peças são as peças-obra, elementos que são fabricados utilizando-se dos produtos Máquinas-Ferramenta da empresa). O levantamento de informações pré-*workshop* foi realizado por especialistas em mercados (p. ex.: automotivo, óleo-e-gás, aeronáutico, eólico etc) e conteve informações sobre como estão sendo previstas essas peças no futuro (neste caso, o tempo futuro está relacionado a cada mercado e as informações que puderam ser apresentadas). Por exemplo, no *workshop* sobre peças automotivas, o levantamento de peças futuras levou em consideração que há uma tendência de uso maior de motores elétricos em detrimento aos motores à combustão, portanto neste *workshop* apresentou-se para discussão as diferentes peças que são utilizadas nos motores elétricos e quais seriam suas características entre outros assuntos – um grande fabricante mundial de automóveis mostra um crescimento muito relevante em ofertas de carros elétricos e híbridos (combustão + elétrico) em sua linha até 2025. Em outro exemplo, para as peças de aplicação aeronáutica, a tendência de aplicação de materiais compósitos ao invés de ligas metálicas irá influenciar muito seus processos de fabricação – em um prazo de oito anos haverá um aumento significativo de peças com novos tipos de compósitos.

Ainda quanto às informações da etapa de Peças, artigos e relatórios relacionados aos componentes e seus mercados foram considerados. Por exemplo, a análise sobre o impacto de veículos elétricos na indústria automotiva, do relatório *Creating the clean energy economy – Analysis of the Electric Vehicle Industry*, IEDC (2013), demonstra claramente que a tendência de maior participação de carros elétricos e híbridos no mercado automotivo é uma realidade e está em andamento. Outro exemplo para a etapa Peças, considerando também o mercado de peças para o ramo de energia eólica, há uma tendência de que as peças tenham maior tamanho, conforme GreentechMedia (2017), o que influenciou a discussão no *workshop*. Não é objetivo desta dissertação detalhar todos os artigos, estudos e notícias que

serviram como base nas discussões de conteúdo de cada etapa, mas é válido citar que os especialistas têm de se valer e trazer para discussões estas informações.

No *workshop* da etapa Definir oportunidade futura – Novas formas de produção, sub-etapa do modelo de *TRM* proposto, o foco foi em discutir quais são novas formas de produção relacionadas com os produtos e como formas diferentes de produção podem ser inseridas nos processos atuais, se houver ganhos. Após as discussões iniciais sobre as sub-etapas e o escopo de cada uma delas, na sub-etapa de Novas formas de produção, foi necessário fazer um ajuste no escopo e incluir também aos limitantes dos processos atuais, pois estes podem ser barreiras à produção de novas tecnologias.

A etapa Definir oportunidade futura – Novos modelos de negócios tem um escopo estratégico muito relevante, pois envolve discussão sobre possíveis alterações no modelo de negócios atual ou quanto ao risco de não se alterar o modelo de negócios e ficar ultrapassado no mercado concorrencial. A participação da alta direção é importante nessa etapa. É importante frisar que as discussões nos *workshops* estão relacionadas a situações hipotéticas, mas possíveis, que possam impactar nas tecnologias que serão desenvolvidas no *TRM*. No *workshop* Novos modelos de negócios desta dissertação houve a participação do diretor-presidente da organização, além dos especialistas em vendas e mercados. Entende-se que um ponto de grande importância na inserção desta etapa no processo é o fato de se poder discutir, a cada novo ciclo de *TRM*, se há novos modelos de negócios que possam impactar o modelo atual, e prever esse impacto nas tecnologias que serão inseridas no *TRM*. Dois direcionamentos relevantes foram percebidos nesse *workshop*, o primeiro se refere ao entendimento dos modelos de negócio atuais da organização comparativamente aos modelos de negócios que estão sendo praticados em mercados similares, a saber: modelo de venda direta versus modelo de produto como serviço. Copani *et al.* (2010), mostraram que a servitização no ramo de Máquinas-Ferramenta pode ser uma prioridade competitiva, mas que somente uma pequena parcela de empresas conseguiu alterar seu modelo de negócios com sucesso. O segundo direcionamento relevante está em se definir em quais circunstâncias um novo modelo de negócios é necessário para uma organização. Nestes casos, Johnson *et al.* (2008) sugerem que se articule o que faz

com que seu modelo de negócios seja eficiente, observar os sinais de que seu modelo precise de alterações e decidir quando reinventar seu modelo de negócios vale o esforço.

Quanto à etapa de Definir oportunidade futura – subsistema de disrupção, por se tratar de uma etapa na qual se insere um método específico de discussão, a equipe de trabalho foi estimulada a ler o artigo que apresenta a metodologia SAILS, pois conforme Vojak e Chambers (2004), este método auxilia a guiar a intuição visionária de especialistas sêniores, presentes no *workshop*. No *workshop* foi apresentado o método SAILS (*Standards, Architectures, Integration, Linkages, and Substitutions*), ou em tradução livre ao português: (normalização, arquiteturas, integração, ligações e substituições). Os subsistemas passíveis de disrupção foram escolhidos e as discussões direcionadas em seus cinco componentes executadas.

As oportunidades futuras foram definidas em suas sub-etapas e geraram material para os *workshops* de definição de características dos subsistemas produtos e tecnologias. Cada uma das definições de características foi executada em *workshops* específicos e a forma cíclica, conforme indicado na Figura 17, permitiu discussões até que as informações estivessem em condições de se passar à próxima etapa.

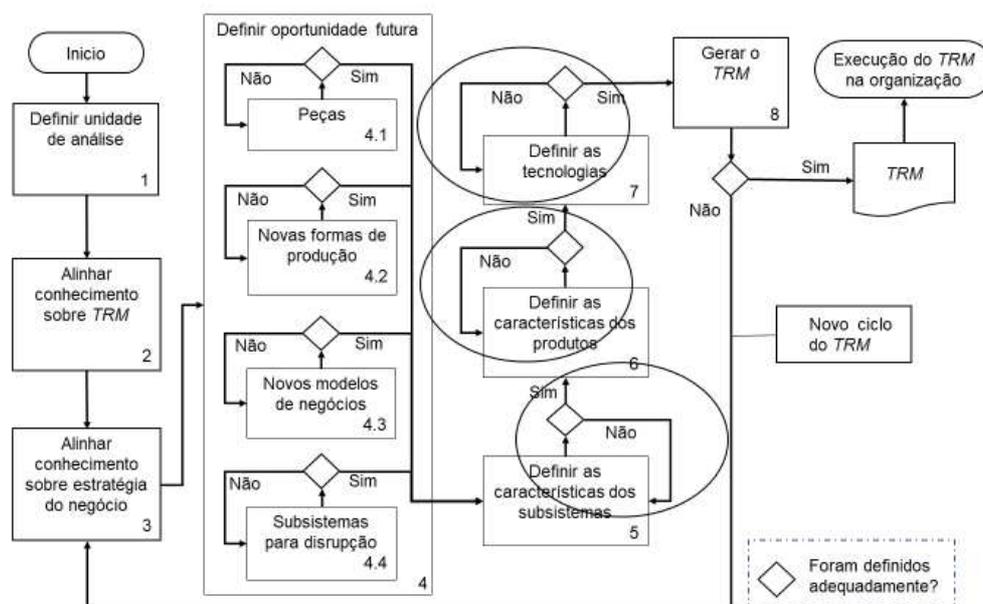


FIGURA 13 - MÉTODO DE TRM PROPOSTO – FORMA CÍCLICA DOS WORKSHOPS.

Fonte: ELABORADO PELO AUTOR.

A etapa de Definir oportunidade futura gerou oportunidades individuais que foram discutidas nos *workshops* subsequentes. Isto é, por exemplo, para uma oportunidade que tenha surgido na etapa de Definir oportunidade futura – Peças, procurou-se determinar quais seriam as características dos subsistemas, na sequência, para cada característica do subsistema, definiu-se uma característica no produto e para cada característica no produto uma tecnologia necessária foi definida.

5.1.4. ANALISAR DADOS E PLANEJAR AÇÕES

As tecnologias definidas foram então tabuladas, verificadas quanto à repetição e forma de apresentação e inseridas no *TRM*, juntamente com as informações de produtos, subsistemas e mercados.

As diversas etapas do modelo de *TRM* proposto e aplicado foram avaliadas a cada execução da etapa, conforme Quadro 29. E o *TRM* foi então gerado.

QUADRO 29 – ANÁLISE DO MÉTODO PROPOSTO.

Etapa	Atividades do método proposto	Análises
1	Definir unidade de análise	Dos indicadores relacionados aos produtos Dos indicadores relacionados à produção
2	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>	Dos conceitos principais aplicados ao contexto Da fase atual x esperada pré desenvolvimento de produtos
3	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio	Dos indicadores estratégicos da unidade Das informações da situação atual relacionada à tecnologia
4	Definir oportunidade futura	N.A.
4.1	Peças	Do histórico de mudança do perfil de peças para cada mercado Dos negócios perdidos por não atendimento aos requisitos
4.2	Novas formas de produção	Das formas concorrenciais de produção Das formas atuais nas outras unidades da organização Das formas não-concorrenciais de produção Da forma de produção em outra unidade física
4.3	Novos modelos de negócios	Dos modelos concorrenciais de negócios

		Dos modelos atuais de negócios nas outras unidades da organização
		Dos modelos não-concorrenciais de negócios
4.4	Subsistemas para disrupção	Da indicação dos subsistemas para disrupção
5	Definir as características dos subsistemas/componentes	Da forma de produção
		Do aspecto de intercambiabilidade
		Da interface para aplicação
6	Definir as características dos produtos	Do escopo de atuação da unidade
		Da posição nos mercados
		Da sobreposição
		Da complementabilidade do portfólio
7	Identificar as tecnologias	Da competência de fabricação
		Da escalabilidade
		Da dependência de terceiros
		Do nível concorrencial em que se espera chegar
8	Gerar o <i>TRM</i>	Da usabilidade
		Do dinamismo de atualização

FORTE: ELABORADO PELO AUTOR.

A planilha de registro das características F-03 auxiliou as equipes com os registros das características em cada uma das fases de definição. Esta pode ser vista no Quadro 30, com alguns dos registros para exemplificação, mas citando exemplos reais obtidos na aplicação, que auxiliaram na execução do *TRM*.

QUADRO 30 – PLANILHA DE REGISTRO DAS CARACTERÍSTICAS.

4. Definir oportunidade futura			5. Definir características dos subsistemas	6. Definir as características dos produtos	7. Definir as tecnologias
Etapa	Descrição da etapa	Caract.	Caract.	Caract.	Tecnol.
4.1.	Peças	Junções de operações	Maior veloc. de processamento	Maior capacidade do CNC	CNC classe 5 eixos simultâneos
4.1.	Peças	Menor nº. de fixações	Fixação rígida	Monitoramento da fixação	Sensor para monit. na fixação
...
4.2.	Novas formas de produção	Facilidade de <i>setup</i>	<i>Preset</i> automático	Permitir <i>preset</i> no carregamento	<i>Preset</i> externo

4.2.	Novas formas de produção	Ambiente com temp. não controlada	Estabilidade térmica	Compensação térmica	Algoritmo para compensação térmica
...
4.3.	Novos modelos de negócios	Compartilhamento	Informação sobre <i>status</i>	Conectividade	<i>HW e SW</i> para conectividade
4.3.	Novos modelos de negócios	Compartilhamento	Documentação disponível	Conectividade	<i>HW e SW</i> para conectividade
...
4.4.	Subsistemas para disrupção	N.A.	Alta rigidez na fixação	Capacidade de remoção de material	Disco BMT
4.4.	Subsistemas para disrupção	N.A.	Vidro resistente	Capacidade para tornear	Absorção de impacto

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Durante o *workshop* da etapa de Gerar o TRM, foram debatidos aspectos de ligações entre as tecnologias e os produtos (algumas tecnologias poderiam ser implementadas em alguns produtos em tempos diferentes, ou já estariam disponíveis em produtos atuais, ou mesmo não fariam sentido para alguns), levando a equipe a formar o *TRM*, conforme pode-se ver na Figura 14.



