

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES - IMPPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO

LEONARDO BOMFIM DE SOUZA

**ROADMAP TECNOLÓGICO: FORMAS DE ONDA E O PROGRAMA DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE DO  
MINISTÉRIO DA DEFESA (RDS-DEFESA)**

Rio de Janeiro

2019

LEONARDO BOMFIM DE SOUZA

**ROADMAP TECNOLÓGICO: FORMAS DE ONDA E O PROGRAMA DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE DO  
MINISTÉRIO DA DEFESA (RDS-DEFESA)**

Relatório relativo à proposição ou a avaliação de programa, projeto e políticas institucionais ou públicas apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração. Área de concentração: Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Suzana Borschiver  
Coorientador: Dr. David Fernandes Cruz  
Moura

Rio de Janeiro

2019

LEONARDO BOMFIM DE SOUZA

**ROADMAP TECNOLÓGICO: FORMAS DE ONDA E O PROGRAMA DE  
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE DO  
MINISTÉRIO DA DEFESA (RDS-DEFESA)**

Relatório relativo à proposição ou a avaliação de programa, projeto e políticas institucionais ou públicas apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração. Área de concentração: Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Suzana Borschiver  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Coorientador Dr David Fernandes Cruz Moura - TC  
Centro Tecnológico do Exército

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Angeli  
Centro Universitário Estadual da Zona Oeste

---

Prof Dr Carlos Frederico de Matos Chagas – TC  
Instituto Militar de Engenharia

Dedico este trabalho à minha esposa  
Ana Paula e aos meus filhos Miguel e  
Pedro, pelo carinho e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Celso e Rosa Maria, pelo amor irrestrito e incentivos aos meus sonhos.

A minha orientadora, Suzana Borschiver, e ao meu coorientador, David Fernandes Cruz Moura, pelo acompanhamento, orientação, dedicação e amizade.

Todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação da Universidade Federal do Rio de Janeiro por partilharem o conhecimento que me proporcionou crescimento acadêmico e profissional.

Aos integrantes do Centro Tecnológico do Exército, pelos aconselhamentos, amizade e compreensão pelo momento que eu vivia.

Aos companheiros do curso, que durante a jornada ombrearam comigo na superação dos desafios impostos.

E, principalmente, a Deus por conceder-me saúde e vitalidade para minha caminhada na vida.

## RESUMO

Neste trabalho foi elaborado um *roadmap* tecnológico da forma de onda, em particular a *Long Term Evolution* (LTE), a ser aplicada no rádio definido por *software* (RDS) com vistas ao emprego militar. Para tanto, foram revisitados conceitos sobre difusão tecnológica; prospecção tecnológica consubstanciada em informações ostensivas, artigos científicos e documentos de patentes; e realizado um estudo de caso sobre o programa de pesquisa e desenvolvimento do rádio definido por software do Ministério da Defesa (RDS-Defesa). Com base nos resultados da pesquisa foram ressaltados os principais atores globais, países proeminentes, campos tecnológicos mais explorados, tendências tecnológicas e construídos os mapas tecnológicos em uma perspectiva temporal de momento atual, curto, médio e longo prazo.

Palavras-chave: *Roadmap*. Mapa Tecnológico. Rádio Definido por *Software*. RDS. Formas de Onda. *Long Term Evolution*. LTE. 4G. Prospecção Tecnológica. Difusão Tecnológica. Comunicações Militares.

## **ABSTRACT**

This work presents a technological roadmap of the waveform, in particular Long Term Evolution (LTE), for software defined radio (SDR) and military use. Studies were conducted on technological diffusion; technological exploration based on overt information, scientific articles and patent documents; and a case study was conducted on the Ministry of Defense's software-defined radio research and development program. Based on the survey results, the main global players, prominent countries, most explored technology fields, technological trends were identified and the current, short term, medium term and long term technological roadmaps were built.

Keywords: Roadmap. Technological Roadmap. Software Defined Radio. SDR. Waveforms. Long Term Evolution. LTE. 4G. Technological forecast. Technological forecasting. Technological diffusion. Military Communications.

## Lista de Figuras

Figura 1: Metodologia para a construção do <i>roadmap</i> tecnológico. ....	19
Figura 2: Esquemas básicos de Rádios Convencionais e RDS. ....	21
Figura 3: Adoção global do padrão SCA para RDS. ....	22
Figura 4: Ilustração da interoperabilidade no Teatro de Operações. ....	24
Figura 5: Esforços de P&D de RDS no mundo. ....	25
Figura 6: Rede de comunicação no campo de batalha. ....	31
Figura 7: Taxa de dados versus mobilidade em padrões sem fio. ....	34
Figura 8: Arquitetura de Comunicações Celulares Sem Fio LTE. ....	35
Figura 9: Publicações por ano referentes as formas de onda. ....	41
Figura 10: Publicações de Patentes por ano referentes as formas de onda. ....	44
Figura 11: Publicações do domínio científico por ano referentes as formas de onda. .....	48
Figura 12: Curva S e Ciclo de Vida de difusão da tecnologia e estágios. ....	51
Figura 13: Correlações da Curva S. ....	52
Figura 14: Curva de Ciclo de Vida do SRW. ....	54
Figura 15: Curva S do SRW. ....	54
Figura 16: Curva de Ciclo de Vida do WNW. ....	55
Figura 17: Curva S do WNW. ....	55
Figura 18: Ciclo de Vida do LTE. ....	56
Figura 19: Curva S do LTE. ....	57
Figura 20: Quantidade de publicações da Janes por ano. ....	61
Figura 21: Quantidade de citações dos países pelos artigos publicados. ....	62
Figura 22: As 10 organizações mais citadas na Jane's. ....	63
Figura 23: Quantidade de Patentes (concedidas) por ano. ....	64
Figura 24: Patentes (concedidas) por país. ....	65
Figura 25: Quantidade de Patentes (concedidas) por organizações. ....	66
Figura 26: As 5 maiores organizações detentoras de patentes. ....	66
Figura 27: Campos tecnológicos explorados pelas 5 maiores organizações detentoras de patentes. ....	67
Figura 28: Quantidade de publicações de pedidos de patentes por ano. ....	69
Figura 29: Pedidos de Patentes por país. ....	70
Figura 30: Quantidade de Pedidos de Patentes por organizações. ....	71

Figura 31: As 5 maiores organizações detentoras de pedidos de patentes. ....	72
Figura 32: Campos tecnológicos explorados pelas 5 maiores organizações detentoras de pedidos de patentes. ....	72
Figura 33: Publicações de Artigos por ano.....	73
Figura 34: Publicações de Artigos por país/território.....	74
Figura 35: Publicações Científicas por Organizações.....	75
Figura 36: Taxonomias Meso.....	77
Figura 37: Destaques dos Estágios Temporais infra Taxonomias Meso.....	78
Figura 38: Diagrama de taxonomias Meso e Micro.....	82
Figura 39: Taxonomias Micro associadas a Meso “Redes sem fio”.....	83
Figura 40: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Redes sem Fio".....	84
Figura 41: Taxonomias Micro associadas a Meso “Arquitetura de Redes sem Fio”..	85
Figura 42: Taxonomias Micro associadas a Meso “Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais”.....	86
Figura 43: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais". ....	86
Figura 44: Taxonomias Micro associadas a Meso “Compartilhamento Espectral”....	87
Figura 45: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Compartilhamento Espectral”.....	88
Figura 46: Taxonomias Micro associadas a Meso “Gerenciamento Espectral”.....	89
Figura 47: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Gerenciamento Espectral”. ....	89
Figura 48: Taxonomias Micro associadas a Meso “Sensoriamento Espectral”. ....	90
Figura 49: Taxonomias Micro associadas a Meso “Propagação/Deteção”.....	91
Figura 50: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Propagação/Deteção”. ....	91
Figura 51: Taxonomias Micro associadas a Meso “Equipamento de Usuário (UE)/Terminal RDS”. ....	92
Figura 52: Taxonomias Micro associadas a Meso “Funcionalidade do UE”.....	93
Figura 53: Taxonomias Micro associadas a Meso “Modelo do UE”. ....	94
Figura 54: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Modelo do UE”. ....	94
Figura 55: Mapa Tecnológico do Estágio Atual.....	97

Figura 56: Mapa Tecnológico do Curto Prazo.....	99
Figura 57: Continuação do Mapa Tecnológico do Curto Prazo.....	100
Figura 58: Mapa Tecnológico do Médio Prazo.....	103
Figura 59: Mapa Tecnológico do Longo Prazo.....	106
Figura 60: Continuação do Mapa Tecnológico do Longo Prazo.....	107
Figura 61: Percentual das Taxonomias Micro no Estágio Atual.....	110
Figura 62: . Mapa Tecnológico do Estágio Atual com foco na Harris.....	111
Figura 63: Percentual das Taxonomias Micro no Curto Prazo.....	113
Figura 64: Mapa Tecnológico do Curto Prazo com foco na LiveU.....	114
Figura 65: Percentual das Taxonomias Micro no Médio Prazo.....	115
Figura 66: Mapa Tecnológico do Médio Prazo com foco na Rearden.....	117
Figura 67: Percentual das Taxonomias Micro no Longo Prazo.....	119
Figura 68: Recorte do Mapa Tecnológico de Longo Prazo.....	120
Figura 69: Mapa Tecnológico com foco na atuação Americana.....	122

## Lista de Tabelas

Tabela 1- Palavras-chave empregadas nas buscas.....	37
Tabela 2-Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados na Jane's. ....	40
Tabela 3 - Relação das 20 empresas mais citadas nas buscas da Jane's. ....	41
Tabela 4 - Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados no Lexis Nexis. ....	43
Tabela 5 - Relação das 10 empresas que mais depositaram patentes.....	45
Tabela 6 - Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados no Scopus.....	47
Tabela 7 - Relação das 20 instituições que mais fizeram publicações científicas.....	48
Tabela 8 - Publicações no domínio científico e tecnológico. ....	53
Tabela 9 - Quantidade de documentos para cada Estágio Temporal. ....	60
Tabela 10 - Percentual das taxonomias Meso por Estágio Temporal. ....	77

## Sumário

Introdução .....	15
Objetivo do Trabalho .....	16
1 <i>Roadmap</i> Tecnológico - Aspectos Teóricos .....	17
2 Rádio Definido por <i>Software</i> .....	20
2.1 Formas de Onda .....	23
2.2 Programas Internacionais de Desenvolvimento de Formas de Onda para Rádio Definido por <i>Software</i> Militares.....	24
2.3 Programa Rádio Definido por <i>Software</i> do Ministério da Defesa .....	27
3 Etapa Pré-Prospectiva .....	29
3.1 Protocolos de Comunicação em UHF .....	29
3.1.1 Soldier Radio Waveform (SRW) e Wideband Network Waveform (WNW).....	30
3.1.2 Long Term Evolution (LTE) .....	33
4 Metodologia e Definição das Estratégias .....	36
4.1 Metodologia para a seleção das Estratégias de Busca .....	37
4.1.1 Busca em Mídia Especializada.....	39
4.1.2 Busca em Patentes .....	42
4.1.3 Busca em Artigos Científicos.....	46
4.2 Difusão Tecnológica.....	50
5 Etapa Prospectiva .....	59
5.1 Análise do Nível Macro .....	61
5.1.1 Análise Macro – Estágio Atual.....	61
5.1.2 Análise Macro – Curto Prazo.....	63
5.1.3 Análise Macro – Médio Prazo.....	68
5.1.4 Análise Macro – Longo Prazo .....	73
5.2 Análise do Nível Meso.....	75
5.2 Análise do Nível Micro.....	81
6 Etapa Pós-Prospectiva .....	96
6.1 Mapa Tecnológico: Estágio Atual .....	96
6.2 Mapa Tecnológico: Curto Prazo .....	98
6.3 Mapa Tecnológico: Médio Prazo .....	102
6.4 Mapa Tecnológico: Longo Prazo.....	105
7 Etapa Pós-Roadmap .....	109
7.1 Análise Vertical.....	109

7.1.1 Análise Vertical do Estágio Atual.....	109
7.1.2 Análise Vertical do Curto Prazo.....	112
7.1.3 Análise Vertical do Médio Prazo.....	115
7.1.4 Análise Vertical do Longo Prazo .....	118
7.2 Análise Horizontal .....	121
8 Considerações Finais.....	126
Recomendações de Estudos Futuros .....	128
Referência.....	129
GLOSSÁRIO – DESCRIÇÃO DAS TAXONOMIAS.....	134
APÊNDICE A – RELAÇÃO DAS EMPRESAS, COM RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES, CONSTANTES NOS ARTIGOS OBTIDOS PELAS ESTRATÉGIAS DE BUSCAS RELACIONADAS AS FORMAS DE ONDA.	139
APÊNDICE B – RELAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES POSSUIDORAS DE PROCESSOS PATENTÁRIOS OBTIDOS PELAS BUSCAS DAS FORMAS DE ONDA.....	143
APÊNDICE C – RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES POSSUIDORAS DE ARTIGOS CIENTÍFICOS OBTIDOS PELAS BUSCAS DAS FORMAS DE ONDA .....	147
APÊNDICE D – RELAÇÃO DOS 30 (TRINTA) ARTIGOS DO MOMENTO ATUAL	154
APÊNDICE E – RELAÇÃO DAS 112 (CENTO E DOZE) PATENTES DO ESTÁGIO TEMPORAL DE CURTO PRAZO.....	155
APÊNDICE F – RELAÇÃO DOS 36 (TRINTA E SEIS) PEDIDOS DE PATENTES DO ESTÁGIO TEMPORAL DE MÉDIO PRAZO.....	160
APÊNDICE G – RELAÇÃO DOS 57 (CINQUENTA E SETE) ARTIGOS CIENTÍFICOS DO ESTÁGIO TEMPORAL DE LONGO PRAZO.....	162
APÊNDICE H – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO MOMENTO ATUAL.....	167
APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO CURTO PRAZO .....	169
APÊNDICE J – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO MÉDIO PRAZO .....	171

APÊNDICE K – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS  
PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO LONGO PRAZO  
.....173

## Introdução

O Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), em 2012, dispôs que o sistema de ciência e tecnologia do Exército Brasileiro (EB) havia esgotado sua capacidade de atender as ambições tecnológicas da instituição, visto que estava direcionado para prover as necessidades daquele momento, porém com reduzido vetor de esforço para as demandas futuras (BRASIL, 2012).

Adicionalmente, concluiu-se que a ampliação das capacidades operacionais almejada pela Força Terrestre brasileira estava relacionada, em grande parte, com produtos de defesa (PRODE) que deveriam ser obtidos a partir de projetos autóctones de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, desponta o Programa Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa (RDS-Defesa), que objetiva novas capacidades radiocomunicadoras às Forças Armadas (Marinha, Exército e Força Aérea), bem como, atende à premência de reduzir a dependência brasileira a produtos e equipamentos importados (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017). O RDS-Defesa também integra o Projeto Estratégico Defesa Cibernética, do Ministério da Defesa, cujo objetivo é garantir a segurança e a confiabilidade das comunicações brasileiras<sup>1</sup>. Além disso, o Brasil é o único país do hemisfério sul a atuar no desenvolvimento dessa tecnologia<sup>2</sup>. Diante disto, o RDS-Defesa consagra-se como estudo de caso do presente trabalho.

No que concerne a normativas balizadoras para atender novas capacidades operacionais para o EB, no ano de 2016 foram atualizadas as instruções gerais (IG) para a gestão do ciclo de vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM), nas quais foram estabelecidos novos processos, eventos e fases do ciclo de vida (BRASIL, 2016). Nesse cenário, surge o documento denominado como Mapa de Tecnologias (MAPATEC), disposto na formulação conceitual do SMEM, que é responsável por apresentar possíveis soluções tecnológicas, sistemas ou materiais que ao longo do tempo (curto, médio e longo prazo) preencherão as lacunas tecnológicas apontadas pela Força (BRASIL, 2016).

<sup>1</sup> [https://www.defesa.gov.br/arquivos/industria\\_defesa/projetos\\_estrategicos/projetos\\_estrategicos\\_portugues.pdf](https://www.defesa.gov.br/arquivos/industria_defesa/projetos_estrategicos/projetos_estrategicos_portugues.pdf)

<sup>2</sup> [http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset\\_publisher/MjaG93KcunQI/content/id/8146777](http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/id/8146777)

Todavia, nas instruções gerais não é proposta metodologia para a elaboração do MAPATEC, bem como não discorre sobre como, na formulação conceitual do SMEM, serão obtidas informações que apontem parcerias estratégicas para promover ciclo de obtenção tecnológica mais célere e que visem a redução dos riscos intrínsecos aos projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Assim, o presente estudo motiva-se por apresentar: metodologia prospectiva capaz de contribuir com informações tecnológicas para a formulação de SMEM; metodologia de elaboração de mapas tecnológicos; contribuição com pressuposto teórico e metodológico que auxilie na gestão de PD&I de PRODE; e informações tecnológicas que possam auxiliar os “tomadores de decisão” do RDS-Defesa em etapas futuras da P&D.