FIGURA 14 – ETAPA DE GERAR O TRM EM ANDAMENTO.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Uma visão do *TRM* a ser implementado na organização, após as correções na etapa 8, Gerar o *TRM*, e base para um novo *TRM* melhorado no próximo ciclo de aplicação pode ser vista na Figura 15 na qual o aspecto visual e sua relação com o eixo do tempo, aliado com as informações de dependência entre as tecnologias, subsistemas e produtos, permite uma visão geral das tecnologias a serem desenvolvidas, como resultado de todo um procedimento para se chegar a elas.

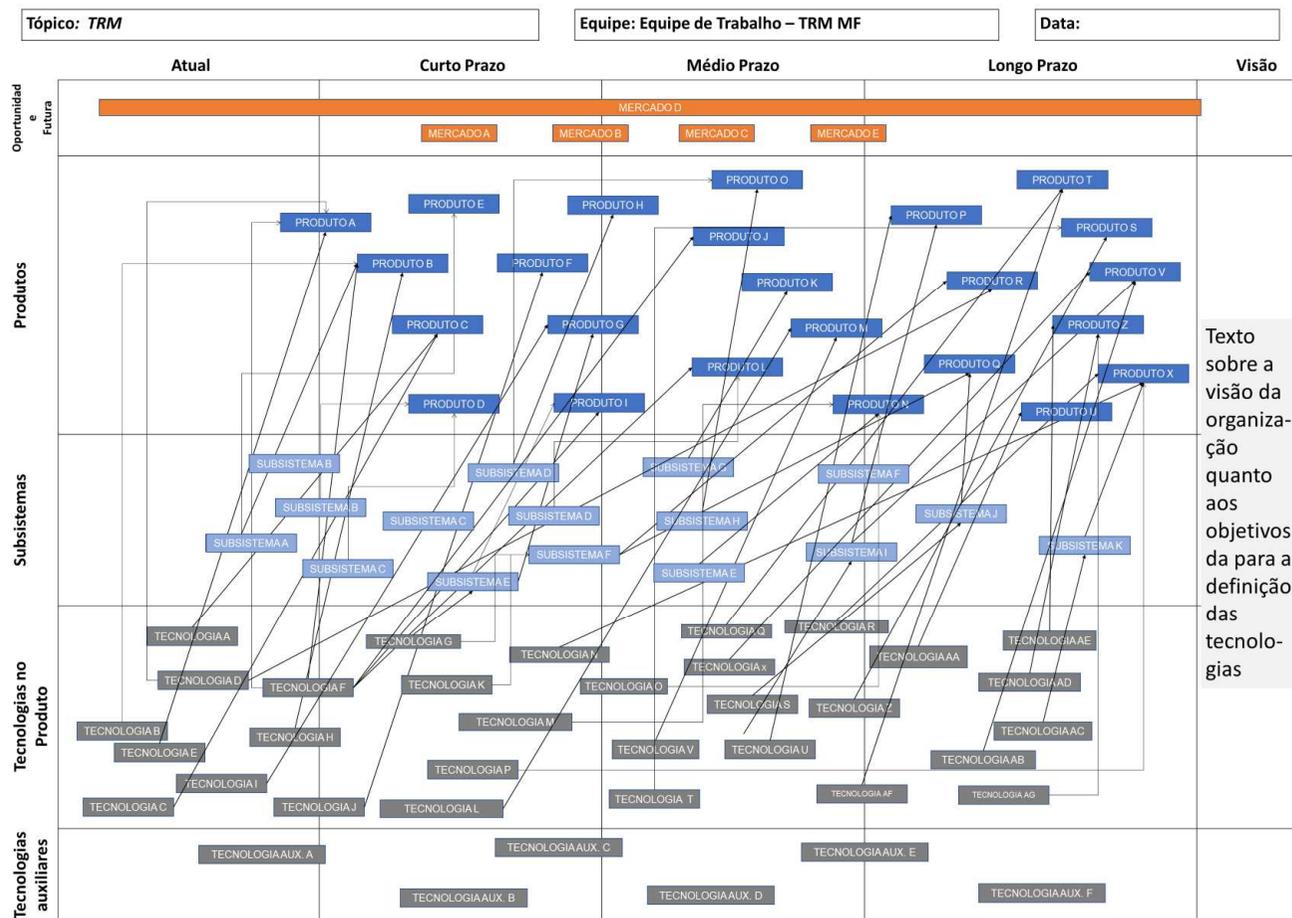


FIGURA 15 – EXEMPLO DO TRM FINALIZADO EM IMPLEMENTAÇÃO NA ORGANIZAÇÃO.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

5.1.5. SÍNTESE DA PESQUISA-AÇÃO

Um modelo de TRM para organizações de bens-de-capital foi desenvolvido, com base em modelos existentes, e com contribuição do pesquisador. Este modelo foi implementado em uma empresa brasileira fabricante de máquinas e equipamentos de grande porte, no ramo de bens-de-capital através de pesquisa-ação.

Como parte do método e para preparação das 11 etapas do fluxograma do método foram criados roteiros e formulários com base em literatura para realização de treinamento e alinhamento de conceitos e informações da organização nas etapas iniciais. Uma atenção especial foi tomada para que a presença de especialistas nas diversas etapas fosse condizente com os resultados que se esperava de cada uma delas.

O modelo de TRM proposto foi aplicado e as etapas foram avaliadas conforme os critérios estabelecidos na pesquisa ação, conforme visto no Quadro 26. Como forma de apresentação dos resultados criou-se uma síntese da aplicação mostrada no Quadro 31, que permite verificar a avaliação sobre cada etapa e obter informações de melhoria e aprendizagem por etapa e que foi utilizada na revisão do procedimento como um todo.

QUADRO 31 – QUADRO-RESUMO DA PESQUISA-AÇÃO.

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
1	Definir unidade de análise	Dos indicadores relacionados aos produtos	Os dados referentes aos indicadores justificaram a escolha da unidade de análise para a implementação do <i>TRM</i> .	<p><u>Aprendizado 1</u>: a parte introdutória, a qual contempla as etapas 1, 2 e 3, tem papel fundamental no alinhamento dos objetivos do <i>TRM</i> para a organização. Nestas etapas a participação da direção é fundamental.</p> <p><u>Oportunidade de melhoria 1</u>: os treinamentos podem dar melhor resultado ao se agrupar diferentes tipos de profissional, dando um caráter mais avançado no conteúdo ministrado, p. ex.: engenharia, vendas, produção.</p>
		Dos indicadores relacionados à produção		
2	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>	Dos conceitos principais aplicados ao contexto	O conhecimento sobre o assunto foi levado à equipe de trabalho de forma assertiva, resultado em uma ótima base para início dos <i>workshops</i> .	
		Da fase atual x esperada pré desenvolvimento de produtos		
3	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio	Dos indicadores estratégicos da unidade	O nível de conhecimento da equipe sobre os indicadores foi melhorado, justificando o propósito da aplicação do método na unidade de análise.	
		Das informações da situação atual relacionada à tecnologia		

Continua na próxima página

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
4	Definir oportunidade futura			
4.1	Peças	Do histórico de mudança do perfil de peças para cada mercado	Vasto material para apresentação e discussão foi apresentado, o que contribuiu muito para a execução deste <i>workshop</i> .	<p><u>Aprendizado 2:</u> o resultado de cada <i>workshop</i> das sub-etapas da etapa 4 deve ser almejado para ser obtido com os mesmos participantes, caso haja mais de um encontro para cada sub-etapa. O ideal é obter o resultado em um único <i>workshop</i>. Isto se dá devido à dinâmica das discussões ficar comprometida com interrupções.</p> <p><u>Aprendizado 3:</u> a influência de novas formas de produção e novos modelos de negócios no resultado dos <i>workshops</i> é muito difícil de se entender no início das discussões, portanto um grande facilitador é trazer informações detalhadas do uso destas formas e modelos em outros negócios. Filmes curtos, artigos e relatos são indicados nos <i>workshops</i> 4.2 e 4.3.</p>
		Dos negócios perdidos por não atendimento aos requisitos	Não foi possível relacionar os negócios perdidos em valores/quantidade devido ao não atendimento de requisitos, pois estamos tratando de requisitos futuros. No entanto, parcialmente, pôde-se entender o impacto futuro nos negócios ao não se atentar às alterações nos requisitos das peças.	
4.2	Novas formas de produção	Da forma de produção em outra unidade física	Formas de produção foram apresentadas e comentadas atendendo ao escopo deste <i>workshop</i> . A experiência de especialistas em visitas a outras empresas foi muito relevante neste ponto.	<p style="text-align: right;"><i>Continua na próxima página</i></p>

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
4.3	Novos modelos de negócios	Dos modelos concorrenciais de negócios Dos modelos atuais de negócios nas outras unidades da organização Dos modelos não-concorrenciais de negócios	Novos modelos de negócios são difíceis de se incorporar a organizações de ramos tradicionais, no entanto este <i>workshop</i> auxiliou dando informações do que poderá ser necessário no futuro em termos de modelos de negócios.	<p><u>Oportunidade de melhoria 2:</u> foi criado a etapa 4.4. subsistemas para disrupção, na qual o resultado esperado é a indicação dos subsistemas. Os 5 elementos de discussão do método SAILS podem ser discutidos posteriormente, pois eles são a forma sistemática para disrupção dos subsistemas.</p> <p><u>Aprendizado 4:</u> a experiência dos participantes, isto é, a vivência em projeto de subsistemas ou conhecimento dos conceitos técnicos relacionados aos subsistemas é fundamental no <i>workshop</i> da etapa 5.</p>
4.4	Subsistemas para disrupção	Da indicação dos subsistemas para disrupção	Este <i>workshop</i> foi inserido durante o andamento do estudo e se mostrou de grande importância e fácil assimilação no método de <i>TRM</i> proposto. A identificação dos subsistemas passíveis de disrupção é o fator mais relevante obtido neste <i>workshop</i> .	
5	Definir as características dos subsistemas	Da forma de produção Do aspecto de intercambiabilidade Da interface para aplicação	Neste <i>workshop</i> foi muito importante a participação de especialistas nos subsistemas, que em tese poderiam ser fabricados internamente como alternativa à aquisição atual.	

Continua na próxima página

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
6	Definir as características dos produtos	Do escopo de atuação da unidade Da posição nos mercados Da sobreposição Da complementaridade do portfólio	Conhecimento sobre as características principais dos produtos concorrenciais - obtidos com a presença de pessoal da equipe de vendas, e conhecimento das possibilidades de unificação e modularização dos produtos - obtidos com a presença de pessoas de desenvolvimento foram complementares e adequadas.	<p><u>Aprendizado 5</u>: no <i>workshop</i> da etapa 6 é importante descrever as características dos produtos em termos comuns a estes, para que se possa comparar com características comerciais dos concorrentes e/ou dos próprios produtos existentes.</p>
7	Identificar as tecnologias	Da competência de fabricação Da escalabilidade Da dependência de terceiros Do nível concorrencial em que se espera chegar	Foram necessários quatro encontros para definição final das tecnologias. Um ponto importante quanto a este <i>workshop</i> é a possibilidade de rever os dados originais dos <i>workshops</i> anteriores, para uma adequação completa da nomenclatura das tecnologias.	<p><u>Aprendizado 6</u>: a nomenclatura das tecnologias é de grande importância no resultado final</p> <p><u>Aprendizado 7</u>: Na etapa 7, identificar as tecnologias, objetiva-se chegar às tecnologias a partir das características das outras etapas, portanto há tecnologias que contemplam várias características até então definidas.</p> <p style="text-align: right;"><i>Continua na próxima página</i></p>

Etapa	Atividades do método proposto	Escopo da avaliação	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
8	Gerar o <i>TRM</i>	Da usabilidade	<p>Todo o processo resulta no <i>TRM</i> e o resultado final foi muito elogiado pela equipe. A dinâmica colaborativa ajudou no preenchimento do <i>TRM</i>.</p>	<p><u>Aprendizado 8</u>: a formação do <i>TRM</i> requer que sejam interligadas as tecnologias com os produtos e subsistemas. Algumas tecnologias não puderam ser ligadas diretamente aos produtos, pois auxiliares a todos os produtos, portanto optou-se por dividir as tecnologias em auxiliares e nos produtos.</p> <p><u>Aprendizado 9</u>: a primeira execução do <i>TRM</i> gera um documento muito "poluído", de difícil leitura devido ao tamanho dos bilhetes com os nomes das tecnologias e produtos. Ao se passar a limpo, uma nova versão merece um realinhamento com a equipe para reposicionamento dos itens.</p> <p><u>Aprendizado 10</u>: deve-se deixar aberto para novas contribuições de tecnologias, que surgem ao se olhar o "todo" neste <i>workshop</i>. Isto ocorreu e algumas tecnologias foram incorporadas na etapa 8, posteriormente inseridas na documentação da etapa 7.</p>
		Do dinamismo de atualização		

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO SISTEMÁTICO DE *TRM*

Um portfólio relevante de artigos relacionados ao tema de *TRM* foi obtido através de pesquisa em base de dados ISI *Web of Science*. Este portfólio de artigos contribuiu na medida em que possibilitou ao pesquisador verificar artigos de boa reputação, pois são citados em muitos outros artigos que pesquisam o tema.

Uma análise de conteúdo dos principais artigos auxiliou o direcionamento de pesquisas futuras e mostrou o que já foi obtido pelos autores nestes artigos. A avaliação das palavras-chave permitiu uma visão inicial da ligação entre palavras e como elas estão conectadas em portfólio de artigos concentrados no tema de *TRM* alinhado com estratégia, baseado em modelos. As palavras relacionadas a modelos inseridas na pesquisa permitiram mostrar ainda mais um portfólio focado em artigos que de alguma forma buscam ou propõem modelos *TRM* alinhado com estratégia, permitindo pesquisar como estes modelos são propostos e podem melhorar desempenho em *TRM*.

Os *Clusters* de co-citação de autores permitiram, por sua vez, análises em que autores são citados juntamente em um mesmo artigo, levando informação ao pesquisador em quais seriam as afinidades de pesquisa de autores relevantes no tema permitindo um aprofundamento a partir dessa análise. A análise dos *clusters* de autores permitiu conhecer áreas de pesquisa e lacunas indicadas por pesquisadores autores de artigos bem-conceituados. As pesquisas da área de *TRM* especificamente carecem de mais pesquisas empíricas e focadas em indústrias de áreas e tamanhos diversas.

Os modelos de *TRM* aplicados em diversos casos foram mostrados e comentados com o objetivo de elencar diferentes vertentes da aplicação de *TRM* nos diversos estudos publicados, ajudando a direcionar pesquisa futura, bem como aplicação direcionada como a desta dissertação.

Foi então proposto um modelo de *TRM* específico a partir do levantamento teórico citado. Esse modelo de *TRM* foi aplicado em uma empresa, gerando alterações quanto à proposição inicial, conforme o aprendizado da aplicação em si. Os aprendizados que moldaram o modelo de *TRM* foram:

- A etapa 2, Alinhar conhecimento sobre *TRM*, teve efeito muito positivo sobre a equipe de trabalho, fazendo com que os *workshops* fossem produtivos. Sempre que, dentro de um *workshop* de definição de oportunidade futura, havia algum distanciamento sobre a direção das discussões, facilmente se podia colocar a equipe de trabalho novamente no foco dos objetivos do trabalho, ao retomar os conceitos de *TRM*.
- O desejo de se considerar também aspectos disruptivos na elaboração do *TRM* fez com que a etapa Definir oportunidade futura – subsistemas para disrupção fosse criada. Com base na pesquisa bibliométrica da dissertação, detalhada no Capítulo 2, os artigos alinhados com conceitos de disrupção foram tomados como referência e o método *SAILS* foi aplicado nesta etapa;
- A característica cíclica dos *workshops* permitiu que ciclos de melhoria no processo fossem executadas em cada uma das etapas cíclicas, i.e., da etapa 4 e suas sub-etapas, à etapa 7. Fazendo com que a equipe gerasse resultados satisfatórios a cada etapa realizada;
- Na etapa 8, Gerar o *TRM*, a equipe de trabalho propôs a divisão das tecnologias naquelas que seriam incorporadas aos produtos e naquelas que seriam auxiliares, mas ainda assim necessárias. Esta proposta tem a função de facilitar o *workshop* final, no qual há muitas tecnologias dependentes de conhecimentos que serão ainda desenvolvidos nas tecnologias auxiliares. As tecnologias auxiliares são aquelas que serão incorporadas à equipe de execução dos projetos de tecnologias que serão incorporadas aos produtos como pré-requisitos para que estas sejam desenvolvidas. Um *TRM* com a divisão de tecnologias pode ser visto na Figura 16.

Tópico:		Equipe:			Data:	
		Atual	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo	Visão
Oportuni- dade Futura						
Produtos						
Subsistemas						
Tecnologias no Produto						
Tecnologias auxiliares						

FIGURA 16 –TRM COM DIVISÃO SUGERIDA PARA AS TECNOLOGIAS.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Os objetivos foram atendidos, pois um modelo de *TRM* adequado a organizações do ramo de bens-de-capital foi proposto e sua aplicação em uma organização fabricante de máquinas e equipamentos foi bem-sucedida.

No Quadro 32 estão sumarizadas as contribuições específicas em cada etapa do método sistematizado criado e aplicado em uma organização de bens-de-capital.

QUADRO 32 – SUMÁRIO DAS CONTRIBUIÇÕES EM CADA ETAPA DO MÉTODO SISTEMATIZADO DE *TRM*.

Etapa	Descrição	Referências	Contribuição desta pesquisa
1	Definir unidade de análise	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.	N.A.
2	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>	O próprio autor.	Força o grupo de trabalho a conhecer a base teórica sobre <i>TRM</i> .

3	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.	N.A.
4	Definir oportunidade futura	O próprio autor, baseado na atividade Mercado, Phaal <i>et al.</i> , 2000.	A separação em sub-etapas permite uma estratégia de discussão mais produtiva em cada <i>workshop</i> específico.
4.1	Definir oportunidade futura - Peças	O próprio autor.	O aspecto visual permite ao grupo de trabalho avançar com discussões sobre as propriedades que formarão as necessidades de novas tecnologias.
4.2	Definir oportunidade futura - Novas formas de produção	O próprio autor.	Força o grupo de trabalho a discutir elementos que podem ser limitantes à fabricação dos produtos e que poderão delimitar a forma de uso de novas tecnologias.
4.3	Definir oportunidade futura - Novos modelos de negócios	O próprio autor.	Força o grupo de trabalho a discutir elementos que podem mudar dramaticamente sua forma de atuação e que poderão ensejar novas tecnologias.
4.4	Definir oportunidade futura - Subsistemas para disrupção	O próprio autor a partir de observações e do escopo do estudo de Vojak e Chambers, 2004	A combinação de tecnologias disruptivas e de áreas estáveis é inédita na literatura. Permite ao grupo de trabalho fomentar oportunidades de tecnologias disruptivas.
5	Definir as características dos subsistemas	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005	N.A.
6	Definir as características dos produtos	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.	N.A.
7	Definir as tecnologias	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.	N.A.
8	Gerar o <i>TRM</i>	Phaal <i>et al.</i> , 2000, 2005; Oliveira e Rozenfeld, 2010.	Durante este <i>workshop</i> houve a observação de que as tecnologias poderiam ser divididas naquelas que compõem os produtos e naquelas que são auxiliares.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

O método sistematizado de TRM proposto e aplicado em uma organização de bens-de-capital, fabricante de máquinas e equipamentos está mostrado na Figura 17, com todas as melhorias pós implementação.

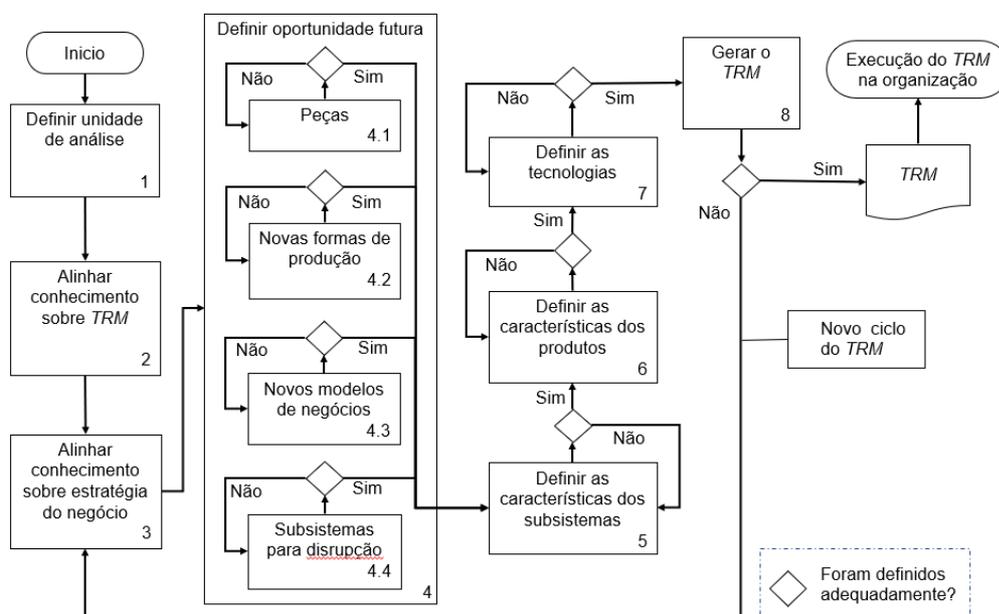


FIGURA 17 - MÉTODO SISTEMATIZADO DE TRM PROPOSTO – COMPLETO.

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

Os roteiros das etapas foram ajustados após a aplicação. Estes ajustes estão destacados no Quadro 33, sublinhados com (.....).

QUADRO 33 – ROTEIRO COMPLETO AJUSTADO DE TODAS AS ETAPAS DO MÉTODO DE TRM PROPOSTO.