### **Objetivo do Trabalho**

O objetivo do presente trabalho é identificar tendências tecnológicas relacionadas as formas de onda para aplicações pelo RDS-Defesa, de modo a dar suporte aos processos de decisão de investimentos e alocação de recursos em etapas futuras de P&D. O produto final, o mapa tecnológico, apresentará os resultados em uma perspectiva do estágio tecnológico atual, de curto, de médio e de longo prazo.

Para alcançar tal objetivo, serão analisados artigos oriundos da mídia especializada, patentes, processos de depósitos de pedido de patente e artigos científicos.

## 1 Roadmap Tecnológico - Aspectos Teóricos

Gestores estão cientes da importância estratégica da tecnologia na entrega de valor e na vantagem competitiva nos segmentos nos quais atuam. A análise de tecnologias emergentes e suas implicações são de grande importância para as organizações empresariais e governamentais. Portanto, o impacto das mudanças tecnológicas precisa ser avaliado em termos de potenciais ameaças e oportunidades (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

Nesse sentido, estudos de futuros de tecnologia (*technology futures analysis - TFA*) objetivam disponibilizar aos tomadores de decisão informações que possibilitem realizar escolhas críticas, compreendendo e gerenciando os riscos da inovação tecnológica. Desta forma, tais análises dizem respeito à definição de prioridades para os esforços de P&D, a exploração econômica de ativos intangíveis e ao aumento de competitividade tecnológica dos produtos, processos e serviços (PORTER et al., 2004).

Estudos de futuro, também chamados de prospecção tecnológica, ou *forecast(ing)*, *foresight(ing)*, fornecem as principais tendências no contexto mundial e auxiliam na identificação de tecnologias promissoras, bem como apontam para possibilidades de negócios e parcerias estratégicas para a organização (BORSCHIVER; SILVA, 2016, p.28)

A literatura cita diversos métodos de estudos de futuro, tais como inteligência tecnológica, *forecasting*, *roadmap*, *assessment* e *foresight* (PORTER et al., 2004). No presente trabalho serão exploradas metodologias prospectivas nos seguintes aspectos: análise qualitativa e quantitativa de informações técnicas ostensivas a partir de documentos da mídia especializada, de artigos científicos e de processos patentários; e *roadmap* tecnológico (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

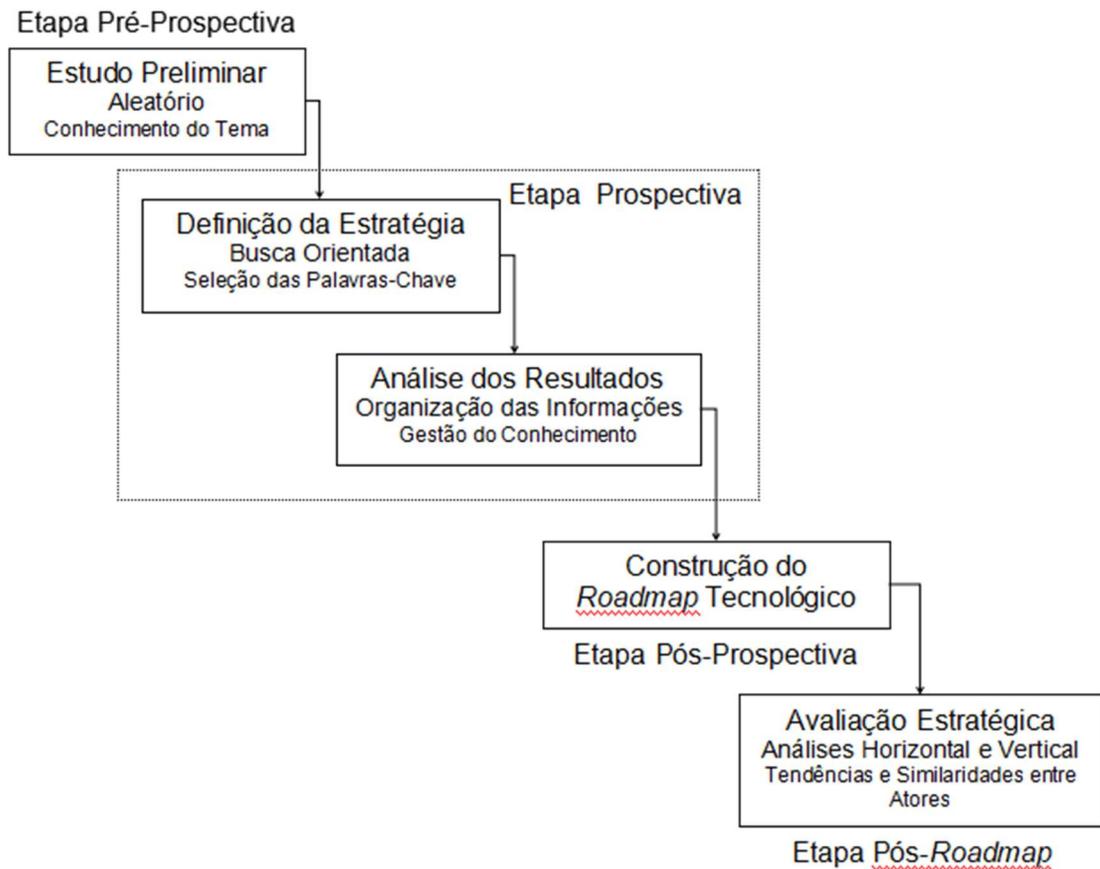
O *roadmap* tecnológico (*technological roadmap – TRM*) pode ser entendido como um estudo sistemático do desenvolvimento científico e tecnológico visando apoiar o planejamento estratégico da organização, destacando os vínculos existentes entre os objetivos estratégicos e os ativos tecnológicos disponíveis. Além disso, a metodologia disserta sobre mercados, produtos, serviços, processos e tecnologias (BORSCHIVER; SILVA, 2016, p.51). Desta maneira, o TRM é uma ferramenta prospectiva importante para o gestor da área de inovação, pois lhe permite analisar o ambiente, monitorar os concorrentes ao longo do tempo, estabelecer tendências de

mercado, estudar trajetórias tecnológicas, identificar perfis de empresas e oportunidades de novos negócios (BORSCHIVER; SILVA, 2016, p.41).

Ademais, o *roadmap* tecnológico habilita-se como uma ferramenta organizacional capaz de descortinar visões multidimensionais e oportunidades para investir tempo, dinheiro e recursos antes que as decisões sejam tomadas. Dessa forma, o método auxilia na estruturação do processo de planejamento, permitindo a visualização de lacunas no planejamento estratégico, alinhando metas futuras e as atividades presentes na organização. Isso permite identificar uma vantagem competitiva sustentável, bem como priorizar e alocar corretamente os recursos tecnológicos e humanos organizacionais (LOUREIRO; BORSCHIVER; COUTINHO, 2010, p.182).

O *roadmap* a ser elaborado pela pesquisa ora proposta, conforme descrita por Borschiver e Silva (2016, p. 73), é desenvolvido em 3 (três) etapas principais: etapa pré-prospectiva, na qual é realizado o estudo preliminar sobre o tema; etapa prospectiva, em que primeiramente é definida a estratégia da busca a partir da seleção de palavras-chave, e posteriormente são organizadas as informações para a análise dos resultados, promovendo assim a gestão do conhecimento; etapa pós-prospectiva, com a construção do TRM.; e a análise pós construção dos mapas com vistas de identificar.

Figura 1: Metodologia para a construção do *roadmap* tecnológico.



Fonte: Borschive e Silva, 2016.

Por fim, a etapa *pós-roadmap* caracteriza-se por analisar as tendências tecnológicas acerca dos campos tecnológicos mais explorados (análise vertical) e trajetórias tecnológicas (análise horizontal) dos *players*. Além disso, são observados e discutidos aspectos que dizem respeito as competências, parcerias e atuações organizacionais com o mesmo foco de P&D (BORSCHIVER et al., 2019).

## 2 Rádio Definido por *Software*

As comunicações militares estão em franca transformação no sentido de aplicações em redes. Os sinais transmitidos originam-se em equipamentos radiocomunicadores usados por veículos (aéreos, marítimos e terrestres) tripulados, não tripulados, soldados, mísseis e radares. No campo de batalha exige-se uma comunicação versátil e integrada entre satélites, sensores, dispositivos e rádios. Os equipamentos de comunicações militares são empregados para transmitir voz, vídeo e dados. Esses aspectos têm demandado equipamentos radiocomunicadores nos quais o tamanho do sistema, a segurança, o peso, a potência e sua autonomia são características críticas. Nesse contexto, o Rádio Definido por *Software* (RDS) desponta como uma solução tecnológica capaz de atender as atuais demandas militares (JENKINS, 2007).

Segundo o RDS Forum (2007), o Rádio Definido por Software (RDS) é um sistema de radiocomunicação em que algumas ou todas as funções operacionais do rádio são realizadas por *software*. Ademais, o sistema caracteriza-se por ser capaz de portar novas configurações, quando demandado, e diversos padrões de comunicações, proporcionando assim interoperabilidade com sistemas de comunicação já existentes (MITOLA; ZVONAR, 2001, p.3).

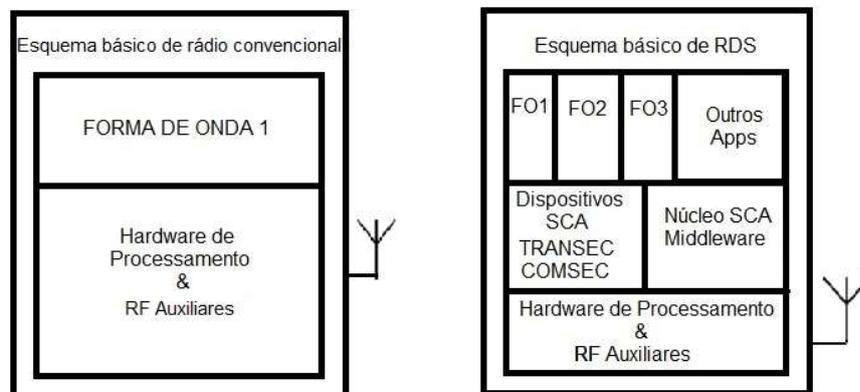
O RDS confere uma série de vantagens quando comparado aos equipamentos rádio desenvolvidos com as tecnologias anteriores. O fato das funções internas ao rádio serem desempenhadas por *softwares*, em detrimento aos componentes físicos, oferece vantagens tais como: flexibilização das configurações do equipamento, adequando-o conforme as necessidades do usuário; redução de custo de manutenção, pois não existe a necessidade de troca de diversos *hardwares*; redução de investimentos em infraestrutura, pois é possível aproveitar sistemas legados de radiocomunicação; rápido acesso a múltiplos mercados, pois viabiliza-se o uso de uma mesma plataforma radiocomunicadora com diversas configurações e padrões de comunicação (FORUM, 2013).

Outro aspecto relevante é a possibilidade da coexistência de multiplicidades de padrões de comunicação (comunicações via satélite, comunicações móveis, comunicações aplicadas aos órgãos de segurança pública, WiMax e Wi-Fi) em um mesmo equipamento. Tal característica permite ao usuário do RDS comunicar-se com diferentes meios de comunicação (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017).

Ademais, operações conjuntas entre órgãos e agências de esferas federal, estadual e municipal, tais como as operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), poderiam se beneficiar com o emprego do RDS. Pois essa tecnologia é capaz de integrar e atuar com os distintos meios de comunicação das Forças Armadas, Forças Auxiliares e órgãos de segurança pública (BRASIL, 2014),

O RDS estrutura-se, de modo geral, da seguinte forma: arquitetura de *hardware* baseada em *General Purpose Processor* (GPP); arquitetura de *software* baseada em *Software Communications Architecture* (SCA); *FrontEnd* (módulo RF) operando nas faixas de frequência HF, VHF e UHF (3 até 512 MHz) e em vários níveis de potência; capacidade de georreferenciamento; técnicas de segurança nas comunicações (COMSEC) e na transmissão (TRANSEC); suporte ao *Automatic Link Establishment* (ALE) em HF; suporte técnico de *Time Division Multiple Access* (TDMA) para transmissão simultânea de dados; e voz na faixa de VHF (EXÉRCITO, 2012 apud MONTEIRO, 2019). A Figura 2 dispõe esquemas básicos para representar os rádios legados convencionais e o RDS.

Figura 2: Esquemas básicos de Rádios Convencionais e RDS.



Fonte: Elaboração própria com base em (BRANCO et al., 2014; FORUM, 2013).

Das supracitadas soluções tecnológicas empregadas pelo RDS ressalta-se a *Software Communications Architecture* (SCA). O SCA é uma infraestrutura padronizada de implementação do Rádio Definido por *Software*. Originalmente proposto pelo *Joint Tactical Radio System* (JTRS), programa de desenvolvimento de rádios militares financiado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (ADRAT et al., 2016). Atualmente o programa é mantido pelo *Joint Tactical Networking Center* (JTNC) em colaboração com diversas indústrias e organizações

que lançam o SCA para além do domínio militar e o exploram em projetos acadêmicos e comerciais (ADRAT et al., 2016; PAIVA JUNIOR et al., 2012).

Ressalta-se que na transição do JTRS para o JTNC, o foco do desenvolvimento que antes era dedicado à plataforma de RDS passou a ser em formas de onda (FORUM, 2015a, p.17).

Forma de onda é o conjunto de transformações aplicadas à informação para sua transmissão e recepção, como, por exemplo, protocolos, modulação e filtragem (MORENO et al., 2014); - detalhes adicionais são apresentados na seção 2.1.

O SCA define um ambiente operacional comum para os equipamentos rádios, baseado em componentes e interfaces, e dessa forma o sistema dispõe de mecanismos comuns para implantar aplicações e controlar dispositivos de diferentes plataformas (PAIVA JUNIOR et al., 2012).

Adicionalmente, ter um ambiente operacional tal qual o SCA possibilita as seguintes vantagens: redução de custo e de tempo para a customização dos equipamentos, bem como menor sobrecarga logística por meio da intercambiabilidade entre componentes; inserção simplificada de novos recursos no rádio para atender aos requisitos em constante evolução, prolongando a vida útil da plataforma e protegendo o investimento original; interoperabilidade de coalizão aprimorada por intermédio da portabilidade de formas de onda; e redução dos riscos de desenvolvimento (ADRAT et al., 2016; PUCKER; RENAUDEAU, 2012). Dado os benefícios estratégicos, diversos governos lançaram programas de P&D em SCA RDS, a Figura 3 ilustra os países e respectivos programas.

Figura 3: Adoção global do padrão SCA para RDS.



Fonte: FORUM (2015b)

Foram originadas diversas parcerias entre países destacados na Figura 3 e empresas, tais como a General Dynamics, Thales, Rockwell Collins, Harris Corporation, Rafael Advanced Defense Systems, Raytheon, Rohde & Schwarz, Selex ES, Ultra Electronics, Data Link Solutions (DLS) e ViaSat. Essa sinergia na P&D promoveu o lançamento de equipamentos rádios baseados no SCA, o que contribuiu para impulsionar a adoção do RDS pelos mercados civil e militar (ADRAT et al., 2017).

## 2.1 Formas de Onda

A transmissão ou o recebimento de informações mediante o emprego de sistemas de radiocomunicações envolve um conjunto de operações e transformações realizadas nos respectivos sinais, por interconexões entre dispositivos físicos (*hardwares*) e unidades de execução de rotinas lógicas (*softwares*). Tais operações ambicionam a correta transmissão de informações, assim como a capacidade de recuperar as informações originais associadas aos sinais recebidos. O conjunto de operações e transformações recebe a denominação de Forma de Onda (FO), sendo também conhecida como protocolo, padrão ou aplicação rádio de comunicação (PAIVA JUNIOR et al., 2012).

Desta maneira, uma aplicação rádio é denominada de Forma de Onda e corresponde ao núcleo funcional de um RDS, pois abrange tecnologias tais como “modulação, equalização, sincronização, codificação de canal, codificação de fonte, algoritmos de salto em frequência, algoritmos de beamforming<sup>3</sup>, códigos de correção de erro e protocolos de comunicação de camada física, de enlace e de rede” (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017, p.14).

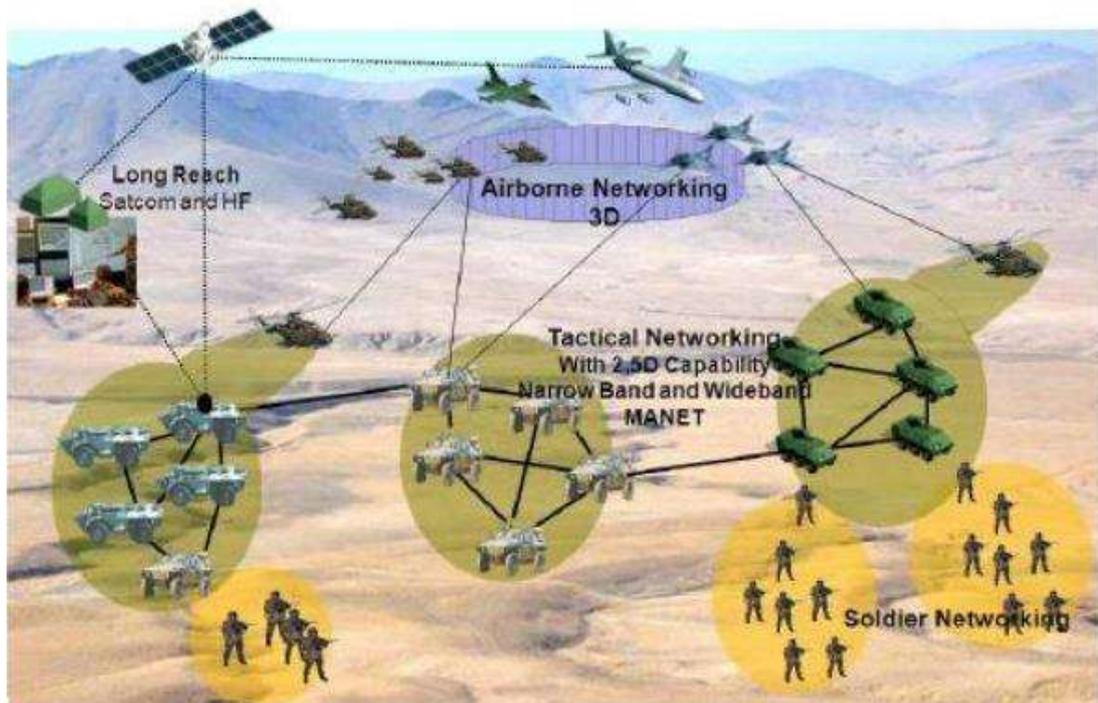
Por fim, cabe ressaltar que para as formas de onda militares são interessantes os seguintes aspectos: flexibilidade para atuar em diferentes frequências, modulações e canais, bem como em múltiplos conjuntos de blocos de funções de banda base; viabilidade de portabilidade, na qual a mesma forma de onda pode ser usada em várias plataformas rádio comunicadoras; e interoperabilidade, viabilizando assim, trafegar voz, vídeo e dados (JENKINS, 2007).

<sup>3</sup> *Beamforming* é uma técnica que utiliza múltiplas antenas para formar um feixe de transmissão direcional do transmissor para o receptor (XU et al., 2018).

## 2.2 Programas Internacionais de Desenvolvimento de Formas de Onda para Rádio Definido por Software Militares

Estudos de mercado, como FORUM (2013, 2015), mostraram que a tecnologia do RDS se tornou um expoente nos sistemas de comunicações militares, sendo a produção de rádios táticos baseados no RDS estimada em US \$ 5 bilhões em 2015 (ADRAT et al., 2016). Esse mercado foi impulsionado por uma maior diversidade de tipos de operações, tais como: conflitos de alta intensidade, operações de paz, assistência e recuperação de desastres e operações de GLO. Nesse cenário, tornou-se imperativo prover a interoperabilidade de equipamentos rádios de diferentes fabricantes para possibilitar que forças multinacionais, bem como órgãos e agências a nível federal, estadual e municipal, possam atuar em operações conjuntas e combinadas (BRASIL, 2014; PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017; PUCKER; RENAUDEAU, 2012). A Figura 4 exemplifica a diversidade de núcleos de origens de comunicações em um teatro de operações militares.

Figura 4: Ilustração da interoperabilidade no Teatro de Operações.



Fonte: (FORUM, 2015).

O Rádio Definido por *Software* revela-se como uma solução para dispor da interoperabilidade apresentada pela Figura 4. A tecnologia RDS permite que um único equipamento suporte requisitos de comunicação multimodo e multibanda, hospede formas de onda comuns a diferentes nações. Esse último recurso pode ser estendido

para suportar formas de onda comerciais, civis e de segurança pública e defesa, admitindo a interoperabilidade adicional com o sistema de comunicação civil, conforme necessário (PUCKER; RENAUDEAU, 2012).

Dada as vantagens, diferentes governos e seus parceiros industriais iniciaram programas de P&D das tecnologias do RDS. A Figura 5 ilustra os esforços de P&D de RDS no mundo.

Figura 5: Esforços de P&D de RDS no mundo



Fonte: Pucker e Renaudeau, 2012.

O *Joint Tactical Radio System* (JTRS) foi o primeiro programa de P&D de RDS e originou-se nos Estados Unidos no ano de 1997 com um orçamento de 37 bilhões de dólares (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017). O programa direcionou seus esforços para três eixos: desenvolvimento de novas formas de onda de rede *ad-hoc* móvel (MANET<sup>4</sup>) e também portabilidade de formas de onda legadas para garantir compatibilidade retroativa; desenvolvimento do padrão SCA e interfaces de programação de aplicativos (API) associadas; e desenvolvimento e aquisição de plataformas SDR, incluindo a plataforma de Rádio Móvel Terrestre (*Ground Mobile Radio-GMR*) e a plataforma *Handheld, Manpack e Small Form Factor* (HMS).

<sup>4</sup> rede ad hoc móvel (MANet), permite que a voz e os dados sejam roteados de forma inteligente por caminhos de autoconfiguração, por meio de vários rádios. Quando o alcance ou os obstáculos são grandes demais para um único link LOS, a mensagem simplesmente passa pelo prédio, "pulando" do rádio para o rádio até o destinatário desejado (BADDELEY, 2008).

O JTRS foi encerrado em setembro de 2012 e transformado no programa *Joint Tactical Networking Center* (JTNC), cujo foco é o desenvolvimento de novas formas de onda e prover a interoperabilidade entre as forças armadas americanas e de coalizão (FORUM, 2013).

Também na América do Norte, o centro canadense de pesquisa em comunicações, *Communications Research Centre* (CRC), possui linhas de pesquisa e desenvolvimento de RDS, SCA e formas de onda (CANADA, 2007). Além disso, o Canadá prevê o desenvolvimento do RDS no escopo do projeto *Integrated Soldier System Project* (ISSP) (ANDREW WHITE, 2015).

Na Europa, o programa transnacional *European Secure Software Defined Radio* (ESSOR), iniciado no ano de 2009 e mantido pelos países da França, Itália, Espanha, Suécia, Finlândia e Polônia, tem por objetivo desenvolver arquitetura de RDS e formas de onda para fins militares, bem como oferecer referencial normativo necessário para o desenvolvimento e a produção de rádios definidos por *software* na Europa (“ESSOR | OCCAR”, 2009). Adicionalmente, os programas nacionais da Alemanha (SVFuA), da França (Contact), da Suécia (GTRS), da Itália (Forza NEC), da Dinamarca, do Reino Unido e da Espanha, estão realizando P&D de formas de onda para serem suportadas pela tecnologia RDS (FORUM, 2013, 2015)

Também pode-se destacar o programa internacional *Coalition Wideband Networking Waveform* (COALWNW) iniciado no ano de 2009 e mantido pelos países da Austrália, Finlândia, França, Alemanha, Itália, Espanha, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos, que tem por objetivo o desenvolvimento conjunto de uma nova forma de onda de banda larga, baseada em SCA, para transmitir voz, vídeo e dados seguros e para permitir a interoperabilidade tática entre as forças da coalizão desses países (FORUM, 2013, 2015).

Dada a participação de diversos países-membros em comum, existe uma sinergia entre o COALWNW e o ESSOR. Nesse contexto, parte dos requisitos do COALWNW foi realizada em grupos técnicos de trabalho do programa ESSOR. Desta forma, espera-se que haja futuramente uma convergência entre os requisitos dos dois programas (ARREGHINI et al., 2016).

Outros países como o Brasil (RDS-Defesa), Turquia (TASMUS, TUBITAK), Cingapura, Índia, Austrália, Coreia do Sul, Japão, Emirados Árabes Unidos e Israel também possuem programas de identificação de soluções de rádios militares

disponíveis no mercado (*military off-the-shelf* (MOTS)) ou realizam P&D próprios de formas de onda, arquitetura SCA e RDS (ADRAT et al., 2017; FORUM, 2015; JANE'S, 2019; SINGH; ADRAT; ANTWEILER, 2010).

### **2.3 Programa Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa**

O Ministério da Defesa publicou a Portaria nº 2.110-MD, de 9 de agosto de 2012, que instituiu o Programa Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa (RDS-Defesa), sob a responsabilidade do Centro Tecnológico do Exército (CTEx). Tal empreendimento tem por objetivo a obtenção de novas capacidades de comunicações rádio às Forças Armadas brasileiras por meio da Pesquisa e do Desenvolvimento (P&D) de tecnologias dedicadas à interoperabilidade nas comunicações táticas, com a garantia de atuação, liberdade de ação e segurança no espaço cibernético, bem como à premência de reduzir a dependência a equipamentos importados (PAIVA JUNIOR et al., 2012).

Dada a complexidade do Programa e tomando como referência os projetos desenvolvidos por outros países, foi criado no CTEx o Núcleo de Inovação e Pesquisa em Comunicações Aplicadas à Defesa (NIPCAD), para realizar a P&D na área e gerenciar o desenvolvimento técnico, os recursos humanos e financeiros das Forças Armadas e de órgãos de fomento alocados no empreendimento (BRANCO et al., 2014).

O RDS-Defesa foi planejado para dois ciclos de desenvolvimento. O primeiro, tendo sido iniciado em dezembro de 2012, visa desenvolver protótipos de rádios veiculares embarcáveis em vetores navais e terrestres. Já no segundo ciclo, pretende-se o desenvolvimento de protótipos de rádios menores e mais leves, denominados *handheld* e *manpack* (BRANCO et al., 2014).

A execução das fases iniciais do primeiro ciclo de P&D do RDS-Defesa contou com a participação do próprio CTEx, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), e das empresas Mectron, Hidromec e mais recentemente a AEL (BRANCO et al., 2014; MONTEIRO, 2019).

O primeiro ciclo do Programa foi estruturado em 4 (quatro) fases, nas quais foram desenvolvidos até a 2ª fase, protótipos de RDS veiculares operando nas faixas de HF e VHF (BRANCO et al., 2014, p.10). Além disso, o RDS-Defesa caminha para

dar início à sua 3ª fase da P&D, sendo almejado para tanto o desenvolvimento de formas de onda capazes de operar na banda UHF (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017, p.12).

Ressalta-se que a atual geração de comunicações táticas de solo conta com uma combinação de: formas de onda de banda estreita funcionando em VHF, preferencialmente, dispendo de comunicação na distância de até 30 km, mas com capacidades reduzidas de *throughputs* (16 kbps); e formas de onda de banda larga em UHF, preferencialmente, fornecendo espectro adicional e proporcionando capacidades de *throughput* de até 2 Mbps, porém com uma redução de distância da capacidade de comunicação (até 10 km) (FORUM, 2015).

### 3 Etapa Pré-Prospectiva

A etapa pré-prospectiva é caracterizada primeiramente pela primeira aproximação a respeito do escopo abordado, visando assim obter uma visão geral do estado da arte e chegar a uma formulação de estratégias de busca que se sucederá na etapa prospectiva (CARDOSO; BOMTEMPO; BORSCHIVER, 2017, p.497).

Ressalta-se que a revisão bibliográfica e os levantamentos de palavras-chave e tecnologias-foco em reuniões realizadas com o coorientador e especialista em tecnologias do RDS, possibilitou acelerar a compreensão quanto ao tema de maneira a efetuar estudos com buscas orientadas mesmo nesta etapa inicial.

Nesta etapa, o conhecimento acerca do tema de formas de onda e rádios definidos por *software* foi delineado e as principais taxonomias foram identificadas.

Da mesma forma que Borschiver e Silva (2016), o método utilizado no presente trabalho foi consubstanciado em informações técnicas ostensivas obtidas a partir de documentos da mídia especializada, de artigos científicos e de processos patentários.

#### 3.1 Protocolos de Comunicação em UHF

Estudos acerca do RDS-Defesa apontaram para a demanda da 4<sup>o</sup> fase do primeiro ciclo de P&D do programa, qual seja: formas de onda capazes de operar em UHF (*Ultra High Frequency*) (PRADO FILHO; GALDINO; MOURA, 2017). Desse modo, o estudo foi direcionado para formas de onda dessa banda de frequência, a serem empregadas no RDS e dedicadas a aplicações militares e/ou segurança pública.

Sob essa perspectiva, foi identificado que o Departamento de Defesa (DoD) dos Estados Unidos implementou um modelo de negócio estratégico de realizações de compras direcionadas ao mercado de RDS, na qual os rádios portassem formas de onda que garantissem a interoperabilidade entre os diferentes equipamentos adquiridos. Sendo as aplicações rádio *Soldier Radio Waveform* (SRW) e *Wideband Network Waveform* (WNW), que operam na banda de frequência UHF, classificadas entre as principais formas de onda demandadas (FORUM, 2015).

Por outro lado, o padrão de comunicação *Long-term Evolution* (LTE) é desenvolvido pelo 3GPP<sup>5</sup> (*3rd Generation Partnership Project*) como uma tecnologia de comunicação de banda larga móvel de 4ª Geração (4G) e que atua em UHF. O principal objetivo do LTE é possibilitar aplicações rádios com alta capacidade de trafegabilidade de dados e de velocidade por meio das redes sem fio (KUMBHAR et al., 2017).

A despeito do LTE ter sido proposto pelo 3GPP com o foco no mercado civil de telefonia móvel, esse padrão de comunicação tem sido avaliado por Órgãos de Segurança Pública, pelo Departamento de Defesa Americano (DoD), pelo Departamento de Defesa Nacional (*Department of National Defence* - DND) Canadense e em vários outros exércitos em todo o mundo (FORUM, 2013; KUMBHAR et al., 2017).

Neste contexto, ressaltaram-se como possíveis soluções a serem propostas para o desenvolvimento da 4ª fase do RDS-Defesa as formas de onda *Long Term Evolution* (LTE), *Soldier Radio Waveform* (SRW) e *Wideband Network Waveform* (WNW) (ARENA et al., 2014; FORUM, 2013, 2015).

Por fim, cabe destacar que o *Coalition Wideband Waveform* (COALWNW) também foi identificado como um padrão de comunicação capaz de operar em UHF, porém os estudos realizados apontaram que essa forma de onda se encontra em fase inicial de desenvolvimento, ou seja, com baixa maturidade tecnológica (FORUM, 2015). Desta forma, não foram conduzidos estudos adicionais sobre essa tecnologia no presente trabalho.

### **3.1.1 Soldier Radio Waveform (SRW) e Wideband Network Waveform (WNW)**

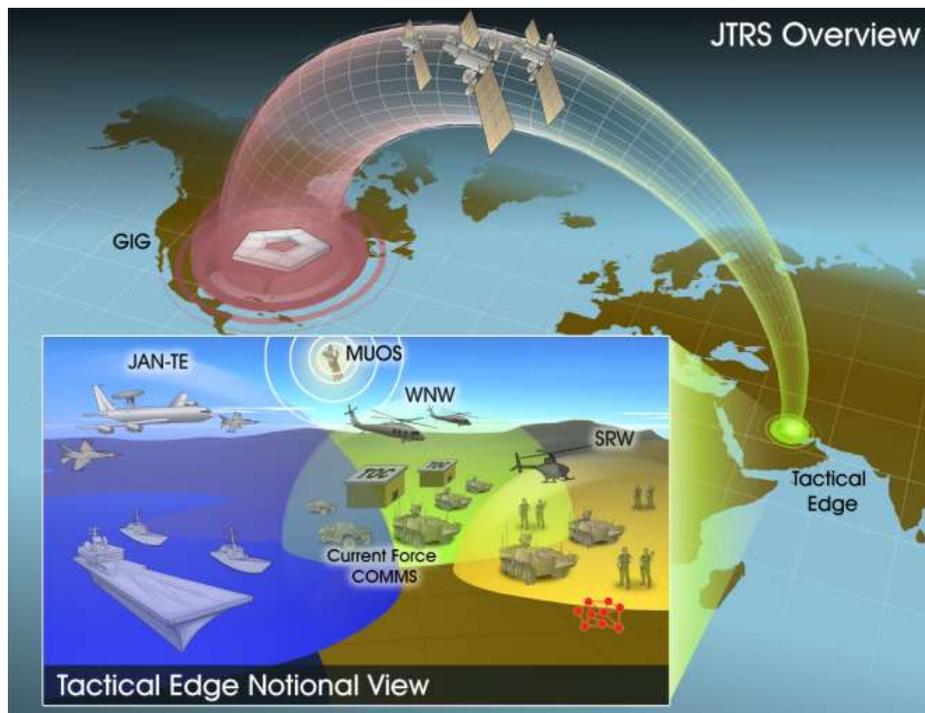
O Departamento de Defesa Americano (DoD), por meio do programa JTRS, desenvolveu uma série de rádios definidos por *software* e formas de onda multibanda para transferir voz, dados, imagens e vídeos, objetivando conectar pequenas unidades táticas com redes de comunicações maiores no campo de batalha (WARE, 2014).

O DoD definiu as formas de onda *Wideband Networking Waveform* (WNW), relacionada ao RDS na versão veicular, e a *Soldier Radio Waveform* (SRW), atinente

<sup>5</sup> <https://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp>

a versão do RDS de emprego pessoal do soldado, para desempenharem papéis críticos nas comunicações do campo de batalha (STEPHENS; MAGSOMBOL; BROWNE, 2008) . A Figura 6 ilustra a rede de comunicação idealizada pelo JTRS.