Para todas as etapas do modelo de TRM as seguintes observações são comuns:	
1. Compor a equipe de trabalho com pelo menos 1 membro da direção;	
2. É recomendável incluir representantes de todas as áreas ou processos-chave da empresa (manufatura, produção e seu planejamento, vendas);	
3. A participação de pessoal responsável pelas operações-chave dos processos estrategicamente priorizados é mandatória.	
Etapa 01	Definir unidade de análise
Objetivo: Delimitar a abrangência da avaliação de todo o processo	

<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compor a equipe de decisão com pelo menos 2 membros da direção; 2. É recomendável incluir representantes de áreas funcionais que atuem transversalmente na organização; 3. Trata-se uma reunião em que se define a unidade de análise. Neste momento é importante mostrar a situação atual do planejamento das tecnologias e o impacto para a unidade quando não se tem uma forma estruturada de previsão das tecnologias. 	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estrutura organizacional; 2. Processos-chave da empresa; 3. Importância relativa da unidade de análise no grupo. 	
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião – F-01.</p>	
Etapa 02	Alinhar conhecimento sobre <i>TRM</i>
<p>Objetivo: Alinhar o conhecimento sobre <i>TRM</i> na equipe de trabalho</p>	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O alinhamento será feito através da realização de treinamento da equipe de trabalho, com duração necessária abrangendo os seguintes tópicos: <ol style="list-style-type: none"> a. Gerenciamento de Portfólio de Projetos e de Tecnologias; b. <i>TRM</i>; c. A importância da participação da alta direção no processo; d. Apresentação do método sistematizado de <i>TRM</i> proposto; 2. O tempo de treinamento deve ser suficiente para a discussão detalhada de cada um dos roteiros das etapas do método teórico proposto com os membros da equipe designada, realizar a explicação e gerar entendimento de um exemplo real e completo de aplicação do método; 3. Exemplos de <i>TRM</i>'s aplicados em outras organizações ou situações mostraram-se importantes pois fomentaram discussões sobre a forma de apresentação para a organização. 	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situação atual do plano diretor de produtos e de tecnologias; 2. Objetivos da empresa com o <i>TRM</i>. 	
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u> Ata de reunião-F-01 e comprovante de treinamento F-02</p>	
Etapa 03	Alinhar conhecimento sobre estratégia do negócio
<p>Objetivo: Estabelecer as diretrizes e alvos relacionados à unidade de análise</p>	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar a apresentação à equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos: <ol style="list-style-type: none"> a. Indicadores estratégicos da unidade de análise; b. Indicadores conjunturais e concorrenciais; c. A importância da participação da alta direção no processo. 2. O tempo de apresentação deve ser suficiente para a discussão detalhada da estratégia da unidade em análise; 3. O envolvimento da equipe de trabalho é fortalecido com o compartilhamento das informações estratégicas da unidade de análise e 	

do negócio. Deve-se poder mostrar um comparativo entre as situações no tempo.	
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Posição nos mercados; 2. Vendas perdidas; 3. Estrutura de custos; 4. Vantagens competitivas. 	
<u>Documentação de saída da Etapa:</u>	
Ata de reunião F-01.	
Etapa 04.1	Definir oportunidade futura - Peças
Objetivo: Conhecer as necessidades de peças que serão fabricadas nos produtos	
<p>Roteiro específico para execução da Etapa: Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação para a equipe: <ol style="list-style-type: none"> a. Peças pesquisadas: formas, tamanhos, funções, materiais de que são feitas, aplicação, tendência de uso, tendências de alteração conceitual no tempo, tamanhos de lotes etc; b. Informações concorrenciais relacionadas às peças: o que os concorrentes oferecem, como os fabricantes de peças atuam, como nossos clientes se posicionam no mercado, como nossos concorrentes oferecem seus produtos baseados nas peças etc 2. <u>Obter alinhamento de conhecimento dos participantes quanto às características das peças, tamanhos de lotes, locais em que poderão ser fabricadas, uso de materiais e obsolescência das peças;</u> 3. <u>Registrar as características que as peças apresentam em planilha para discussões que se seguirão nas próximas etapas;</u> 4. <u>É importante coordenar as discussões dentro do escopo das peças, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;</u> 5. <u>A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão;</u> 6. <u>A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas.</u> 	
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Peças e tipos de peças; 2. Materiais de que são feitas as peças; 3. Forma de apresentação dos produtos. 	
<u>Documentação de saída da Etapa:</u>	
Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.	
Etapa 04.2	Definir oportunidade futura – Novas Formas de Produção
Objetivo: Conhecer as novas formas de produção de produtos e analisar	

Roteiro para execução da Etapa:

Realizar o *workshop* com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:

1. Apresentação para a equipe:
 - c. Das formas de produção atuais na organização;
 - d. De outras formas de produção em organizações.
2. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto ao *status* atual das formas de produção utilizadas pela organização;
3. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto à novas formas de produção, não empregadas na organização;
4. Registrar as características que as formas de produção, tanto atuais como não utilizadas, moldam (ou moldariam) a produção dos produtos em planilha para discussões que se seguirão nas próximas etapas;
5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo das novas formas de produção, evitando que se ocorra um *brainstorming* muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;
6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente da etapa anterior, os elementos já planilhados da etapa 4.1 podem servir de base para adição de elementos nesta fase;
7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos *workshops*, as repetições serão eliminadas.

Informações a serem consideradas durante esta Etapa:

1. Formas atuais de produção na organização, incluindo processos únicos criados pela organização e gargalos de produção;
2. Formas de produção que podem ser utilizadas na organização, incluindo formas de produção utilizadas em outros tipos de indústria, resultados de *benchmarking* feitos em fornecedores e outros fabricantes.

Documentação de saída da Etapa:

Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.

Etapa 04.3	Definir oportunidade futura – Novos Modelos de Negócios
------------	---

Objetivo: Conhecer os novos modelos de negócios e analisar

Roteiro para execução da Etapa:

Realizar o *workshop* com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:

1. Apresentação para a equipe:
 - b. Modelos de negócio atuais da organização;
 - c. Modelos de negócios atuais no mercado – concorrencial;
 - d. Modelos de negócios atuais no mercado – outros tipos de empresas.
2. Obter alinhamento do conhecimento dos participantes quanto aos diversos modelos de negócios praticados nos mercados;
3. Registrar as características que os diversos modelos de negócio podem influenciar os produtos em planilha para discussões subsequentes;
4. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos novos

<p>modelos de negócios, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;</p>	
<p>5. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, os elementos já planejados das etapas 4.1 e 4.2 podem servir de base para adição de elementos nesta fase;</p>	
<p>6. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas.</p>	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Quais são os modelos de negócios da organização; 2. Quais são os modelos de negócios que podem ser utilizadas na organização. 	
<p><u>Documentação de saída da Etapa:</u></p>	
<p>Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>	
Etapa 04.4	Definir oportunidade futura – Subsistemas para Disrupção
<p>Objetivo: Definir os subsistemas para disrupção e suas características</p>	
<p>Roteiro para execução da Etapa:</p>	
<p>Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, abrangendo os seguintes tópicos:</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação para a equipe: <ol style="list-style-type: none"> b. Inovações incrementais x disruptivas c. Metodologia <i>SAILS</i> d. Vantagens das características disruptivas dos subsistemas 2. Obter um alinhamento da equipe quanto ao conhecimento sobre características disruptivas e a vantagem de se considerar esses subsistemas na análise do <i>TRM</i>; 3. Identificar quais são os subsistemas que fazem parte dos produtos e definir quais são os subsistemas passíveis de disrupção na análise. Este é o ponto mais importante da discussão. Uma equipe com experiência deverá indicar os subsistemas que teriam potencial para que tecnologias disruptivas possam alterá-lo de forma a beneficiar os produtos; 4. Aplicar metodologia <i>SAILS</i> nos sistemas definidos para análise disruptiva e registrar as características que podem influenciar nos produtos em planilha para discussões subsequentes; 5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos subsistemas para disrupção, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa; 6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão; 7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas; 8. A planilha F-04 gera informações que devem ser transpostas na planilha 	

<u>F-03, para as discussões subsequentes. Portanto, a planilha F-04 é um meio de preencher as características disruptivas a serem transportadas para a planilha F-03 nas discussões subsequentes.</u>	
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u>	
1. Metodologia <i>SAILS</i>	
<u>Documentação de saída da Etapa:</u>	
Ata de reunião F-01, planilha de registro das características F-03 e planilha de registro das características disruptivas F-04.	
Etapa 05	Definir as características dos subsistemas
Objetivo: Definir características dos subsistemas	
Roteiro para execução da Etapa:	
<ol style="list-style-type: none"> Os <i>workshops</i> desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03; O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa. <u>Identificar na planilha F-03 as características dos subsistemas baseando-se no <i>input</i> das características das oportunidades futuras registradas na mesma planilha;</u> <u>Registrar as características que os subsistemas podem influenciar os produtos em planilha para discussões subsequentes;</u> <u>É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos subsistemas, evitando que se ocorra um <i>brainstorming</i> muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;</u> <u>A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase;</u> <u>As características dos subsistemas definidos para disruptão já estarão na planilha F-03 e servem de base para o início das discussões;</u> <u>A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos <i>workshops</i>, as repetições serão eliminadas.</u> 	
<u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u>	
<ol style="list-style-type: none"> Histórico de fabricação de subsistemas pela organização: quais subsistemas podem ser fabricados internamente, quais já foram fabricados internamente; Fabricação de subsistemas – concorrencial: como as empresas concorrentes lidam com seus subsistemas, se fabricam, têm parcerias ou compram. 	
<u>Formulário para registro da saída da Etapa:</u>	
Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.	
Etapa 06	Definir as características dos produtos
Objetivo: Definir características dos produtos	

Roteiro para execução da Etapa:

1. Os *workshops* desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e *brainstorming* após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03;
2. O tempo e/ou número de *workshops* deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa.
3. Identificar na planilha F-03 as características dos produtos baseando-se no *input* das características das oportunidades futuras e dos subsistemas registradas na mesma planilha;
4. Registrar as características que os produtos podem necessitar em planilha para discussões subsequentes;
5. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos produtos, evitando que se ocorra um *brainstorming* muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;
6. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase;
7. A repetição de características pode ocorrer e deve ser representada nesta etapa na planilha de registro das características F-03. Ao final dos *workshops*, as repetições serão eliminadas.

Informações a serem consideradas durante esta Etapa:

1. Linha de produtos em análise, com informações sobre as versões atuais em produção e período em que foram lançadas ao mercado;
2. Produtos – concorrencial: informações sobre o que as empresas concorrentes têm vendido em cada mercado.

Formulário para registro da saída da Etapa:

Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.