Figura 6: Rede de comunicação no campo de batalha.



Fonte: STEPHENS, MAGSOMBOL e BROWNE (2008).

O SRW é uma forma de onda que fornece recursos de voz, dados e vídeos para pequenas unidades de combate e sistemas não tripulados. Possui interoperabilidade com outras formas de onda de rede de alta capacidade, como o WNW, permitindo assim troca de informações com redes mais amplas. Além disso, oferece um serviço de comunicação por voz tipo *Push-to-Talk* (PTT), possibilitando que os usuários participem de grupos de chamadas de comunicação por voz (MARWICK; KRAMER; LAPRADE, 2015).

Adicionalmente, a aplicação rádio foi projetado para operar como uma rede ad-hoc móvel (MANET), possibilitando a comunicação por intermédio de uma rede autoconfigurável e sem a necessidade de torres para retransmitir sinais de rádio. O protocolo de roteamento da forma de onda é proativo e monitora continuamente a conectividade de seus membros, reformando automaticamente para acomodar nós perdidos ou descobertos e constituindo de forma adaptável caminhos de roteamento ideais entre integrantes da rede (MARWICK; KRAMER; LAPRADE, 2015).

O WNW foi projetado para exercer a função de rede *backbone*<sup>6</sup> entre veículos aéreos e terrestres e para fornecer conectividade aos postos de comando nos níveis de pelotão, companhia e batalhão (OSBORN, 2011; WARE, 2014).

Com recursos de rede ad-hoc móvel, o WNW é capaz de atuar em zona urbana ou em um ambiente com restrições no terreno, pois pode localizar nós específicos da rede e determinar o melhor caminho para a transmissão das informações. A forma de onda redireciona e retransmite os sinais sempre que o terreno ou as estruturas bloqueiam os usuários que tentam se comunicar além da linha de visão (WARE, 2014). Além disso, esta aplicação rádio tem o recurso de prover interoperabilidade entre as redes militares e civis americanas, principalmente por IP (*Internet Protocol*) (ANDERSON; STEVENS; MABE, 2001).

Os desenvolvimentos das formas de onda SRW e WNW foram iniciados no ano de 2002. Durante o ano de 2009 as aplicações rádio foram aprovadas nos testes de qualificação formal (avaliação realizada por intermédio de uma rede de 30 nós com uma topologia operacional relevante), demonstrando assim uma maturidade associada a tecnologias testadas em ambiente operacional relevante (KIM; TALLON, 2010).

O subprograma do JTRS, denominado *Network Enterprise Domain* (NED), foi o responsável pelo desenvolvimento das tecnologias SRW e WNW. O NED foi ainda incumbido do desenvolvimento da forma de onda *Mobile User Objective System* (MUOS) e de prover a interoperabilidade das novas aplicações rádio com os protocolos legados de comunicação das forças armadas americanas. O custo total do subprograma, conforme levantamento publicado no ano de 2010, foi de 2 bilhões (KIM; TALLON, 2010).

Ademais, o JTRS foi originalmente idealizado para substituir 750 mil rádios legados (distribuídos entre 25 a 30 modelos distintos), das forças armadas americanas. Nesse contexto, havia a expectativa do endereçamento de 200 bilhões de dólares, no prazo de 10 anos de JTRS, para o mercado de RDS e formas de onda (JANE'S, 2018).

O supracitado valor gerou grande interesse das organizações empresariais do setor de defesa, atraindo diversos parceiros para o programa. Desta forma, as

<sup>6</sup> backbone se refere às principais linhas de rede que conectam várias redes locais ( LANs ) juntas (TECHTERMS, 2016).

atividades de P&D e manufatura contaram com a participação das empresas General Dynamics, Boeing, Thales, Rockwell Collins, BAE Systems, Lockheed Martin, Harris Corporation, Raytheon, Exelis, Northrop Grumman, JDW e Viasat (JANE'S, 2018).

Além disso, a partir do conhecimento gerado pelo JTRS foram obtidos os seguintes protótipos, ou produtos, inspirados pelo programa: modelo de desenvolvimento de engenharia (*Engineering Development Model*-(EDM)) de Rádio Aerotransportado de Pequeno Porte, da Lockheed; Rádio Multinível Inter-Intra RTR / PRM-148 JTRS, da Thales; Rádio Veicular de Rede de Camada Intermediária (MNVR), das empresas Northrop Grumman e Exelis; FALCON III AN / PRC-152, FALCON III AN / PRC-117G, MNVR (AN / VRC-118) e rádio RF-330E-TR, da Harris; Rifleman Radio (AN / PRC-154) e rádio HMS Manpack (AN / PRC-155), da General Dynamics; Modelo de Desenvolvimento de Engenharia GMR JTRS, da Boeing; Rádio AMF JTRS Small Airborne, da JDW; Terminal Tático Pequeno (STT) KOR-24, das empresas Viasat e Harris; e AN / PRC-155 TruNet GR, da Rockwell Collins (JANE'S, 2018).

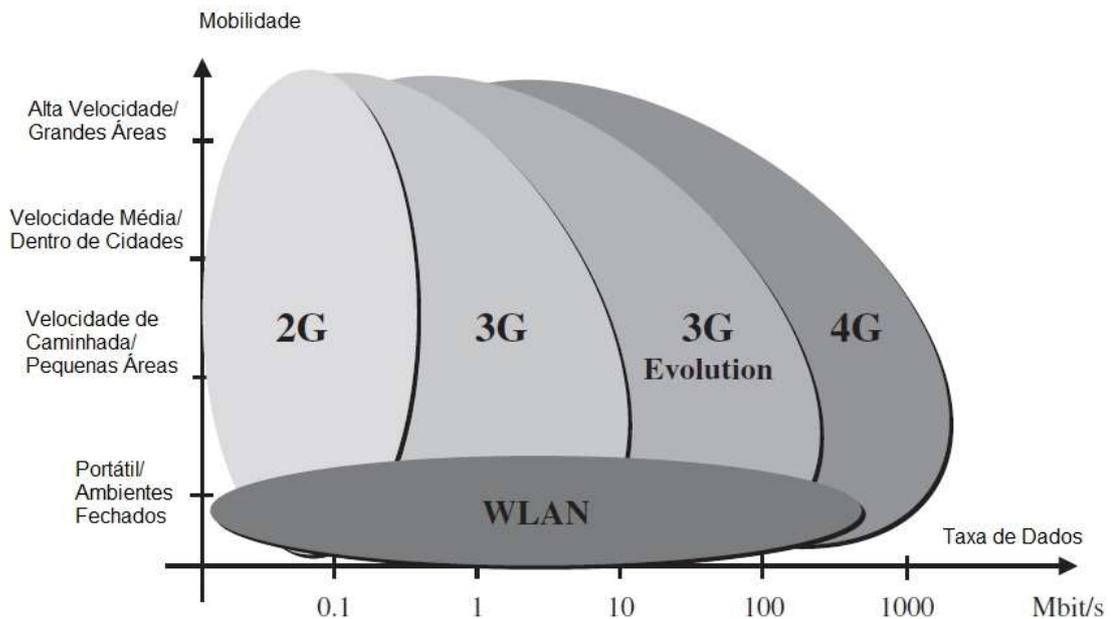
### 3.1.2 Long Term Evolution (LTE)

A maior parte da informação transmitida nas redes atuais são de dados e não de voz. A demanda por serviços orientados a pacotes de alta taxa para voz, áudio, vídeo, imagem e dados, está em franco aumento e excede a largura de banda dos sistemas anteriores (2G e 3G). Dessa maneira, o sistema sem fio LTE (4G) apresenta-se como solução tecnológica para prover serviços multimídia com alta velocidade e com capacidade de se conectar a diferentes redes para suportar vários serviços: tráfego comutado, pacotes de dados IP e serviços de *streaming* de banda larga, como vídeo (FAZEL; KAISER, 2008).

Os serviços orientados a aplicativos multimídias impõem o uso eficiente do espectro, pois demandam a disponibilidade de forma instantânea de alta largura de banda. Assim, o sistema de banda larga 4G é projetado de modo a realizar a multiplexação estatística para atender adequadamente a cada usuário com uma fração da largura de banda necessária. Desta forma, o sistema é capaz de alocar capacidade de transmissão específica e instantaneamente, mesmo considerando um número suficientemente grande de usuários (FAZEL; KAISER, 2008).

Outro aspecto relevante do LTE é a mobilidade provida ao usuário e a alta capacidade de taxa de transmissão de dados. A Figura 7 apresenta a taxa de dados versus a mobilidade para padrões legados e o 4G.

Figura 7: Taxa de dados versus mobilidade em padrões sem fio.



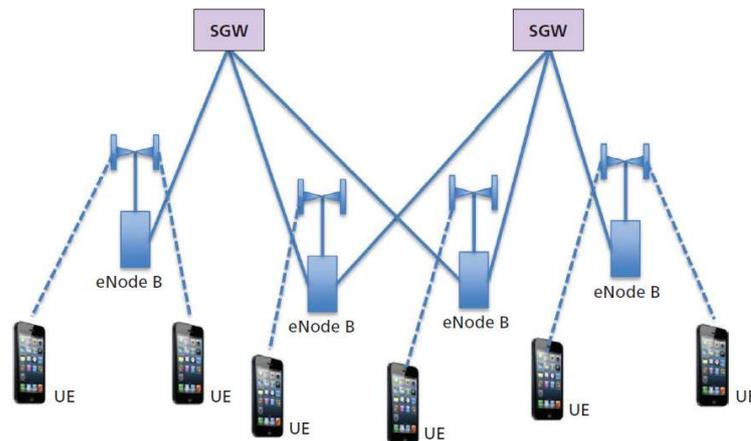
Fonte: FAZEL e KAISER, (2008).

O sistema 2G (GSM) oferece alta mobilidade, mas uma baixa taxa de dados. Os sistemas 3G (WCDMA/UMTS), 3G Evolution (HSPA) e LTE oferecem mobilidade semelhante à do GSM, mas proveem taxas de dados mais altas. As taxas de dados suportadas variam de vários Mbit/s com HSPA até mais de 300 Mbit/s fornecido pelo 4G. O padrão WLAN (IEEE 802.11) foi projetado para serviços de dados de alta taxa com baixa mobilidade e baixa cobertura (ambientes internos) (FAZEL; KAISER, 2008).

Adicionalmente, o LTE emprega tecnologias adaptativas usando vários modos de transmissão, isto é, permitindo diferentes combinações de codificação e modulação de canal em conjunto com controle de potência. Esta técnica permite: dispor de alta qualidade de som (voz) na maioria das condições de recepção e uma qualidade aceitável na pior área de recepção; prover diferentes qualidades de vídeo em relação a distância do demandante do serviço; e o espalhamento variável, para que se tenha uma boa troca entre cobertura e mobilidade, pois em áreas de alta cobertura com um alto atraso de propagação, grandes fatores de espalhamento podem ser aplicados e em áreas de baixa cobertura com um pequeno atraso de propagação, o menor fator de espalhamento pode ser usado (FAZEL; KAISER, 2008).

Na arquitetura da rede sem fio LTE, representada na Figura 8, os usuários com dispositivos móveis sem fio (p. ex. telefones celulares) se conectam à rede de acesso de rádio (*radio access network-RAN*) por meio de pontos de acesso aprimorado de rede sem fio NodeB (eNodeB).

Figura 8: Arquitetura de Comunicações Celulares Sem Fio LTE.



Fonte: ARENA et al., (2014).

O gateway de serviços iniciais (*services gateway-SGW*) constituem a rede de *backhaul* LTE que por meio de fibra ótica ou links sem fio ponto-a-ponto de alta capacidade se conectam aos eNodeBs. O eNodeB é o *hub* central da rede, estação rádio base (*radio base station-RBS*), e é o responsável por gerenciar as conexões dos equipamentos dos usuários. Todas as tecnologias que realizam a conexão entre o equipamento do usuário e o eNodeB por intermédio do canal sem fio, constituem o que é chamado de forma de onda LTE (ARENA et al., 2014).

O LTE é a forma de onda mais avançada desenvolvida até hoje pela indústria comercial para comunicações sem fio e está sendo amplamente adotada em todo o mundo para redes celulares 4G (ARENA et al., 2014). Todavia, tem ganhado cada vez mais atenção no setor de defesa, sendo possível identificar diversas iniciativas comerciais apresentadas no mercado de rádios definidos por *software*.

A Bittium, uma empresa finlandesa especializada em comunicações, apresentou *Tough Software Defined Radio* (SDR). Este equipamento apresenta a possibilidade de portabilidade de forma de onda, operação de faixa de frequência estendida e a adição opcional de módulo LTE, desta forma, esses rádios podem interoperar com redes governamentais e comerciais (TIGKOS, 2018). Outras iniciativas comerciais serão abordadas na etapa prospectiva do presente trabalho.

#### 4 Metodologia e Definição das Estratégias

A etapa prospectiva do presente trabalho é consubstanciada a partir de análises realizadas em informações ostensivas de documentos da mídia especializada, de artigos científicos e de processos patentários (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

Na presente metodologia é convencionado o seguinte entendimento sobre a temporalidade para cada tipo de documento: os artigos oriundos da mídia especializada, sempre que versarem sobre ações, tecnologias, parcerias e outros movimentos recentes, expressam informações referentes ao “estágio atual” do mapa tecnológico; as patentes representam as informações a serem alocadas no “curto prazo” do mapa, pois retratam tecnologias mais próximas de sua fase comercial; os depósitos de pedido de patentes referem-se ao “médio prazo” do *roadmap*, pois a tecnologia está mais distantes da fase comercial já que o pedido de proteção ainda encontra-se em análise pelos escritórios de patente (p.ex. INPI, USPTO, etc); e os artigos científicos versam sobre a perspectiva de “longo prazo”, pois geralmente demonstram estudos acadêmicos de grau inicial do desenvolvimento tecnológico (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

No que se refere às informações científicas e tecnológicas, podem-se destacar o uso de artigos científicos e documentos de patentes como instrumentos de transmissão do conhecimento produzido e codificado verbalmente (BORSCHIVER; SILVA, 2016). A análise desses documentos permite verificar o desenvolvimento de uma determinada tecnologia.

O artigo científico é o principal meio pelo qual ocorre a divulgação formal dos resultados das pesquisas e do conhecimento produzido nas ciências naturais. Constitui-se como a forma utilizada pela comunidade científica para corroborar os estudos já realizados e inspirar novas pesquisas (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

A documentação patentária é a fonte mais rica e detalhada de informação de caráter técnico disponível no mundo. Nela também estão contidas informações sobre o estado da técnica de um elemento crítico, que a partir de citações de outras literaturas, esclarece-se o avanço do desenvolvimento tecnológico pleiteado no pedido depositado (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

A partir da análise do domínio científico e tecnológico, por intermédio de artigos e patentes, pode-se levantar resultados de PD&I, produtividade, estrutura de

desenvolvimento de uma tecnologia e indústria específica, parceiros e concorrentes no mercado, produtos, processos, dentre outros. Além disso, o número de documentos difundidos reflete o vigor tecnológico de uma determinada organização e/ou país (BORSCHIVER; SILVA, 2016).

#### 4.1 Metodologia para a seleção das Estratégias de Busca

A partir da revisão bibliográfica foram levantadas as palavras-chave (variações de escrita, siglas, termos afetos e sinônimos) das formas de onda, do Rádio Definido por *Software* e dos termos que relacionam as tecnologias ao emprego militar. A Tabela 1 apresenta as palavras que constituem as estratégias das buscas.

Tabela 1- Palavras-chave empregadas nas buscas.

Escopo da Busca	Palavras-chave
RDS	" <i>software defined radio</i> " OR " <i>software-defined radio</i> "
SRW	"Soldier Radio Waveform" OR "Soldier-level integrated communications environment" <sup>7</sup>
WNW	"wideband network waveform" OR "wideband networking waveform"
LTE	"long term evolution" OR "long-term evolution" OR 4G
Aplicações militares	military OR defense OR army OR "armed forces" OR coalition OR "command and control" OR "public safety"

Fonte: Elaboração própria.

Durante as buscas foram empregados operadores booleanos (AND e OR) para inter-relacionar as palavras-chave. O operador "OR" foi usado para relacionar os termos afins e o "AND" para criar o cruzamento de expressões complementares, sob a perspectiva do escopo do trabalho. Para exemplificar, a estratégia de busca que relacionou o LTE com o RDS e o emprego militar, possui a seguinte sentença: ("long term evolution" OR "long-term evolution" OR 4G) AND ("*software defined radio*" OR "*software-defined radio*") AND (military OR defense OR army OR "armed forces" OR coalition OR "command and control" OR "public safety"). Cabe salientar que as aspas são usadas em estratégias, cujo objetivo é identificar documentos que possuam correspondência exata do termo no texto.

<sup>7</sup> Soldier-level integrated communications environment é um projeto de aprimoramento do SRW, para que essa forma de onda possa prover consciência situacional (DIPIERRO et al., 2006).

Outro aspecto considerado na formulação das estratégias foi o não cruzamento do SRW e do WNW com o RDS e o emprego militar. Esta condicionante foi motivada pelo fato destas formas de onda terem sido desenvolvidas para o emprego no RDS e para as forças armadas americanas. Portanto, não faria sentido impor tais restrições na busca. Ademais, as estratégias consideraram somente os termos afins de cada protocolo de comunicação.