Etapa 07	Definir as tecnologias
----------	------------------------

Objetivo: Identificar as tecnologias

Roteiro para execução da Etapa:

1. Os *workshops* desta etapa serão executados por meio de reuniões de discussões e *brainstorming* após apresentação dos dados gerados e registrados na planilha de registro das características F-03;
2. O tempo e/ou número de *workshops* deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa.
3. Definir na planilha F-03 as tecnologias baseando-se no *input* das características das oportunidades futuras, dos subsistemas e dos produtos registradas na mesma planilha;
4. É importante coordenar as discussões dentro do escopo dos produtos, evitando que se ocorra um *brainstorming* muito aberto para outros assuntos, que mesmo importantes, não estão alinhados com esta etapa;
5. A coordenação das discussões deve registrar na planilha de registro das características F-03, de modo que a equipe possa compreender o que se espera de cada elemento da discussão. Como é uma etapa subsequente das etapas anteriores, todos os elementos já planilhados podem servir de base para adição de elementos nesta fase;

<p>6. <u>A repetição de características deverá ser eliminada nesta etapa e as tecnologias registradas na planilha de registro das características F-03;</u></p> <p>7. <u>Deve-se procurar por termos curtos e reconhecidos das tecnologias. A nomenclatura deve ser de conhecimento da equipe.</u></p>	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <p>1. Tecnologias disponíveis atualmente nos produtos;</p> <p>2. Tecnologias – concorrencial: como são comercializadas as tecnologias que compõem os produtos das empresas concorrentes, se são tecnologias opcionais ou <i>standards</i>.</p>	
<p><u>Formulário para registro da saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e planilha de registro das características F-03.</p>	
Etapa 08	Gerar o <i>TRM</i>
<p>Objetivo: Gerar o <i>TRM</i></p>	
<p>Roteiro <i>para</i> execução da Etapa:</p> <p>1. O <i>workshop</i> desta etapa será executado por meio de reuniões de discussões e <i>brainstorming</i> após apresentação dos dados a serem considerados na etapa;</p> <p>2. O tempo e/ou número de <i>workshops</i> deve ser suficiente para a discussão detalhada da etapa.</p> <p>3. Realizar o <i>workshop</i> com a equipe de trabalho, com os seguintes tópicos:</p> <p>a. <u>Geração do <i>TRM</i>: com as informações de tecnologia geradas pela planilha F-03, posicionando-as sobre um <i>TRM</i> em branco, com a indicação dos prazos para incorporação das tecnologias, a equipe deverá montar o <i>TRM</i>, fazendo as ligações entre tecnologias, subsistemas e produtos;</u></p> <p>b. <u>Utilizar pequenos papéis adesivos para posicionamento rápido na linha do tempo que se imagina possível e necessário com relação à disponibilização de cada tecnologia resultante das etapa de definição das tecnologias;</u></p> <p>c. <u>Separar as tecnologias em auxiliares (que não são diretamente utilizadas nos produtos) e nos produtos;</u></p> <p>4. <u>Uma vez montado o <i>TRM</i> com os adesivos colocados manualmente, pode-se transpor as informações para um meio digital, eliminando uma possível poluição visual e alinhar novamente as posições de cada tecnologia, subsistema e produto. Isto facilita a continuidade da discussão;</u></p> <p>5. <u>Os prazos, seja indicando o ano de disponibilidade de cada elemento, ou indicação de curto, médio e longo prazos, deve ser considerado neste momento e auxiliar o posicionamento dos elementos no <i>TRM</i>.</u></p>	
<p><u>Informações a serem consideradas durante esta Etapa:</u></p> <p>1. Tempo desenvolvimento das tecnologias e sua disponibilização nos produtos: estimativa dada pela equipe do <i>workshop</i>, baseando-se em capacidades de desenvolvimento e histórico;</p> <p>2. Estimativa de recursos necessários para desenvolvimento das tecnol.</p>	
<p><u>Formulário para registro da saída da Etapa:</u> Ata de reunião F-01 e <i>TRM</i> F-05.</p>	

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta Pesquisa-Ação foi concluída com êxito, fazendo um levantamento específico sobre modelos de *TRM*, propondo um método sistematizado de *TRM* para aplicação em empresas de bens-de-capital e aplicando este modelo com sucesso em tal organização. A empresa vai se beneficiar em seu planejamento de desenvolvimento de produtos e de tecnologias a partir de uma forma sistemática de geração de novas tecnologias a serem desenvolvidas com base em informações detalhadas de uso dos produtos e, conseqüentemente, dar mais visão quanto o que está sendo ou será desenvolvido às diferentes equipes de projetos.

Espera-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir em vários aspectos, sejam eles práticos, para uso em empresas, ou acadêmicos como contribuição para a base de conhecimento. São eles:

- A partir da análise bibliométrica, um levantamento de um portfólio relevante de artigos relacionados ao tema de *TRM*, mais especificamente com uso de modelos de aplicação, obtido através de pesquisa reproduzível, contribuiu na medida em que possibilita ao pesquisador verificar artigos de boa reputação, pois citados em outros artigos relevantes, e que estão ligados diretamente com estratégia das empresas, podendo melhorar o desempenho destas através da aplicação de modelos de *TRM*. Os modelos de *TRM* aplicados podem auxiliar pesquisadores quanto às diferentes vertentes da aplicação de *TRM* nos diversos estudos comentados, auxiliando a direcionar pesquisa futura, bem como aplicação direcionada. Os dados estão dispostos no Apêndice A.

- Ainda como resultado da análise bibliométrica, um levantamento de *clusters* de co-citação de autores que permitiu análises em que autores são citados juntamente em um mesmo artigo, levando informação ao pesquisador em quais seriam as afinidades de pesquisa de autores relevantes ao tema, permitindo um aprofundamento na teoria e aplicações. A análise de *clusters* de autores

permitiu conhecer áreas de pesquisa e lacunas indicadas por pesquisadores autores de artigos bem-conceituados. As pesquisas da área de *TRM* especificamente carecem de mais resultados empíricos e focados em indústrias de áreas e tamanhos diversos. Os dados estão dispostos no Apêndice A.

- O entendimento e aplicação de um método de *TRM* dentro de uma organização de bens-de-capital é a contribuição direta da pesquisa e poderá, se aplicado com sucesso, auxiliar empresas a organizar e planejar a utilização consciente de tecnologias em portfólio de projetos. A pesquisa em ramos específicos de negócios, como feito aqui para bens-de-capital, é uma lacuna citada por pesquisadores especialistas na área de *TRM*;
- O aspecto visual, principalmente relacionado à etapa 4 - Definir Oportunidades Futuras, do método proposto, conforme detalhamento no Capítulo 4, além de evoluir como pesquisa em uma lacuna reconhecida por especialistas no tema de *TRM* (conforme resultado da pesquisa bibliométrica), poderá contribuir na disseminação e aplicação de avaliação de tecnologias em portfólio de projetos em organizações;
- A possibilidade de se agrupar análises de tecnologias disruptivas e estáveis em um mesmo modelo é uma vantagem sobre modelos de *TRM* similares, mesmo se baseados no modelo referencial de Phaal *et al.* (2000), para empresas baseadas em tecnologia. Tecnologias disruptivas podem ser previstas em casos específicos, como proposto por Vojak e Chambers (2004) e incorporado no modelo de *TRM* proposto neste estudo.

7.1. LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como limitação, os levantamentos bibliográficos em outras bases de dados poderiam enriquecer o portfólio de artigos relacionados ao tema de *TRM*. Outra limitação, mas relacionada à aplicação, está em que as oportunidades futuras deste estudo foram aprofundadas no tipo de bem-de-capital da unidade de análise (máquinas e equipamentos de remoção de material), caberia, no caso

de aplicações para outros tipos de bens-de-capital propostas que pudessem discutir as oportunidades futuras de forma específica, não se perdendo o ganho que se pôde obter a partir da análise focada na oportunidade futura para o negócio.

Sugere-se que estudos que contemplem a aplicação do método de *TRM* para bens-de-capital em mais organizações do mesmo tipo de negócio e também em outros países possam ser trabalhos futuros que adicionam conteúdo ao tema, assim como estudos de aplicação do método de *TRM* para bens-de-capital em negócios que possam se aproximar do caso aqui aplicado, como bens-de-consumo duráveis (caminhões, ônibus). Sugere-se também que estudos com a evolução dos *TRM*'s após ciclos de execução, com objetivo de verificar *TRM*'s melhorados com as discussões cíclicas de melhoria, sejam feitos e complementem lacunas sobre o tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKRAM, F., PRIOR, M.A., MAVRIS, D.N. An Application of Evidence Theory to Subject Matter Expert based Technology Portfolio Analysis. **AIAA Infotech at Aerospace Conference and Exhibit**, 2011.
- ALBRIGHT, R.E., KAPPEL, T.A. Roadmapping in the corporation. **Research-Technology Management**, v. 46, p. 31-40, 2003.
- AMER, M. DAIM, T.U. Application of technology roadmaps for renewable energy sector. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, p.1355-1370, 2010.
- AN, Y., LEE, S., PARK, Y. Development of an integrated product-service roadmap with QFD A case study on mobile communications. **International Journal of Service Industry Management**, v. 19, p. 621-638, 2008.
- BEWLEY, W.L.; Methods to Evaluate Technology. **International Encyclopedia of Education**, p. 578–584, 2010.
- BILALIS, N., LOLOS, D., ANTONIADIS, A., EMIRIS, D. A fuzzy sets approach to new product portfolio management. **IEMC International Engineering Management Conference**, v. 1 e 2, p. 485–490, 2002.
- BRAY, O.H., GARCIA, M.L. Technology Roadmapping: The Integration of Strategic and Technology Planning for Competitiveness. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 1997.
- BRECHER, C., ESSER, M., WITT, S. Interaction of manufacturing process and machine tool. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 58, p. 588-607, 2009.
- BROCKHOF, K. The emergence of technology and innovation management. **Technology and Innovation**, v. 19, p. 461-480, 2017.
- BROWN, R., O’HARE, S. The use of technology roadmapping as an enabler of knowledge management. **IEE Seminar on Managing Knowledge for Competitive Advantage**, 2001.

CAETANO, M., AMARAL, D.C. Roadmapping for technology push and partnership: A contribution for open innovation environments. **Technovation**, v. 31, p. 320-335, 2011.

CARVALHO, M.M, FLEURY, A., LOPES, A.P. An overview of the literature on technology roadmapping (*TRM*): Contributions and trends. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 80, p. 1418–1437, 2013.

CHENEY, A.C., PENCE, K.R., DILTS, D.M. Comparing Impacts on Organizations Participation in On-going Industry-Level Technology Roadmapping Versus One-time Roadmapping Efforts. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2015.

CHOI, S., KIM, H., YOON, J., KIM, K., LEE, J.Y. An SAO-based text-mining approach for technology roadmapping using patent information. **R&D Management**, v. 43, p. 52-74, 2013.

COPANI, G., MARVULLI, S., LAY, G., BIEGE, S., BUSCHAK, D. Business Model innovation paths and success in the machine tool industry. **Proceedings of the 2nd CIRP IPS2 Conference**, p. 437-444, 2010.

COSNER, R.R., HYNDIS, E.J., FUSFELD, A.R., LOWETH, C.V., SCOUTEN, C. ALBRIGHT, R. Integrating roadmapping into technical planning. **Research-Technology Management**, v. 50, p. 31-48, 2007.

COUGHLAN, P., COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, p. 220-230, 2002.

DAIM, T.U., RUEDA, G., MARTIN, H., GERDSRI, P. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 73, p. 981–1012, 2006.

DAIM, T.U., OLIVER, T. Implementing technology roadmap process in the energy services sector: a case study of a government agency. **Technology Forecast & Social Change**, v. 75, n. 5, p. 687-720, 2008.

DASTRANJ, N., GHAZINOORY, S., GHOLAMI, A.A. Technology roadmap for social banking. **Journal of Science and Technology Policy Management**, v. 9, 2018.

EDEN, C.; HUXHAM, C. Action Research for Management Research. **British Journal of Management**, v. 7, p. 75-86, 1996.

ENGWALL M., JERBRANT A. The resource allocation syndrome: the prime challenge of multi-project management? **International Journal of Project Management**, v. 21, p. 403–409, 2003.