Os documentos da mídia especializada, os artigos científicos e as patentes foram alcançados a partir do acesso à internet, facilitando assim a obtenção das informações. No entanto, para a realização das buscas, foram consideradas as seguintes condições: uso de bases confiáveis e reconhecidas pela qualidade das informações fornecidas; e uso de bases cujos acervos possuem elevado quantitativo de documentos, para viabilizar uma ampla visão do desenvolvimento científico e tecnológico relacionado as tecnologias foco.

As buscas dos artigos da mídia especializada, dos artigos científicos e das patentes foram estruturadas de modo a resgatar os documentos publicados até o ano de 2016. Esta restrição foi motivada pelo prazo dado aos depositantes de patentes via Tratado de Cooperação em matéria de Patentes (PCT)<sup>8</sup>. O PCT é um mecanismo internacional de pedidos de patente que concede até 30 meses, a partir da data do depósito, para que os depositantes venham a escolher em quais países o processo será dado andamento. Portanto, a partir desta restrição, foi possível identificar com maior exatidão os países mais relevantes para as tecnologias estudadas.

Adicionalmente, foi realizado um estudo quanto a difusão tecnológica das formas de onda, sendo considerado para tanto as publicações (artigos e patentes) distribuídas pelos anos. Assim, não caberia a adoção de anos finais distintos entre as estratégias de buscas, pois tal situação inviabilizaria a análise ou levaria a uma conclusão equivocada sobre a adoção tecnológica das aplicações rádio.

Por fim, salienta-se que este item tem por objetivo descrever a metodologia de seleção das estratégias de busca relacionadas a obtenção dos documentos da mídia especializada, das patentes e dos artigos científicos, - que servem de base para a etapa prospectiva do presente trabalho.

<sup>8</sup> <https://www.wipo.int/pct/pt/index.html>

#### 4.1.1 Busca em Mídia Especializada

Para a obtenção das informações da mídia, relacionadas ao estágio atual do *roadmap*, foi utilizado o periódico Jane's by IHS Markit<sup>9</sup>, que é uma base de mais de 100 anos de existência e especializada em assuntos militares, aeroespaciais e de transporte. Desta forma, a Jane's fornece informações atuais e de reconhecida qualidade para os setores de defesa e segurança.

A contratação da base foi efetuada pelo Ministério da Defesa (MD)<sup>10</sup> e prevê o acesso à coleção completa das publicações da Jane's (<https://www.janes.com/#>), em formato eletrônico, para cada uma das três Forças Armadas brasileiras (Exército, Marinha e Aeronáutica).

Cabe destacar que a Jane's possui diretórios de artigos sobre tecnologias e equipamentos de comando, controle, comunicação e consciência situacional; parcerias entre governos e empresas/indústrias; e mercados de Defesa e Segurança. Desta forma, a base atende as perspectivas relacionadas ao escopo e delimitações de assuntos do presente estudo.

Portanto, foi privilegiado o uso da Jane's by IHS Markit, vislumbrando ainda aprimorar a prática de uso do periódico e explorar suas potencialidades para a obtenção de informações qualificadas e pertinentes ao estágio atual, para a posterior construção do *roadmap*.

As estratégias de busca foram consolidadas a partir das seguintes condicionantes:

- Foi aplicado o filtro “*full text*”, fazendo com que as buscas identificassem artigos cujas palavras-chave estivessem contidas no corpo do texto;
- As buscas foram limitadas para publicações que ocorreram até 31/12/2016; e
- Foi aplicado o filtro “C4ISR systems” (sigla para *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance e Reconnaissance*), ou seja,

<sup>9</sup> <https://www.janes.com/>

<sup>10</sup> A base de dados foi contratada pelo Ministério da Defesa por intermédio do contrato nº 31/2015, processo nº 60330.000629/2015-34, assinado em 31/12/2015 e prorrogável anualmente até 30/12/2020 [<https://www.defesa.gov.br/licitacoes-e-contratos>]. A última renovação de licença ocorreu em dezembro de 2018 com valor total de US\$ 265.883,31 (duzentos e sessenta e cinco mil e oitocentos e oitenta e três dólares e trinta e um cents) [[http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55467483](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55467483)].

restringiram-se os resultados das buscas aos artigos relacionados as tecnologias de comando, controle, comunicação, computação, inteligência, vigilância e reconhecimento, todas elas afeitas ao campo tecnológico de interesse do escopo do trabalho. A fim de esclarecimento, cabe ressaltar que as informações excluídas da pesquisa tratavam dos seguintes temas: armas e munições; veículos terrestres; sistemas de propulsão; veículos aéreos; logística, ferramentas e *upgrades* de veículos terrestres; equipamento de segurança interna; sistemas de defesa química, biológica, radiológica e nuclear (QBRN); veículos marítimos; sistemas de simulação e treinamento; e sistemas e veículos espaciais.

Atentando para o estudo que suceder-se-á para a difusão tecnológica, foram estruturadas estratégias de busca para a identificação das publicações relacionadas as formas de onda que servem de base para o trabalho. A Tabela 2 apresenta as estratégias e os resultados.

Tabela 2-Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados na Jane's.

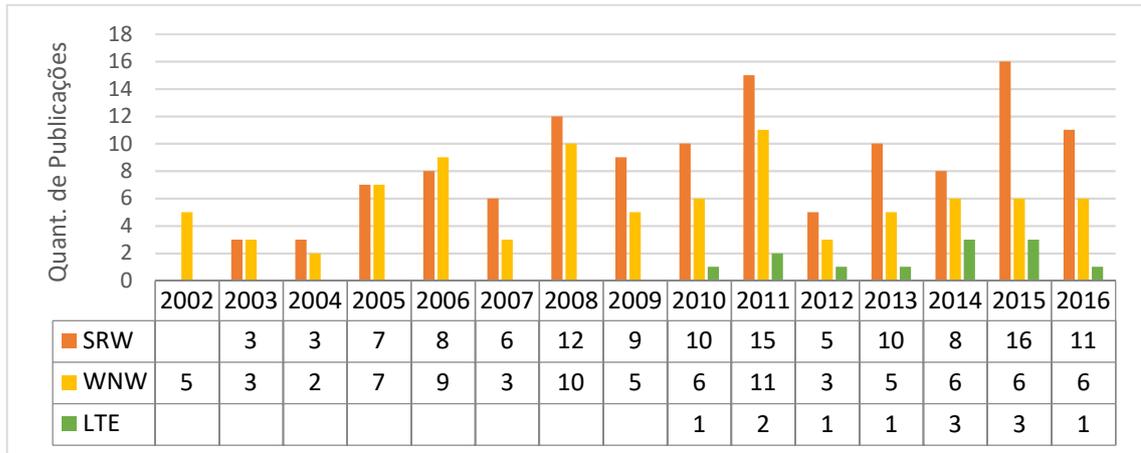
Estratégias	Resultado (Quantidade de publicações)
"Soldier Radio Waveform" OR "Soldier-level integrated communications environment"	123
"wideband network waveform" OR "wideband networking waveform"	87
("long term evolution" OR "long-term evolution" OR 4G) AND ("software defined radio" OR "software-defined radio")	12

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Jane's.

Os dados apresentados na Tabela 2 ratificam os apontamentos da etapa pré-prospectiva quanto ao escopo de atuação das formas de onda. O SRW e o WNW são mais explorados pela editora *Jane's by IHS Markit*, denotando assim, que estas aplicações rádios possuem maior relevância para o setor de defesa até o ano de 2016.

Na Figura 9 estão dispostos os quantitativos de publicações distribuídos pelos anos.

Figura 9: Publicações por ano referentes as formas de onda.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Jane's.

A Figura 9 demonstra que o LTE, apesar de originar-se no mercado civil, começa a ser apreciado também no meio militar. Adicionalmente, a figura demonstra que até o ano de 2016 essa aplicação rádio ainda não detinha relevância e adoção equiparada as formas de onda SRW e WNW. Todavia, a partir das pesquisas complementares do domínio científico e tecnológico será possível identificar se essa tecnologia possui tendência de crescimento no setor de defesa.

A Tabela 3 apresenta a relação, em ordem decrescente, das 20 empresas mais citadas nas estratégias de buscas relacionadas a cada forma de onda.

Tabela 3 - Relação das 20 empresas mais citadas nas buscas da Jane's.

Nr Ord	SRW	WNW	LTE
1	Thales	Thales	Thales
2	General Dynamics	General Dynamics	Elbit Systems
3	ITT	Boeing	General Dynamics
4	Raytheon	Rockwell Collins	BAE Systems
5	Boeing	BAE Systems	Harris Corporation
6	Rockwell Collins	Raytheon	Lockheed Martin
7	BAE Systems	Lockheed Martin	Rheinmetall
8	Lockheed Martin	ITT	L-3 Communications
9	Harris Corporation	Northrop Grumman	Raytheon
10	Northrop Grumman	Harris Corporation	Saab
11	Elbit Systems	Elbit Systems	Ultra Electronics
12	Selex	Selex	Airbus Defence and Space
13	Exelis	ViaSat	Indra
14	ViaSat	Kongsberg Gruppen	Israel Aerospace Industries (IAI)
15	Saab	Airbus Defence and Space	Nexter
16	Rheinmetall	ASELSAN	QinetiQ

17	Textron	Exelis	Rafael Advanced Defense Systems
18	Airbus Group	Textron	RUAG
19	Cobham plc	Ultra Electronics	Bharat Electronics Ltd (BEL)
20	General Atomics	Finmeccanica	Bittium

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Jane's.

Cabe destacar que a Tabela 3 não apresenta a relação completa das organizações empresariais identificadas pelas respectivas estratégias, tendo sido obtido para as buscas relacionadas ao SRW um total de 66 empresas, ao WNW um total de 54, e ao LTE um total de 35.

Além disso, cada empresa possui um número o qual está relacionado a quantidade de vezes que ela foi citada considerando o total de artigos obtidos pelas respectivas estratégias. Desta forma, as 20 (vinte) organizações relacionadas para cada forma de onda correspondem a: 83% do total de citações, para as buscas afetas ao SRW; 85% do total de citações, para as buscas do WNW; e 83% do total de citações, para as buscas do LTE. A relação completa das empresas, com as respectivas porcentagens de citações, encontra-se disposta no Apêndice A.

Análises adicionais acerca das informações extraídas da mídia especializada serão apresentadas na etapa prospectiva e pós-prospectiva.

#### 4.1.2 Busca em Patentes

Para a obtenção das informações do domínio tecnológico, atinentes ao médio e curto prazo do mapa tecnológico, foi empregado o LexisNexis® PatentStrategies<sup>11</sup>. Esta ferramenta via *web* permite acessar informações de mais de 100 autoridades de patentes e possui banco de dados bibliográficos com mais de 60 milhões de documentos pesquisáveis em “pdf” e atualizados semanalmente.

<sup>11</sup> <https://www.lexisnexis.com.br/>

A licença de uso da supracitada ferramenta foi adquirida<sup>12</sup> pela Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC)<sup>13</sup> e permite a busca por palavras-chave e o gerenciamento de informações patentárias pelos dados bibliográficos e de texto completo pesquisável, incluindo imagens, citações, status legal (litígios) e famílias de patentes, além de possibilitar a edição de gráficos e a exportação de dados.

No sistema LexisNexis® PatentStrategies<sup>14</sup> foram selecionados os seguintes parâmetros para a pesquisa:

- A busca das palavras-chave ocorreu em todos os campos do documento patentário (título, resumo, reivindicações, relatório descritivo e figuras/desenhos);
- Foram considerados os processos patentários vigentes e expirados/abandonados, pois para o estudo acerca da adoção da tecnologia é considerado o conhecimento difuso e acumulado ao longo dos anos;
- As buscas foram limitadas para publicações que ocorreram até 31/12/2016;

A Tabela 4 apresenta o quantitativo de patentes publicadas para cada protocolo de comunicação.

Tabela 4 - Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados no Lexis Nexis.

Estratégias	Resultado (Quantidade de publicações)
"Soldier Radio Waveform" OR "Soldier-level integrated communications environment"	96
"wideband network waveform" OR "wideband networking waveform"	120
("long term evolution" OR "long-term evolution" OR 4G) AND ("software defined radio" OR "software-defined radio") AND (military OR defense OR army OR "armed forces" OR coalition OR "command and control" OR "public safety")	615

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Lexis Nexis.

<sup>12</sup> Nº Processo: 64219004047201815. Objeto: Contratação de fornecimento de duas licença do aplicativo Patent Strategies, uma licença do aplicativo Total Patents One com catorze meses de duração e uma licença do aplicativo Newsdesk por catorze meses. Total de Itens Licitados: 00002. Fundamento Legal: Art. 25º, Inciso I da Lei nº 8.666 de 21/06/1993. Justificativa: Contratação com fornecedor ou prestador de serviço exclusivo declaração de Inexigibilidade em 30/08/2018. JORGE DA SILVA FILHO. Ordenador de Despesas. Valor Global: R\$ 164.145,47. CNPJ CONTRATADA: 22.813.952/0001-67 LEXISNEXIS INFORMACOES E SISTEMAS EMPRESARIAIS LTDA. [BRASIL. EXTRATO DE INEXIGIBILIDADE DE LICITAÇÃO Nº 25/2018 - UASG 160291. Brasília: DOU Diário Oficial da União. Publicado no D.O.U. de 31 de agosto de 2018]

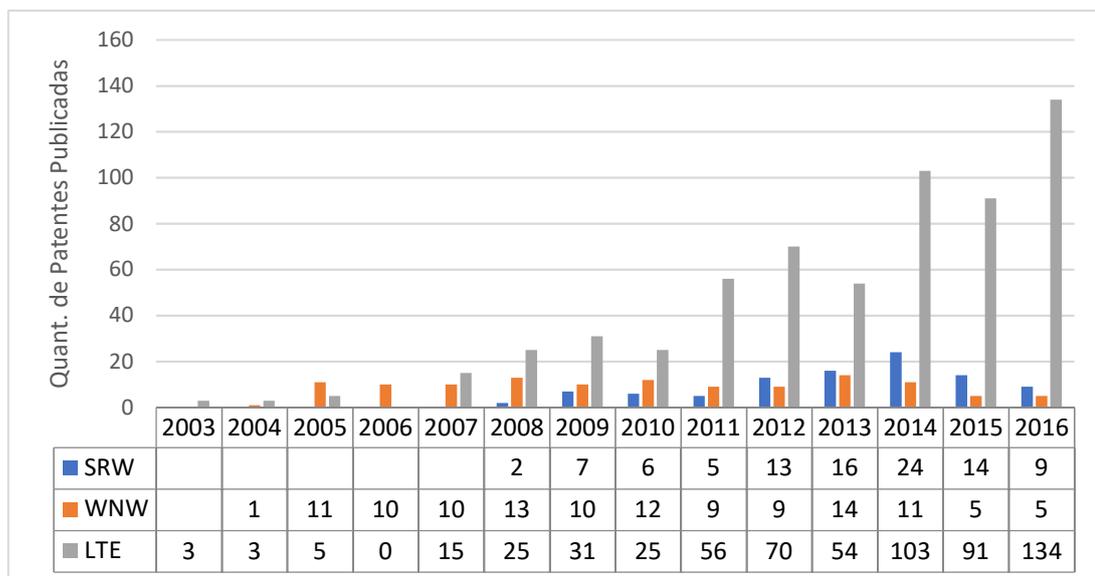
<sup>13</sup> <http://www.dct.eb.mil.br/index.php/nu-agitec>

<sup>14</sup> <https://app.lexisnexispatentstrategies.com/>

Os dados apresentados na Tabela 4 apontam para a prevalência do desenvolvimento do domínio tecnológico do LTE, quando comparado com as demais formas de onda. No entanto, há de se considerar que as aplicações rádio SRW e WNW foram desenvolvidas em um escopo de projetos do Departamento de Defesa Americano, sendo assim natural que seja menos explorada a divulgação de soluções tecnológicas desses protocolos, pois equipamentos e sistemas militares são geralmente salvaguardados por segredo industrial. Todavia, a tabela revela que os setores industriais estão atentos para o potencial uso do LTE no setor de defesa e segurança pública.

Na Figura 10 estão dispostos os quantitativos de publicações de patentes distribuídos pelos anos.

Figura 10: Publicações de Patentes por ano referentes as formas de onda.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Lexis Nexis.

A Figura 10 demonstra que o LTE, apesar de originar-se no mercado civil com desenvolvimento posterior ao SRW e ao WNW, teve soluções tecnológicas protegidas pelo instituto da patente antes das demais formas de onda. Tal fato advém de o LTE ter sido inicialmente contemplado a partir de infraestruturas já instaladas da tecnologia 3G, conforme prescrito pela 3GPP, fazendo assim, progressos tecnológicos incrementais<sup>15</sup>. Outro aspecto relevante, é o fato dos atores industriais relacionados à forma de onda LTE terem identificado o potencial uso militar da tecnologia já nos anos iniciais de seu desenvolvimento.