FARRUKH, C., PHAAL, R., PROBERT, D.R. Industrial practice in technology planning – implications for a useful tool catalogue for technology management. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2001.

FEDER, C. The effects of disruptive innovations on productivity. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 126, p. 186-193, 2018.

FENWICK, D., DAIM, T.U., GERDSRI, N. Value Driven Technology Road Mapping (*VTRM*) process integrating decision making and marketing tools: Case of Internet security technologies. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 76, p. 1055–1077, 2009.

GARCIA, M.L., BRAY, O.H. Fundamentals of Technology Roadmapping **Unlimited Release No. SAND97-0665**. Strategic Business Development Department, Sandia National Laboratories, 1997.

GERDSRI, N. An analytical approach to building a technology development envelop (TDE) for roadmapping of emerging technologies. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 4, n. 2, p. 121-135, 2007.

GERDSRI, N., ASSAKUL, P., VATANANAN, R.S. An activity guideline or technology roadmapping implementation. **Technology Analysis & Strategic Management** 22, p. 229-242, 2010.

GERDSRI, N., KOCAOGLU, D. Applying the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build a strategic framework for technology roadmapping. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, p. 1071-1080, 2007.

GERDSRI, N., VATANANAN, R.S. Dynamics of Technology Roadmapping (*TRM*) Implementation. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2007.

- GERDSRI, N., VATANANAN, R.S., DANSAMASATID, S. Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation: A case study. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 76, p. 50–60, 2009.
- GEUM, Y., LEE, S., KANG, D., PARK, Y. Technology roadmapping or technology-based product-service integration: A case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 28, p. 128-146, 2011.
- GEUM, Y, LEE, S., YOON, B. PARK, Y. Identifying and evaluating strategic partners for collaborative R&D: Index-based approach using patents and publications. **Technovation**, v. 33, p. 211-224, 2013.
- GEUM, Y., PARK, Y. The state-of-the-art of public-sector technology roadmaps: A taxonomical approach to energy technology roadmaps. **Science and Public Policy**, v. 40, n. 3, p. 327-339, 2013.
- GEUM, Y., LEE, H., LEE, Y., PARK, Y. Development of data-driven technology roadmap considering dependency: An ARM-based technology roadmapping. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 91, p. 264–279, 2015.
- GHAZINOORY, S., DASTRANJ, N., SAGHAFI, F., KULSHRESHTH, A., HASANZADEH, A. Technology roadmapping architecture based on technological learning: Case study of social banking in Iran. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 122, p. 231-242, 2017.
- GREENTECH MEDIA, (2017). <https://www.greentechmedia.com/articles/read/an-illustrated-guide-to-the-growing-size-of-wind-turbines#gs.Mw6CF9o>.
- GROENVELD, P. Roadmapping integrates business and technology. **Research-Technology Management**, v. 40, p. 48-55, 1997.
- HYVÄRI, I.; Project portfolio management in a company strategy implementation, a case study. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 229–236, 2014.
- HOMES, C., FERRIL, M. The application of operation and technology roadmapping to aid Singaporean SMEs identify and select emerging technologies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, p. 349-357, 2005.
- IEDC, 2013. https://www.iedconline.org/clientuploads/Downloads/edrp/IEDC_Electric_Vehicle_Industry.pdf

- JEONG, Y., YOON, B. Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. **Technovation**, v. 39-40, p. 37-52, 2015.
- JOHNSON, M.W., CHRISTENSEN, C.M., KAGERMANN, H. Reinventing your business model. **Harvard Business Review**, 2008.
- KAPPEL, T.A. Perspectives on roadmaps: How organizations talk about the future. **Journal of Product Innovation Management**, v. 18, p. 39-50, 2001.
- KERR, C.I.V., PHAAL, R., PROBERT, D.R. Addressing the cognitive and social influence inhibitors during the ideation stages of technology roadmapping workshops. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2009.
- KIRBY, M.R., MAVRIS, D.N. An approach for the Intelligent Assessment of Future Technology Portfolios. **40th. AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit**, 2002.
- KOSTOFF, R.N., BOYLAN, R. SIMONS, G.R. Disruptive technology roadmaps. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 141-159, 2004.
- KOSTOFF, R.N., SCHALLER, R.R. Science and Technology Roadmaps. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 48, p. 132-143, 2001.
- LEE, H.L., PADMANABHAN, V., WHANG, S. The bullwhip effect in supply chains. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 3, p. 93-102, 1997.
- LEE, J.H., PHAAL, R., LEE S-H., An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 82, p. 286-306, 2013.
- LEE, S., KANG, S.; PARK, Y., PARK, Y. Technology roadmapping for R&D planning: The case of the Korean parts and materials industry. **Technovation**, v. 27, p. 433-445, 2007.
- LEE, S. PARK, Y. C. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, p. 567-583, 2005.
- LEE, S., YOON, B. LEE, C. *et al.* Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, p. 769-786, 2009a.

- LEE, S. YOON, B. PARK, Y. An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach. **Technovation**, v. 29, p. 481-497, 2009b.
- LEE, S.K., MOGI, G., LEE, S., KIM, J. Prioritizing the weights of hydrogen energy technologies in the sector of the hydrogen economy by using a fuzzy AHP approach. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, p. 1897-1902, 2011a.
- LEE, S.K., MOGI, G., LI, Z., HUI, K.S., LEE, S., K., HUI, K.N., PARK, S.Y., HA, Y.J., KIM, J.W. Measuring the relative efficiency of hydrogen energy technologies for implementing the hydrogen economy: An integrated fuzzy AHP/DEA approach. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, p. 12655-12663, 2011b.
- LICHTENTHALER, U. Integrated roadmaps for open innovation. **Research-Technology Management**, v. 51, p. 45-49, 2008.
- LOYARTE, E., POSADA, J., GAINES, S., RAJASEKHARAN, S., OLAIZOLA, I.G., OTAEGUI, O., LINAZA, M.T., OYARZUN, D., POZO, A., MARCOS, G., FLOREZ, J. Technology roadmapping (*TRM*) and strategic alignment for an applied research centre: a case study with methodological contributions. **R&D Management**, v. 45, p. 474-486, 2015.
- MAJCHRZAK, A., COOPER, L.P., NEECE O.E. Knowledge Reuse for Innovation. **Management Science**, v. 50, p. 174–188, 2004.
- MARKUS, M. L., Toward a theory of knowledge reuse: types of knowledge reuse situations and factors in reuse success. **Journal of Management Informations Systems**, v. 18, p. 57–93, 2001.
- MARTINSUO, M., KORHONEN, T., LAINE, T., Identifying, framing and managing uncertainties in project portfolios. **International Journal of Project Management**, v. 32, p. 732–746, 2014.
- MCCARTHY, R.C. Linking technological change to business needs. **Research-Technology Management** 46 (2), p. 47-52, 2003.
- MELLO, C.H.P., TURRIONI, J.B. XAVIER, A.F., CAMPOS, D.F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, p. 1-13, 2012.

- MCDOWALL, W., EAMES, M. Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature. **Energy Policy**, v. 34, p. 1236-1250, 2006.
- MOKHTARZADEH N. G., MAHDIRAJI, H. A., BEHESHTI, M., ZAVADSKAS, E. K. A Novel Hybrid Approach for Technology Selection in the Information Technology Industry. **Technologies**, v. 6, n. 1, 2018.
- MORIWAKI, T. Multi-functional machine tool. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 57, p. 736-749, 2008.
- NISHINO, N., TAKENAKA, T. TAKAHASHI, H. Manufacturer's strategy in a sharing economy. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 66, p. 409-412, 2017.
- NOY, C. Sampling Knowledge: The Hermeneutics of Snowball Sampling in Qualitative Research. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 11, n. 4, p. 327-344, 2008.
- OLIVEIRA, M.G., ROZENFELD, H. Integrating technology roadmapping and portfolio management at the front-end of new product development. **Technological forecasting and social change**, v. 77, p. 1339–1354, 2010.
- PAGANI, M. Roadmapping 3G mobile TV: Strategic thinking and scenario planning through repeated cross-impact handling. **Technological forecasting and social change**, v. 76, p. 382–395, 2009.
- PETRICK, I.J., ECHOLS, A.E. Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 81-100, 2004.
- PHAAL, R. FARRUKH, C., MITCHELL, R. *et al.* Starting-up roadmapping fast. **Research-Technology Management**, v. 46, p. 52-58, 2003.
- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. Fast-Start Technology Roadmapping, 9th. **International Conference on Management of Technology (IAMOT)**, 2000.
- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 5-26, 2004a.

- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. A framework for supporting the management of technological knowledge. **International Journal of Technology Management**, v. 27, 2004b.
- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. Technology management tools: concept, development and application. **Technovation**, v. 26, p. 336-344, 2006.
- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. Developing a Technology Roadmapping System. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2005.
- PHAAL, R., FARRUKH, C., PROBERT, D. Strategic roadmapping: A *workshop*-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. **EMJ-Engineering Management Journal**, v. 19, p. 3–12, 2007.
- PHAAL, R., MULLER, G. Towards Visual Strategy: An Architectural Framework for Roadmapping. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2007.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMI. **The Standard for Portfolio Management**, (PPM), 3th. Edition, Project Management Institute, Newtown Square, PA, 2013.
- ROUSSEL, P., SAAD, K., ERICKSON, T., Third Generation R&D: Managing the Link to Corporate Strategy. **Harvard Business School Press & Arthur D. Little Inc.**, 1991.
- SARITAS, O., ONER, M.A. Systemic analysis of UK foresight results - Joint application of integrated management model and roadmapping. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 27-65, 2004.
- SILVA, E.L., MENEZES, E.M., Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. **4a. ed. Florianópolis, UFSC**, 2005.
- SOLAK, S., CLARKE, J.P. B., JOHNSON, E. L., BARNES, E. R.; Optimization of R&D project portfolios under endogenous uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 207, p. 420–433, 2010.
- SON, H., KWON, Y., PARK, S.C., LEE, S. Using a design structure matrix to support technology roadmapping for product-service systems. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 30, p. 337-350, 2017.

- STIG, D.C.; A Proposed Technology Platform Framework to Support Technology Reuse. **Procedia Computer Science**, v. 16, p. 918–926, 2013.
- STIG, D.C., ISAKSSON, O., HÖGMAN, U., BERGSJÖ, D. TERA – An Assessment of Technology Reuse Feasibility. **Procedia Computer Science**, v. 44, p. 507-516, 2015.
- STRAUSS J.D., RADNOR M. Roadmapping for Dynamic and Uncertain Environments. **Research-Technology Management**, v. 47, p. 51-58, 2004.
- TASCA, J., ENSSLIN, L., ENSSLIN, S.R., ALVES M., An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, p. 631-655, 2010.
- THOMÉ, A. M. T., SCAVARDA L. F. SCAVARDA A., THOMÉ F. E. S. S., Similarities and contrasts of complexity, uncertainty, risks, and resilience in supply chains and temporary multi-organization projects. **International Journal of Project Management**, v. 34, p. 1328–1346, 2016.
- THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-ação. São Paulo, **Atlas**, 1997.
- TIERNEY, R., HERMINA, W., WALSH, S. The pharmaceutical technology landscape: A new form of technology roadmapping. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, p. 194-211, 2013.
- TUOMINEN, A., AHLQVIST, T. Is the transport system becoming ubiquitous? Socio-technical roadmapping as a tool for integrating the development of transport policies and intelligent transport systems and services in Finland. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, p. 120-134, 2010.
- VAN ECK, N.J., WALTMAN, L. VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **SCIENTOMETRICS**, v. 84, p. 523–538, 2010.
- VATANANAN, R.S., GERDSRI, N. The Current State of Technology Roadmapping (*TRM*) Research and Practice. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2010.
- VERMA, D., MISHRA, A., SINHA, K.K., The Development and application of a process model for R&D Project management in a high tech firm: A field study. **Journal of Operations Management**, v. 29, p. 462–476, 2011.