<sup>15</sup> <https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>

A Tabela 5 apresenta, para cada forma de onda, a relação das 10 empresas que mais depositaram patentes. As organizações estão dispostas na tabela em ordem decrescente de número de depósitos.

Tabela 5 - Relação das 10 empresas que mais depositaram patentes.

Nr Ord	SRW	WNW	LTE
1	BAE Systems plc	Harris Corporation	Acacia Research Corporation
2	Coherent Logix Incorporated	BAE Systems	InterDigital, Inc.
3	Harris Corporation	Boeing	AT&T Inc.
4	The Boeing Company	General Dynamics	Rearden, LLC
5	HARRIS GLOBAL COMMUNICATIONS, INC.	Holowave Incorporated, California	QUALCOMM, Inc.
6	Auriga Measurement Systems, LLC	United Technologies Corporation	General Motors Company
7	Motorola Solutions Inc	Harris Global Communications Inc	SMARTSKY NETWORKS LLC
8	BANC3, Inc.	Auriga Measurement Systems	Nokia Corporation
9	General Dynamics Corporation	The Mitre Corporation Massachusetts	Intellectual Ventures Management, LLC
10	United Technologies Corporation	Lockheed Martin	Telefonaktiebolaget LM Ericsson

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Lexis Nexis.

A Tabela 5 não apresenta a relação completa das organizações empresariais identificadas pelas respectivas estratégias, tendo sido obtido para as buscas relacionadas ao SRW um total de 16 empresas, ao WNW um total de 14, e ao LTE um total de 95. A relação completa das empresas encontra-se disposta no Apêndice B.

Ademais, as 10 (dez) organizações relacionadas para cada forma de onda correspondem a, aproximadamente: 93% do total de processos patentários, para as buscas afetas ao SRW; 97% do total, para as buscas do WNW; e 36% do total, para o LTE. Salienta-se que o LTE apresentou um relevante quantitativo de 122 (cento e vinte e dois) processos efetuados por inventores independentes, o que corresponde a 20% do total dos documentos obtidos pelas buscas.

### 4.1.3 Busca em Artigos Científicos

Para a obtenção das informações do domínio científico, relacionadas a visão de longo prazo do mapa, foi empregada a base *Scopus Elsevier*<sup>16</sup>. Esta ferramenta via *web* permite acessar mais de 71 milhões de resumos e citações indexados, revisados por especialistas e atualizados diariamente. Assim, a base disponibiliza acesso aos dados bibliográficos de trabalhos publicados em revistas científicas, livros, anais de conferências, dentre outros tipos de materiais.

O Scopus cobre tópicos de pesquisa em todas as disciplinas técnicas e científicas, inclusive do *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*<sup>17</sup>, dispondo, portanto, de dados indexados no que se refere à conhecimentos científicos e tecnológicos da eletricidade, da tecnologia da informação e da comunicação. Além disso, possibilita o gerenciamento de informações por meio de ferramentas inteligentes para rastrear, analisar e visualizar pesquisas.

A supracitada ferramenta é disponibilizada pelo Portal de Periódicos CAPES, franqueado o acesso a todos os alunos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)<sup>18</sup>. Neste contexto, foi privilegiado o uso do Scopus, vislumbrando ainda aprimorar a experiência de uso na ferramenta já disponível, bom como otimizar as pesquisas demandadas.

No sistema Scopus Elsevier foram selecionados os seguintes parâmetros para a pesquisa:

- A busca foi realizada por todos os campos (*All Fields*) do documento (p.ex. título, resumo, palavras-chave, corpo do texto);
- Para todos os tipos de documento (p.ex. *Article, Review, Conference paper, Business Article, Books e Book Chapter*), pois para a o estudo acerca da adoção da tecnologia é considerado o espectro mais amplo, difuso e acumulado ao longo dos anos;
- Para todo tipo de acesso (*Open Access ou Other*); e

<sup>16</sup> <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>

<sup>17</sup> <http://www.ieee.org.br/organizacao/>

<sup>18</sup> <http://hucff.biblioteca.ufrj.br/index.php/servicos/aceso-remoto-ao-portal-de-periodicos-capes>

- As buscas foram limitadas para publicações que ocorreram até 31/12/2016.

A Tabela 6 apresenta o quantitativo de publicações científicas para cada forma de onda.

Tabela 6 - Estratégias de buscas com os respectivos resultados quantitativos de documentos levantados no Scopus.

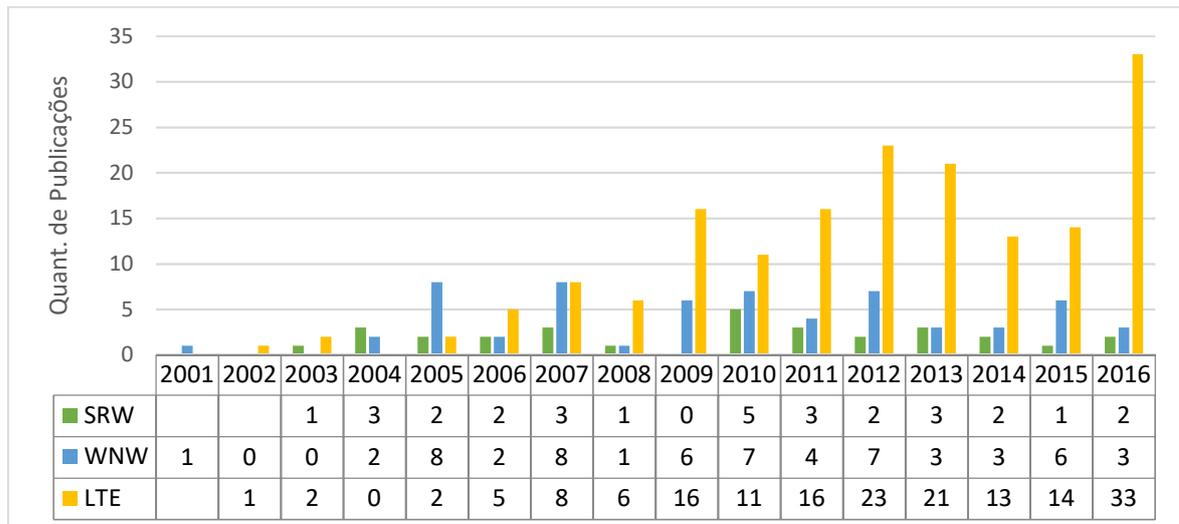
Estratégias	Resultado (Quantidade de publicações)
"Soldier Radio Waveform" OR "Soldier-level integrated communications environment"	30
"wideband network waveform" OR "wideband networking waveform"	61
("long term evolution" OR "long-term evolution" OR 4G) AND ("software defined radio" OR "software-defined radio") AND (military OR defense OR army OR "armed forces" OR coalition OR "command and control" OR "public safety")	171

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Scopus.

Os dados apresentados na Tabela 6 apontam para a prevalência do desenvolvimento do domínio científico do LTE, quando comparado com as demais formas de onda. No entanto, há de se considerar que as aplicações rádio SRW e WNW foram desenvolvidas em um escopo de projetos do Departamento de Defesa Americano, sendo assim natural que sejam menos explorados os resultados das pesquisas desses protocolos, pois equipamentos e sistemas militares são geralmente salvaguardados por segredo industrial. Todavia, a tabela revela que os centros acadêmicos e departamentos de pesquisa estão atentos para o potencial uso do LTE no setor de defesa e segurança pública.

Na Figura 11 estão dispostos os quantitativos de publicações científicas e acadêmicas, distribuídos pelos anos.

Figura 11: Publicações do domínio científico por ano referentes as formas de onda.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da base Scopus.

A Figura 11 demonstra que o LTE, apesar de originar-se no mercado civil, obteve o interesse do meio científico para realizações de pesquisas focadas para o potencial uso no segmento militar e de segurança, concomitantemente com estudos relacionados as formas de onda SRW e WNW. Além disso, a figura demonstra o crescimento de publicações do domínio científico sobre o LTE em aplicações militares, denotando forte tendência de uso dual (civil e militar) para essa tecnologia.

A Tabela 7 apresenta, para cada forma de onda, a relação das 20 instituições que mais fizeram publicações científicas. As organizações estão dispostas na tabela em ordem decrescente de número de publicações.

Tabela 7 - Relação das 20 instituições que mais fizeram publicações científicas.

Nr Ord	SRW	WNW	LTE
1	MITRE Corporation	National University of Sciences and Technology Pakistan	Virginia Polytechnic Institute and State University
2	Boeing Corporation	MITRE Corporation	Nanyang Technological University
3	TrellisWare Technologies, Inc.	Hongik University	Beijing University of Posts and Telecommunications
4	United States Army	MIT Lincoln Laboratory	Tampere University of Technology
5	MIT Lincoln Laboratory	Boeing Corporation	RMIT University
6	NASA Glenn Research Center	AIMS, Inc.	University of Tennessee, Knoxville
7	Booz Allen Hamilton, Inc.	Rockwell Collins, Inc.	National University of Defense Technology
8	U.S. Army Research Laboratory	Kolodzy Consulting	Wright-Patterson AFB

9	Product Management Office PMO	Defense Research Project Agency	Universidade Tecnológica Federal do Parana
10	G2 Software Systems	University of Maryland	WiSpry Inc.
11	ATEC-OTC	The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory	University of Dayton Research Institute
12	Pragmeering Corporation	U.S. Army Research, Development and Engineering Command	Università degli Studi di Padova
13	Applied Communication Sciences	DSCI	University of Illinois at Urbana-Champaign
14	JTN-Waveforms	Fraunhofer Institute for Communication, Information Processing and Ergonomics FKIE	Western Michigan University
15	Science Applications International Corporation SAIC	OPNET Technologies, Inc.	Universiti Sains Malaysia
16	Istituto per l'elettronica e le Telecomunicazioni "G.Vallauri" - Italian Navy	Honglk University	Shenzhen University
17	Tactical Project Office	WHS Program	Electronics and Telecommunications Research Institute
18	University of Sheffield	G2 Software Systems	Chinese University of Hong Kong
19	Universitetet i Oslo	Defence Electron. Application Lab.	University of Texas at San Antonio
20	U.S. Army Communications and Electronics Command	DSCI Company	Arizona State University

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do Scopus.

A Tabela 7 não apresenta a relação completa das instituições identificadas pelas respectivas estratégias, tendo sido obtido para as buscas relacionadas ao SRW um total de 31 organizações, ao WNW um total de 55, e ao LTE um total de 160. A relação completa das empresas encontra-se disposta no Apêndice C.

Ademais, as 20 (dez) organizações relacionadas para cada forma de onda correspondem a, aproximadamente: 74% do total de publicações, para as buscas afetas ao SRW; 55% do total, para as buscas do WNW; e 25% do total, para o LTE. Saliendo-se assim, o relevante quantitativo de iniciativas institucionais para a realização de pesquisas acerca do LTE empregado pelo RDS e para aplicações militares.

## 4.2 Difusão Tecnológica

O entendimento da adoção de uma tecnologia pelo mercado pode auxiliar gestores em identificar oportunidades de ingressar, manter-se ou abandonar tecnologias relacionadas com seu negócio. Os estudos de difusão têm por objetivo prover uma visão panorâmica da tecnologia em seu setor de atuação, e assim, auxiliar na mitigação dos riscos dos empreendimentos organizacionais de inovação. Desta forma, o estudo sobre a difusão tecnológica das formas de onda pode apoiar o RDS-Defesa em identificar qual aplicação rádio é mais promissora para ser desenvolvida e atender a demanda da 4ª fase do Programa.

A difusão é o processo pelo qual uma inovação é comunicada por intermédio de certos canais ao longo do tempo entre os membros de um sistema social (ROGERS, 1983).

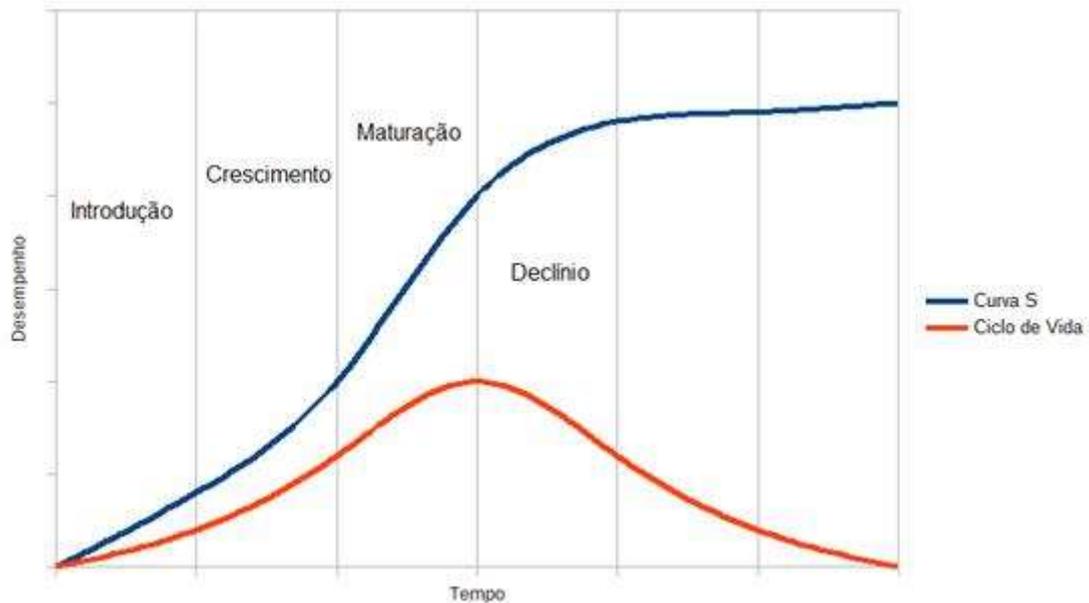
Goffman e Newill (*apud* ARAÚJO, 2006; CORDEIRO, 2010), em 1967, disseram que o desenvolvimento das ideias atua como doenças infecciosas dentro da comunidade científica. Adicionalmente, acerca da tecnologia, observa-se que graduais mudanças quantitativas, acumuladas, resultam em mudanças qualitativas (CARVALHO, 2007). Assim, depreende-se que as publicações de artigos e patentes ao longo dos anos podem representar um processo de difusão tecnológica.

A literatura sobre inovação tem fornecido ferramentas que auxiliam gestores a acompanharem o desempenho da difusão de uma tecnologia ao longo do tempo (FIGUEIREDO, 2015; TIGRE, 2006). Dentre elas, destacam-se a Curva S de inovação e o Ciclo de Vida (FIGUEIREDO, 2015).

Estudos passados apontam que a difusão de uma inovação e/ou tecnologia pode ser representada pelas seguintes formas: ciclo de vida, sendo uma curva de distribuição normal (forma de sino), quando disposto o desempenho da difusão por ano; ou curva de perfil S, quando apresentado o desempenho cumulativo da difusão por ano. Assim, ambas as curvas representam a difusão de uma inovação ao longo do tempo (ROGERS, 1983).

A Figura 12 ilustra, em sua forma genérica, como uma tecnologia evolui e se difunde ao longo do tempo.

Figura 12: Curva S e Ciclo de Vida de difusão da tecnologia e estágios.

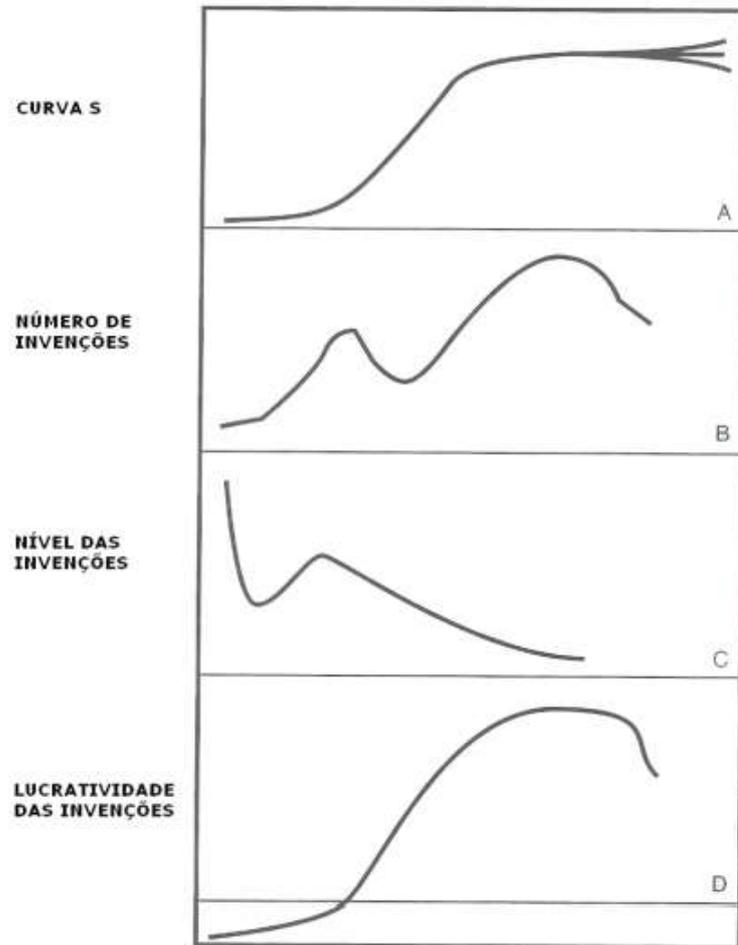


Fonte: Elaboração própria com base em TIGRE (2006) e ROGERS (1983).

A Figura 12 apresenta os quatro estágios do processo de difusão de uma tecnologia, conforme segue: Introdução, no momento em que a tecnologia é adotada por poucas empresas, encontra-se em formação e, geralmente, não foi comercializada, além disso, existe grande incerteza quanto sua viabilidade e aos possíveis resultados comerciais; Crescimento, a fase na qual o processo de difusão se acelera à medida que o conhecimento acumulado aumenta, bem como é aprimorado o desempenho da tecnologia; Maturação, oportunidade em que os aperfeiçoamentos incrementais na tecnologia tornam-se menos frequentes, os processos produtivos padronizam-se e as vendas começam a se estabilizar; e Declínio, estágio a partir do qual a tecnologia inicia sua inflexão e evolui para a obsolescência, e usuários deixam de usá-la em função do surgimento de outras inovações (FIGUEIREDO, 2015; TIGRE, 2006).

Entendimento complementar proposto por Altshuller (apud CARVALHO, 2007), em 1979, apresentado pela Figura 13, associa a evolução da tecnologia com a Curva S (A) e apresenta as respectivas correlações em relação ao número de invenções (B), ao nível inventivo (C) e a lucratividade das invenções (D), ao longo do tempo.

Figura 13: Correlações da Curva S.



Fonte: (CARVALHO, 2007).

Na Figura 13 ressalta-se que a fase introdutória da tecnologia é marcada pelo pequeno número de invenções, máximo nível de inventividade e altas despesas atreladas ao desenvolvimento. O número de invenções cresce até chegar ao pico da curva (C), pois almeja-se viabilizar tecnicamente o novo sistema; além disso, o estágio de crescimento caracteriza-se por queda e retomada do número de invenções, decremento do nível inventivo e início dos ganhos financeiros. A maturidade compreende o incremento reduzido do número de invenções até atingir o ápice em (B), bem como a maximização dos ganhos financeiros com a comercialização da tecnologia. No declínio observa-se o abandono da tecnologia, com a quase estagnação do número de invenções, em (A), e queda dos ganhos financeiros (D) (CARVALHO, 2007; TIGRE, 2006).

Isto posto, a partir dos quantitativos das publicações no domínio científico e tecnológico, apresentados pelas Tabelas 4 e 6, foram consolidadas as informações

assentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Publicações no domínio científico e tecnológico.

Formas de Onda	Domínio Científico	Domínio Tecnológico	Total de Publicações
SRW	30	96	126
WNW	61	120	181
LTE	171	615	786

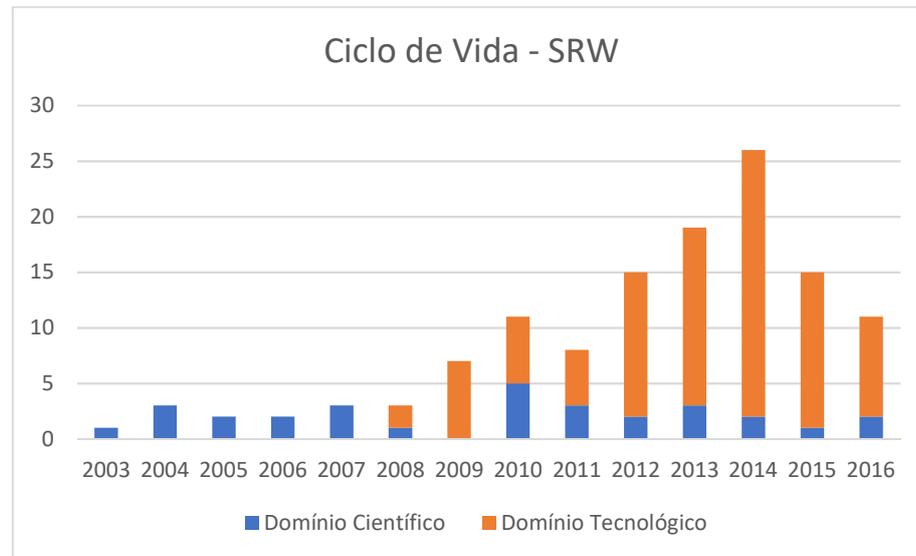
Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis.

Ressalta-se que a Tabela 8 desconsidera os documentos obtidos pela Jane's by IHS Markit, pois esse periódico trabalha com informações sobre tecnologias e equipamentos/produtos com aspectos mercadológicos, portanto não serve de base para a identificação pormenorizada de soluções tecnológicas, tal como os artigos e as patentes. Nesse sentido, os artigos da Jane's não são relevantes a título de difusão tecnológica do conhecimento necessário para o desenvolvimento de aplicações rádio.

A Tabela 8 também revela que o LTE, apesar de ter sido contemplado com foco no mercado civil, encontra-se mais difundido que as demais formas de onda ora analisadas. Demonstrando, desde já, que a comunidade científica enxerga esse protocolo de comunicação como promissor para o uso em RDS e aplicações militares.

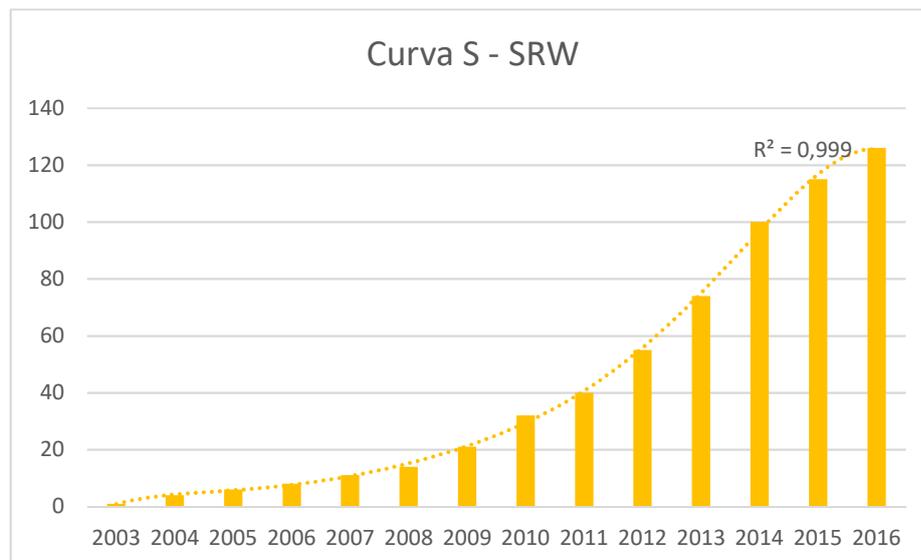
As Figuras 14 e 15 apresentam a curva de ciclo de vida e a curva S, respectivamente, para a forma de onda *Soldier Radio Waveform* (SRW). Conforme visto anteriormente, o ciclo de vida considera o número de publicações por ano, somando o quantitativo do domínio científico com o tecnológico. Enquanto a curva S é a evolução anual cumulativa das publicações científicas e tecnológicas.

Figura 14: Curva de Ciclo de Vida do SRW.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis

Figura 15: Curva S do SRW.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis.

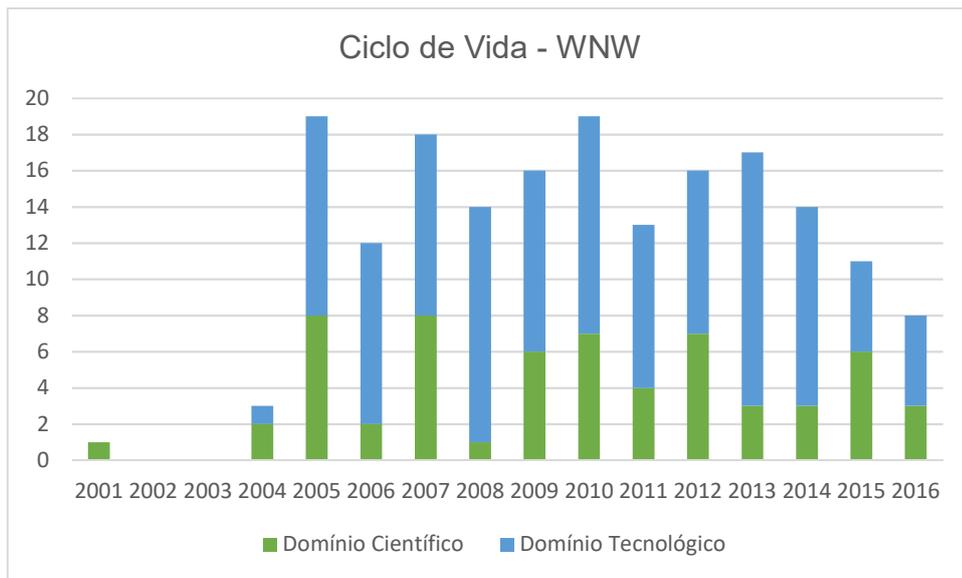
A curva presente na Figura 15 foi incluída por intermédio de um recurso disponível no *Microsoft Office Excel* e corresponde a uma linha de tendência elaborada a partir de um polinômio de grau 6, cujo coeficiente de determinação obtido foi  $R^2=0,999$ .

Considerando *Altshuller* (Figura 13 (A) e (B)), as Figuras 14 e 15 sugerem que a forma de onda SRW encontra-se em estágio de declínio de difusão tecnológica. Além disso, observando aspectos do setor de defesa apresentados pelo quantitativo de publicações da Jane's, disposto na Figura 9, pode-se identificar que esse protocolo

de comunicação, apesar de bastante explorado pelo estágio atual, começa a apresentar sinais de arrefecimento do número de publicações, reforçando assim, o entendimento que o SRW encontra-se desassociado do estágio de maturidade e crescimento de sua adoção.

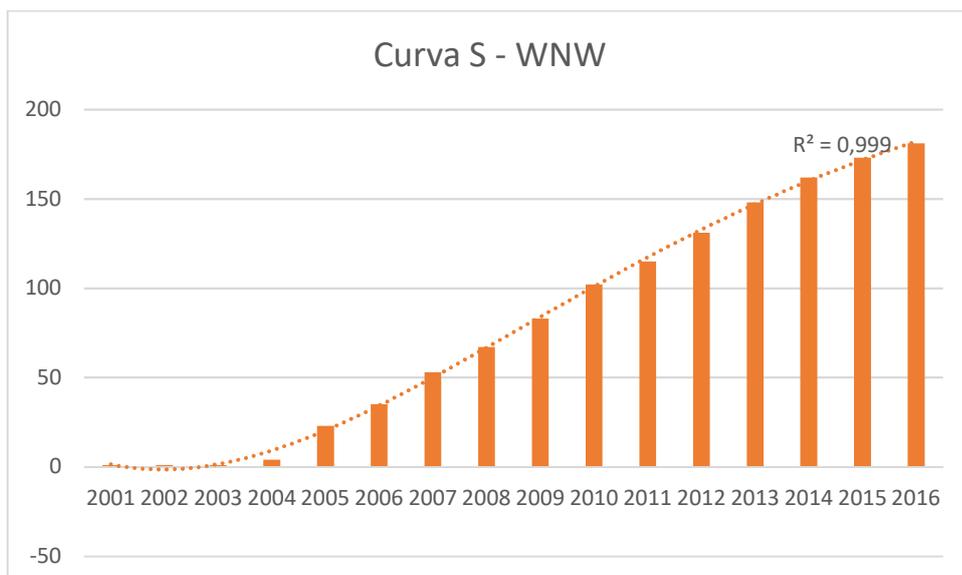
As Figuras 16 e 17 apresentam as curvas S e de ciclo de vida para a forma de onda *Wideband Network Waveform* (WNW).

Figura 16: Curva de Ciclo de Vida do WNW.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis.

Figura 17: Curva S do WNW.



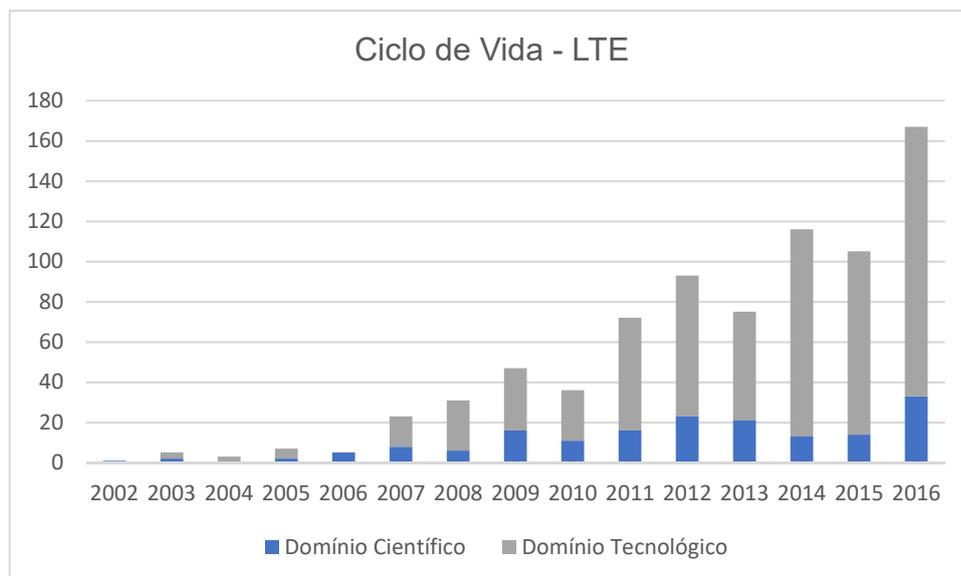
Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis.

A curva presente na Figura 17 é uma linha de tendência elaborada a partir de um polinômio de grau 4, cujo coeficiente de determinação obtido foi  $R^2=0,999$ .

As Figuras 16 e 17 sugerem que a forma de onda WNW encontra-se com a difusão tecnológica em estágio de maturação, pois seu número de publicações decresce desde 2013 (Figura 16) e a linha de tendência na curva S (Figura 17) começa a apresentar concavidade voltada para baixo. Além disso, observando o quantitativo de publicações da Jane's, disposto na Figura 9, pode-se identificar o arrefecimento do número de publicações para o estágio atual, reforçando assim, o entendimento que o WNW se encontra em estágio tecnológico de maturidade.

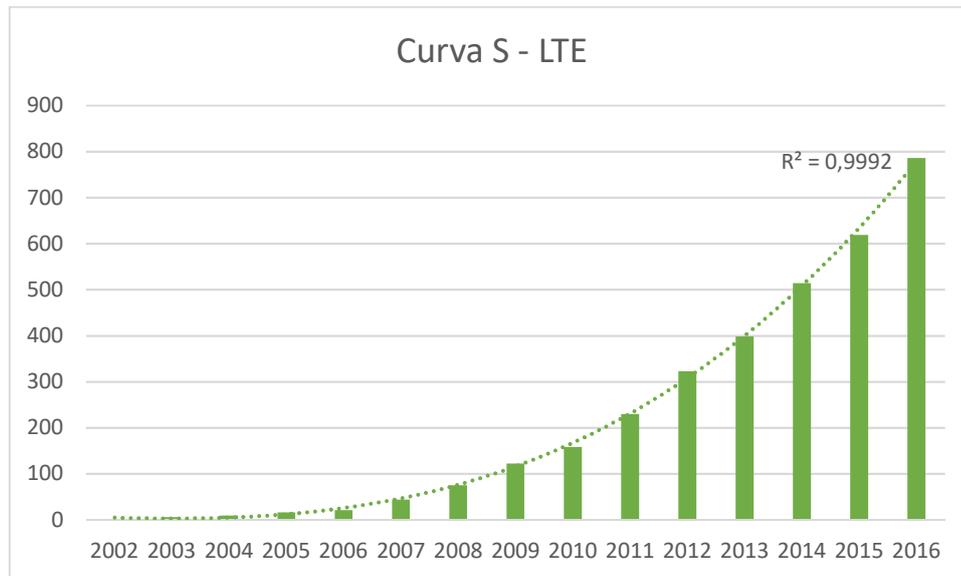
As Figuras 18 e 19 apresentam as curvas S e de ciclo de vida para a forma de onda *Long Term Evolution* (LTE).

Figura 18: Ciclo de Vida do LTE.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis

Figura 19: Curva S do LTE.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações da Scopus e LexisNexis.

A curva presente na Figura 19 é uma linha de tendência elaborada a partir de um polinômio de grau 3, cujo coeficiente de determinação obtido foi  $R^2=0,9992$ .

As Figuras 18 e 19 sugerem que a forma de onda LTE encontra-se com a difusão tecnológica em estágio de crescimento, já que o número de publicações se caracteriza por ser crescente e ter apresentado pequenas quedas e retomadas, conforme observado na Figura 18. Além disso, a curva S (Figura 19) não apresentou qualquer ponto de inflexão, ratificando assim o estágio de difusão crescente. Por outra perspectiva, a Jane's retornou artigos, tal qual TIGKOS (2018), que revela o início dos ganhos financeiros a partir de comercialização de RDS portadores da forma de onda LTE. Desta forma, adotando o entendimento proposto *Altshuller*, o LTE encontra-se em estágio tecnológico de Crescimento.