VOJAK, B.A., CHAMBERS, F.A. Roadmapping disruptive technical threats and opportunities in complex, technology-based subsystems: The SAILS methodology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 121-139, 2004.

VOJAK, B.A., SUAREZ, C.A. Sources of Information Used in New Product and Process Technology Planning within the Electron Device Industry. **IEEE International Engineering Management Conference**, p. 623-628, 2002.

WALSH, S.T. Roadmapping a disruptive technology: A case study - The emerging microsystems and top-down nanosystems industry. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, p. 161-185, 2004.

WEISSENBERGER-EIBL, M.A., SPEITH, S. An integrative approach to disruptive technology forecasting in companies. **Management of Technology Innovation and Value Creation**, v.2, P.401-414, 2008.

WILLYARD, C.H., MCCLEES, C.W. Motorola's Technology Roadmapping Process. **Research Management**, v. 30, p. 13-19, 1987.

WOODSIDE, A.G., WILSON, E.J. Case studies research methods for theory building. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 18, p. 493-508, 2003.

YOON, B., PHAAL, R. PROBERT, D. Morphology analysis for technology roadmapping: application of text mining. **R&D Management**, v. 38, p. 51-58, 2008.

ZHANG, Y., CHEN, H., ZHANG, G., ZHU, D., LU, J. Multiple Science Data-Oriented Technology Roadmapping Method. **Portland International Conference on Management of Engineering and Technology - PICMET**, 2015.

ZHANG, Y., GUO, Y., WANG, X., ZHU, D. PORTER, A.L. A hybrid visualization model for technology roadmapping: bibliometrics, qualitative methodology and empirical study. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 25, n. 6, p. 707-724, 2013.

ZURCHER, R., KOSTOFF, R. Modeling technology roadmaps. **Journal of Technology Transfer**, v. 22, n. 3, p. 73-79, 1997.

APÊNDICE A - ANÁLISE DA AMOSTRA DE ARTIGOS PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA DE *TRM* ALINHADA COM MODELOS

A tendência das publicações da amostra pode ser vista na Figura A. Uma linha pontilhada foi traçada para facilitar a visualização da evolução do número de artigos do portfólio de artigos durante os anos. Há um crescimento do número de publicações com o passar dos anos. Em um período inicial, entre 2002 e 2006, foram gerados poucos artigos do portfólio de artigos relacionados com este estudo. A maioria das publicações foi feita entre 2007 e 2010. A partir de 2013 há um novo aumento nos artigos alinhados com a temática deste estudo, levando-se em consideração que os dados foram levantados até e inclusive outubro de 2017.



FIGURA A – NÚMERO DE ARTIGOS E ANO DE PUBLICAÇÃO. ELABORADO PELO AUTOR.

A análise da internacionalidade dos artigos da amostra, como vista na Figura B, mostra claramente uma predominância de autores da Inglaterra, da Coréia-do-Sul e dos EUA. Cerca de 60% dos artigos vêm de autores dessas três origens.

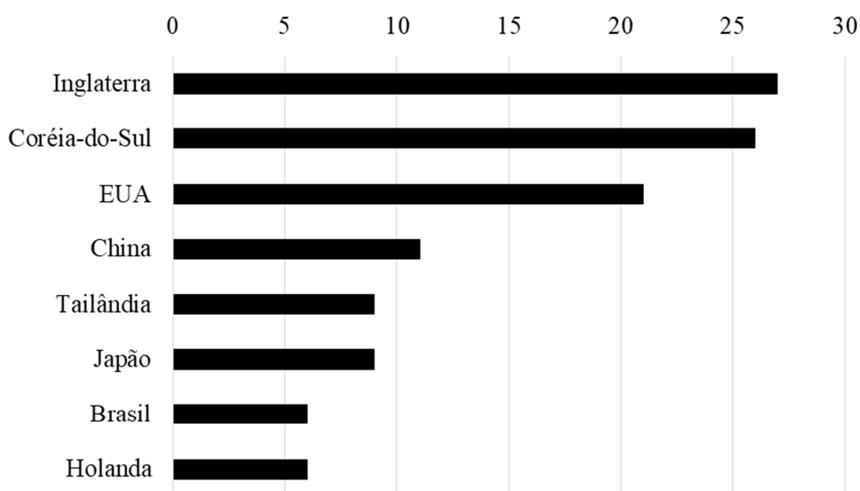


FIGURA B – NÚMERO DE PUBLICAÇÕES (≥6 PUBLICAÇÕES). ELABORADO PELO AUTOR.

Na Figura C, estão listadas as fontes (*Journals* ou Congressos) que tiveram cinco ou mais artigos no portfólio de artigos do presente estudo. Há grande predominância de publicações em duas fontes, a revista *Technological Forecasting and Social Change* e nas conferências PICMET – *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*. Estes dois veículos concentram cerca de 54% das publicações.

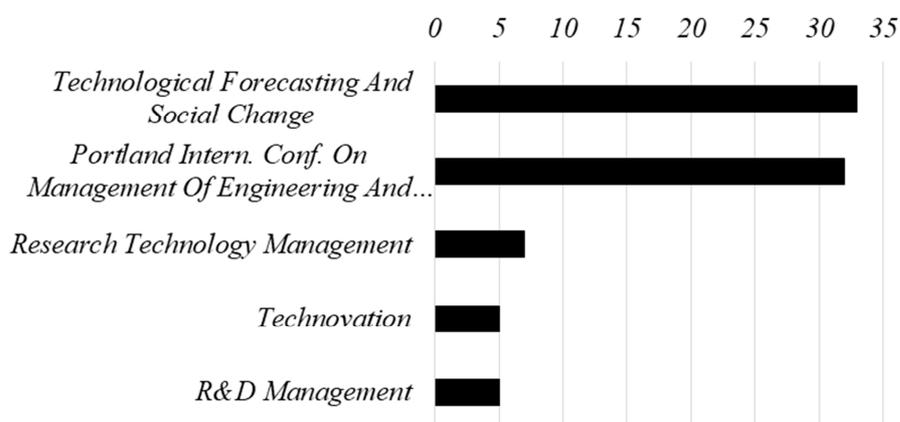


FIGURA C – FONTES DE ARTIGOS (≥5 ARTIGOS). ELABORADO PELO AUTOR.

A afiliação dos autores, ou seja, instituições cujos autores (primeiros autores) mais publicam no portfólio de artigos deste estudo podem ser vistas na Figura D. Os dois *Clusters* principais estão na Universidade de Cambridge, na Inglaterra e na Universidade Nacional de Seul, na Coréia-do-Sul. Cerca de 46% dos artigos do portfólio de artigos deste estudo têm origem nessas duas instituições.

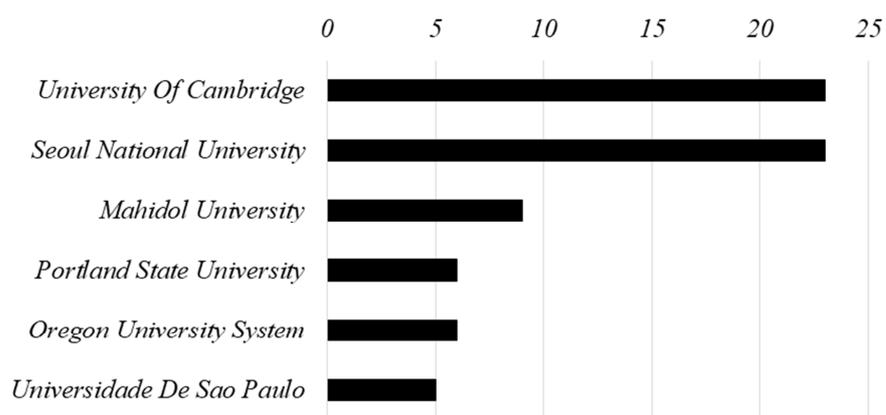


FIGURA D – AFILIAÇÃO DOS AUTORES (≥5 ARTIGOS). ELABORADO PELO AUTOR.

Os autores principais (primeiro autor de um artigo) dos artigos da amostra deste estudo estão mostrados na Figura E. Os oito principais autores respondem por 67% dos artigos do portfólio de artigos desta pesquisa.

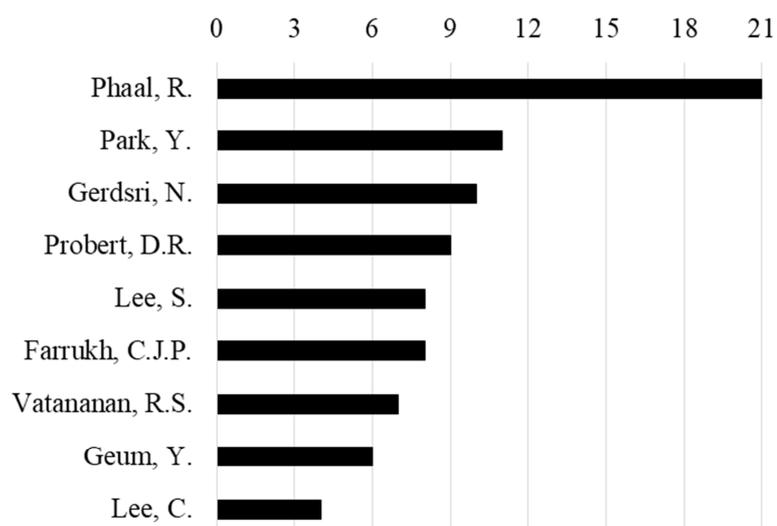


FIGURA E – PRINCIPAIS AUTORES (≥ 4 ARTIGOS). ELABORADO PELO AUTOR.

A frequência de citação de uma palavra nos artigos permite uma primeira leitura dos temas em uma área (THOMÉ *et al.*, 2016). Dentro de um total de 433 citações de palavras nos 124 artigos do portfólio deste estudo, vinte e cinco (25) palavras resultaram da análise de ocorrência após um corte para ocorrência mínima de seis (6) vezes. Foram então retiradas da análise as palavras-chave que originalmente fizeram parte da pesquisa na base de dados, conforme visualização na Figura F. A ligação entre as palavras mostra também a conexão entre elas nos artigos coletados.