A partir do estudo da difusão tecnológica das formas de onda em tela, infere-se que o *Long Term Evolution* (LTE) é o padrão mais promissor para se empreender P&D das aplicações rádio para o Rádio Definido por *Software*, tal qual demandado pelo RDS-Defesa. Pois, ao se colocar no papel de uma organização que almeja pesquisar e desenvolver uma tecnologia já existente, não convém investir naquelas que apresentam estágios de declínio ou de maturação da difusão tecnológica, já que, a qualquer tempo as mesmas poderão entrar em declínio ou obsolescência (ROGERS, 1983).

Ademais, o LTE demonstrou: capacidade de uso dual da tecnologia (civil e militar), ampliando assim a possibilidade de *spin-off* do projeto e escalabilidade de

produção por acessar um mercado de consumo mais amplo; e maiores possibilidades de estabelecimento de parcerias estratégicas, conforme visto nos Apêndices B e C existem mais *players* desenvolvendo essa forma de onda.

Desta forma, o escopo de trabalho foi delimitado para o estudo prospectivo da forma de onda *Long Term Evolution* (LTE), visando assim, destacar os aspectos relevantes desta tecnologia aplicável ao RDS e ao emprego militar.

## 5 Etapa Prospectiva

Para que o presente estudo possa ser usado em proveito do RDS-Defesa com a finalidade de auxiliar os gestores no mapeamento dos recursos tecnológicos disponíveis, das evoluções tecnológicas e dos atores globais com as respectivas capacidades instaladas. O objetivo desta etapa foi estudar as tecnologias que compõem a forma de onda LTE, aplicável ao RDS e com possibilidades explícitas de uso militar, bem como as empresas que atuam no desenvolvimento e exploração comercial das soluções tecnológicas existentes.

Para tanto, foram realizados refinamentos nas estratégias de buscas apresentadas na Seção 4, “Metodologia e Definição das Estratégias”, a fim de se estratificar os documentos que atendessem aos objetivos desta etapa. Assim, foram adicionadas às buscas os seguintes termos:

- Para a análise do “estágio atual” foram adicionadas informações mais recentes sobre as tecnologias, desta forma, para a etapa prospectiva foram considerados os documentos publicados até o ano de 2018 na Jane’s;
- Para a análise do “médio prazo”, depósitos de pedido de patente, e do “curto prazo”, patentes (concedidas), foram considerados somente os processos vigentes e os depositados por organizações (empresas, universidades, centros de pesquisa etc.). Assim, foram desconsiderados os processos patentários expirados e/ou abandonados e os depositados por inventores independentes. Objetivando assim, realizar o estudo das tecnologias com maiores chances de serem lançadas no mercado; e
- A base Scopus realiza buscas em documentos do tipo livro, capítulo de livro, artigos de revisão, artigos científicos e de congresso/conferência. Porém, para o “longo prazo” da etapa prospectiva, conforme a metodologia empregada, foram considerados os artigos científicos e de congresso/conferência. Além disso, foram considerados somente os documentos que possuísem as indexações das palavras-chave “rádio definido por software”, “SDR”, “aplicações militares”, “comunicações militares” e “segurança pública”. Este critério de refinamento da busca pelas palavras-chave foi conveniente para direcionar o estudo para os documentos que efetivamente focavam no LTE a ser usado em conjunto com o RDS e em comunicações militares.

A Tabela 9 apresenta, para cada estágio do mapa tecnológico, o quantitativo dos documentos obtidos pelas buscas após o refinamento sugerido acima, - portanto,

foram considerados 235 (duzentos e trinta e cinco) documentos para a etapa prospectiva. Além disso, os Apêndices D, E, F e G dispõem a relação completa dos títulos dos documentos da mídia especializada, das patentes, dos processos de depósitos de pedido de patente e dos artigos científicos, respectivamente.

Tabela 9 - Quantidade de documentos para cada Estágio Temporal.

Estágio Atual	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
30	112	36	57

Fonte: Elaboração própria

Após a pesquisa e coleta dos documentos há a realização da análise sistemática dos dados para que se consiga extrair as informações necessárias (BORSCHIVER; SILVA, 2016). Desse modo, a metodologia proposta organiza a análise em 3 níveis, conforme abaixo:

- Macro – contempla as informações mais imediatas dos documentos, proporcionando um *overview* sobre da tecnologia estudada;
- Meso – são os aspectos mais relevantes identificados a partir da leitura dos documentos. Essas informações são associadas a termos-chave, taxonomias/*drivers*, que expressam seu significado;
- Micro – no escopo de cada meso são criadas taxonomias micro que delimitam um entendimento específico e mais relevante relativo ao tema analisado.

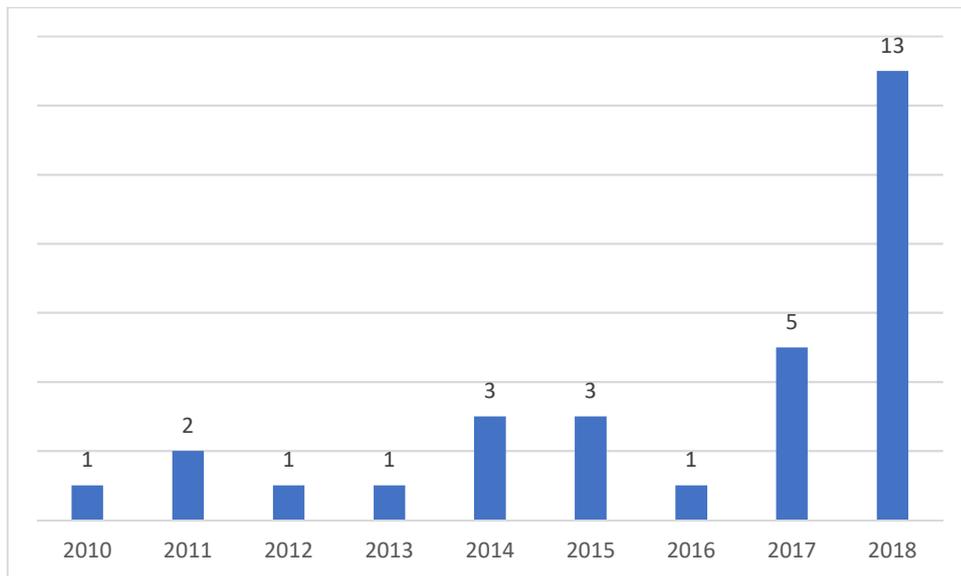
Importante ressaltar que as taxonomias de cada nível foram identificadas a partir de um exaustivo processo de leitura dos 235 documentos, no qual buscou-se identificar os *drivers* que melhor expressassem os aspectos mais relevantes das soluções tecnológicas (técnicas, sistemas, componentes, arquiteturas, softwares e hardwares), e respectivos usos da tecnologia, dispostas na documentação. Além disso, a citada atividade contou com recursivas consultas realizadas ao coorientador, especialista e integrante do RDS-Defesa, objetivando ratificar ou retificar as taxonomias levantadas. Por fim, cabe ressaltar que um documento pode ser enquadrado em mais de uma taxonomia (Meso e Micro).

## 5.1 Análise do Nível Macro

### 5.1.1 Análise Macro – Estágio Atual

Foi elaborado um gráfico da série histórica de publicações de artigos obtidos pela Jane's a partir do refinamento, supracitado no presente capítulo, da estratégia de busca apresentada no item 4.1.1 (Busca em Mídia Especializada). Na Figura 20 é possível observar a distribuição temporal dos 30 artigos relativos ao LTE sendo usado concomitantemente com o RDS e em aplicações militares/segurança pública.

Figura 20: Quantidade de publicações da Janes por ano.

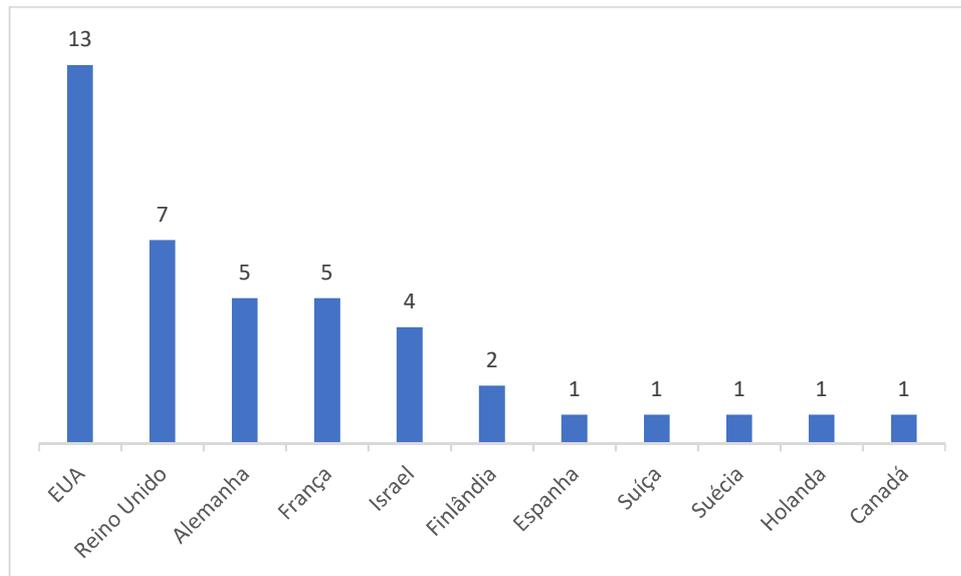


Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

É possível observar uma tendência de crescimento da quantidade de publicações até o ano de 2018, com quedas pontuais nos anos de 2013 e 2016. Ressalta-se que o ano de 2018 supera de sobremaneira as quantidades de publicações relativas aos demais anos estudados. Desta forma, denota-se a partir da Figura 20, a possibilidade de interesse crescente do setor de defesa quanto a essas tecnologias.

A Figura 21 apresenta a distribuição da quantidade de citações dos países pelos artigos publicados. Observou-se que 12 (doze) dos 30 (trinta) artigos publicados continham informações de trabalhos de colaboração entre governos, bem como atuação conjunta de organizações governamentais e empresas.

Figura 21: Quantidade de citações dos países pelos artigos publicados.



Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

Os Estados Unidos, país mais citado nas publicações da Jane's conforme Figura 21, demonstrou estar trabalhando em colaboração com países pertencentes a OTAN, tal como por exemplo o Reino Unido e a Alemanha. Além disso, diversas empresas sediadas no território americano estão participando de parcerias com o foco nas tecnologias ora analisadas.

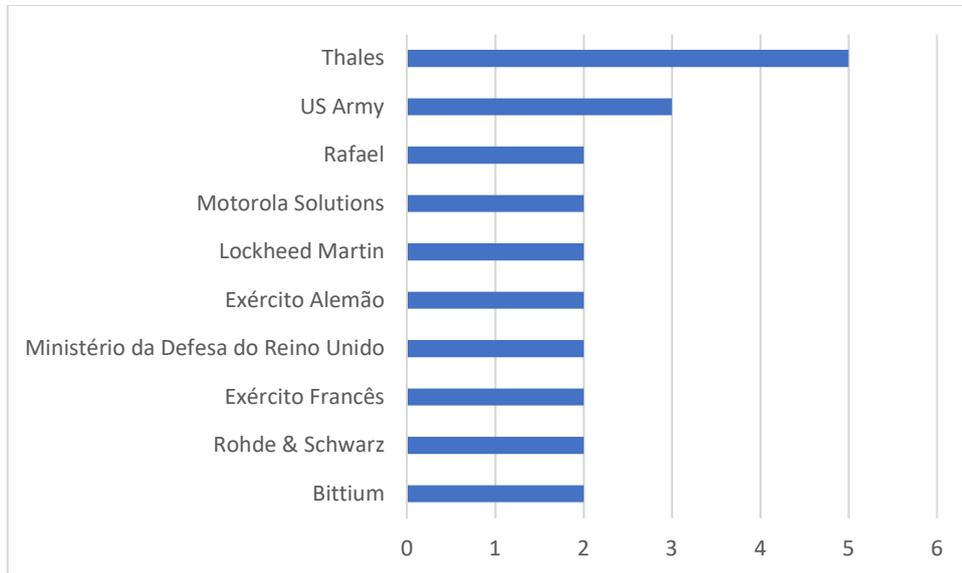
O artigo publicado em agosto do ano de 2018 e intitulado “*Well connected: US Army seeks an improved network with the future in mind*” dispõe sobre o grupo de trabalho do Exército Americano, *Commercial Coalition Equipment (CCE)*, atuando no Reino Unido em uma avaliação conjunta com militares da Alemanha. A parceria objetiva a proposição de melhorias na interoperabilidade entre as nações aliadas, permitindo o acesso seguro nas redes táticas dos parceiros de missão e a obtenção de um *gateway* que possibilite a atuação conjunta das redes dos países da coalizão em um quadro operacional comum.

O Exército dos Estados Unidos atuando em diversas frentes visando a modernização de sua rede tática, inclusive para melhorar da interoperabilidade com nações aliadas, apresentou ao Governo Americano uma previsão de gastos de US \$ 1,78 bilhão para o plano orçamentário de defesa dos anos 2018-22. A partir do ano fiscal de 2019 foi previsto o dispêndio de recursos com o foco em Wi-Fi seguro e no ano de 2021 o 4G LTE.

A Figura 22 apresenta as 10 organizações que se destacaram no respectivo quantitativo de citações nos documentos levantados a partir da Jane's. Saliendo a

relevante participação de organizações governamentais e empresariais no contexto estudado.

Figura 22: As 10 organizações mais citadas na Jane's.



Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

O artigo que destaca o maior número de organizações apresentadas na Figura 22 é a publicação intitulada “Tactical comms: German Army relaunches trials to meet VJTF 2023 deadline”, ocorrida em abril de 2018, que versou sobre a atuação do Exército Alemão na avaliação do rádio definida por software (SDR) como tecnologia de rádio tático para apoiar a implantação da Força-Tarefa Conjunta de Alta Disponibilidade da OTAN (VJTF) para 2023. A VJTF tem como objetivo fornecer a capacidade de empregar até 7.000 funcionários em curto prazo para a Europa Oriental em caso de crise.

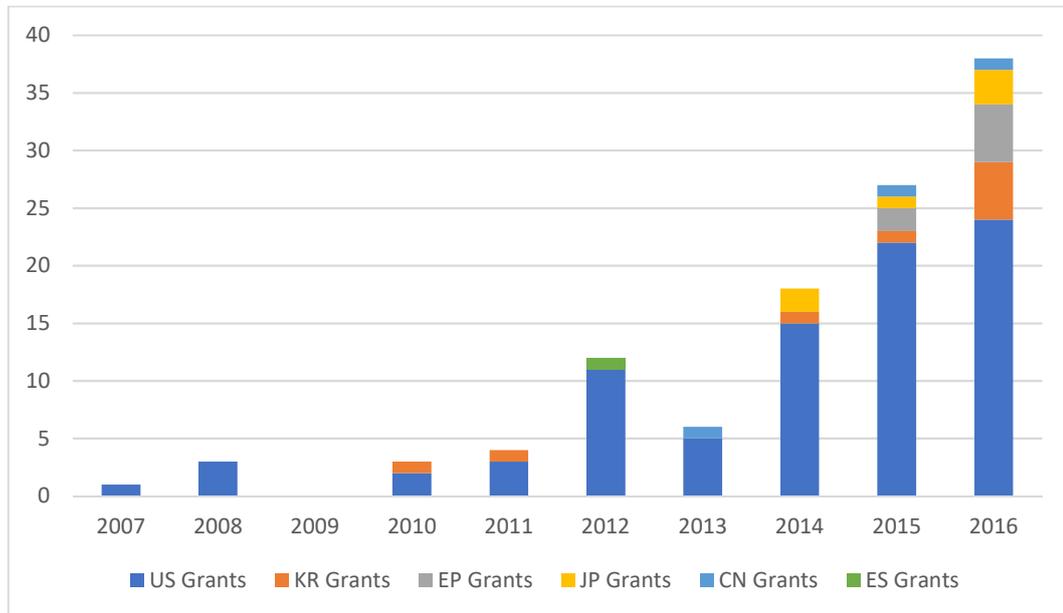
Nesse contexto, as empresas Rohde & Schwarz, Thales, Telefunken Racoms, Griffity Defense, Saab, Airbus e Motorola interagiram e somam esforços com o Exército Alemão com o objetivo de identificar equipamentos e tecnologias que atendessem aos requisitos das comunicações táticas da VJTF. Estando o LTE integrado ao RDS no rol das tecnologias disponibilizadas como solução à Força-Tarefa da OTAN.

### 5.1.2 Análise Macro – Curto Prazo

Foi elaborado um gráfico da série histórica das publicações das concessões de patentes. Os dados foram obtidos por intermédio do Lexis Nexis a partir do

refinamento, supracitado no presente capítulo, da estratégia de busca apresentada no item 4.1.2 (Busca em Patentes). Na Figura 23 é possível observar a distribuição temporal das 112 (cento e doze) patentes levantadas.

Figura 23: Quantidade de Patentes (concedidas) por ano.