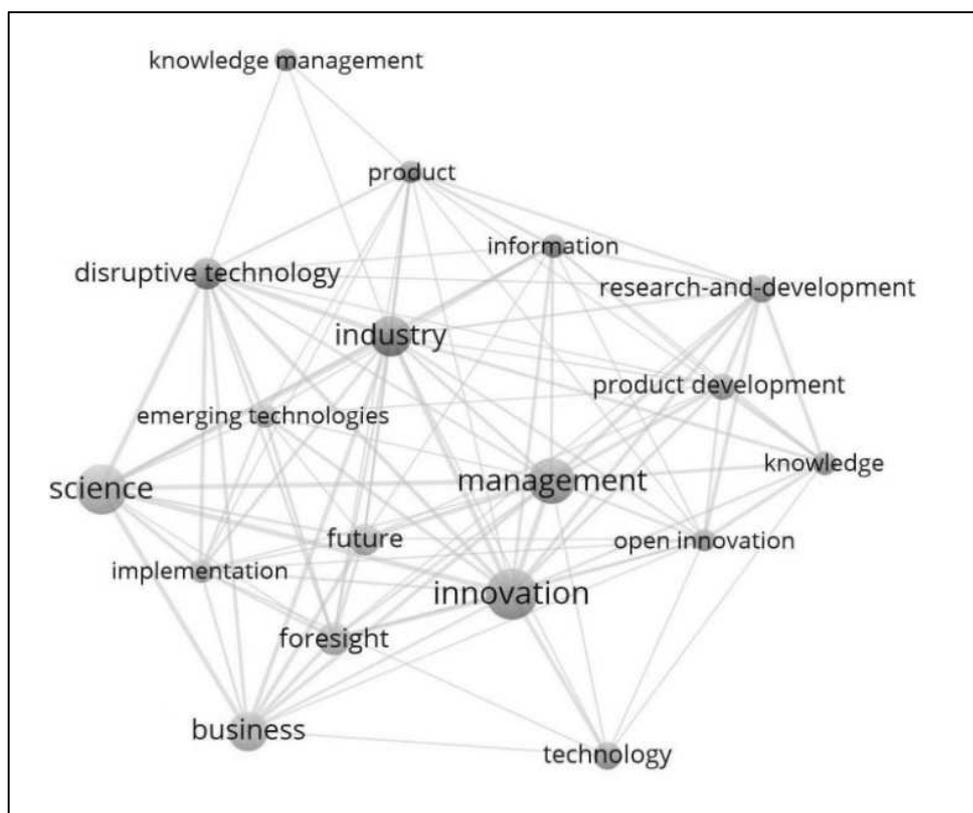


FIGURA F – OCORRÊNCIA DE PALAVRAS. ELABORADO PELO AUTOR.

As informações de citações dos principais artigos estão dispostas no mapa de redes da Figura 15, vê-se também que há a predominância de cinco *clusters* de artigos mais influentes na base, para artigos com número maior ou igual a 20 citações. O número de citações indica a influência do artigo na base de dados e se refere ao número total de citações dentro da base de dados, pois estes são parte dos metadados extraídos da base de dados.

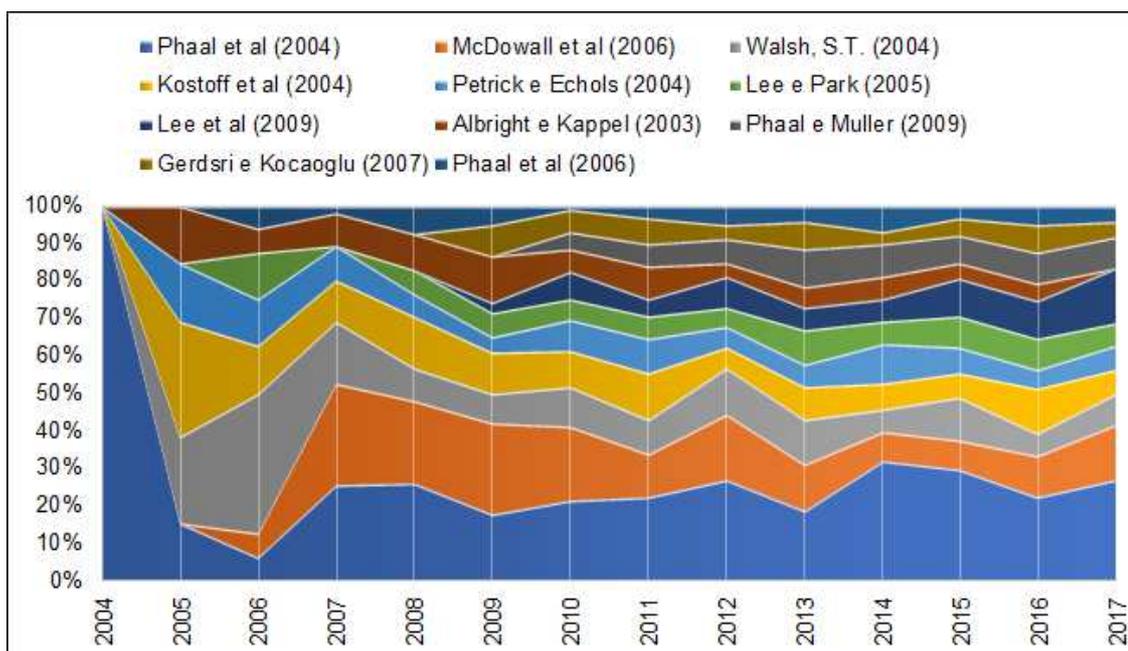


FIGURA H – EVOLUÇÃO DA TENDÊNCIA DE CITAÇÕES DOS 16 ARTIGOS MAIS RELEVANTES. ELABORADO PELO AUTOR.

Nota. A linha vertical correspondente a cada ano indica, na leitura à esquerda, a partir do cruzamento com a linha de distribuição de cada artigo, a porcentagem de citações de cada artigo naquele ano.

As informações de co-citações, através do mapa de redes de autores estão demonstradas na Figura I para os autores citados nos artigos. Foi utilizada uma linha de corte de co-citação de autores de 20 por autor. A conexão entre os autores é determinada baseada no número de vezes que são citados juntos, significando que os autores dos artigos do portfólio consideraram conhecimento relevante de artigos gerados pelos autores de cada *cluster* de co-citações. Isto significa que eles têm pesquisado assuntos similares ou em áreas correlatas, gerando citações de outros pesquisadores nos mesmos artigos. Há a predominância de três *clusters* de co-citações.

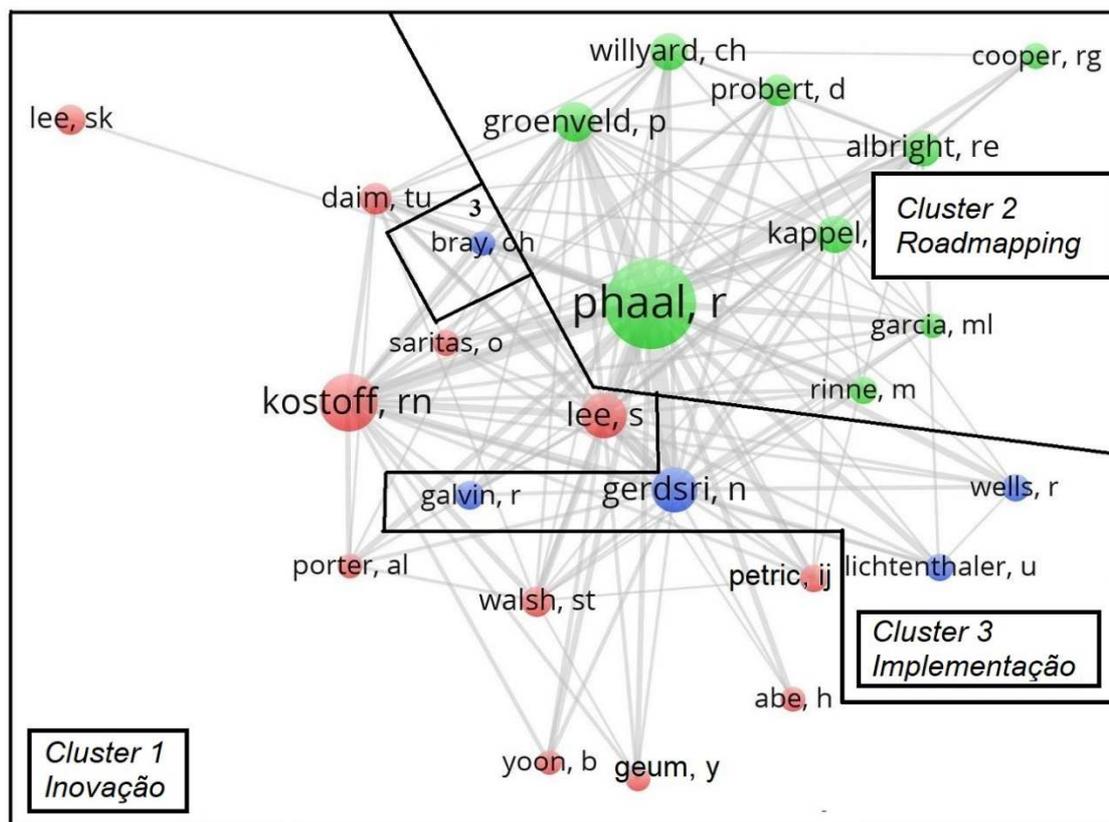


FIGURA 1 – CO-CITAÇÃO DE AUTORES NA BASE DE DADOS COM INDICAÇÃO E CLUSTERS. ELABORADO PELO AUTOR.

O *cluster 1*, renomeado pela palavra inovação, contém os autores que de alguma forma utilizam *TRM* como ferramenta para avaliação de tecnologias inovadoras, tecnologias disruptivas ou emergentes. Estes autores aplicaram múltiplas técnicas, como *TRM*, alinhadas com outras com objetivos de melhorar a avaliação de tecnologias emergentes em diversos campos de atuação. O *Cluster 2*, ou *cluster Roadmapping*, contém autores com pesquisa relevante relacionada com a teoria do processo de *TRM*. O *Cluster 3*, ou *cluster de implementação de roadmapping*, tem autores cujas pesquisas são focadas em implementação de *TRM*, com propostas de novas abordagens para implementação.

A ligação entre os autores mostra que eles foram citados em um mesmo artigo do portfólio e a intensidade da linha que liga dois autores corresponde à intensidade dessa relação. Na Tabela 1, temos a divisão dos *clusters* dos

autores dos artigos desse estudo, os valores de intensidade de link referem-se à intensidade da relação do autor no conjunto de artigos do portfólio. Através das lacunas dos principais *clusters* podem-se antever os temas relevantes para a pesquisa presente e futura no tema.

TABELA A – CLUSTER DE AUTORES DO PORTIFÓLIO DE ARTIGOS DO ESTUDO.

Autor	Citações	Intensidade total do link	Cluster
<i>Abe, H.</i>	21	286	1
<i>Daim, T.U.</i>	34	632	1
<i>Geum, Y.</i>	20	331	1
<i>Kostoff, R.N.</i>	123	1536	1
<i>Lee, S.</i>	76	1249	1
<i>Lee, S.K.</i>	32	78	1
<i>Petrick, I.J.</i>	25	443	1
<i>Porter, A.L.</i>	22	430	1
<i>Saritas, O.</i>	23	450	1
<i>Walsh, S.T.</i>	32	573	1
<i>Yoon, B.</i>	22	399	1
<i>Albright, R.E.</i>	45	602	2
<i>Cooper, R.G.</i>	24	245	2
<i>Garcia, M.L.</i>	22	447	2
<i>Groenveld, P.</i>	58	879	2
<i>Kappel, T.A.</i>	48	682	2
<i>Phaal, R.</i>	323	3649	2
<i>Probert, D.</i>	36	553	2
<i>Rinne, M.</i>	27	446	2
<i>Willyard, C.H.</i>	47	571	2
<i>Bray, O.H.</i>	21	413	3
<i>Galvin, R.</i>	28	393	3
<i>Gerdsri, N.</i>	76	1620	3
<i>Lichtenthaler, U.</i>	26	381	3
<i>Wells, R.</i>	25	400	3

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR.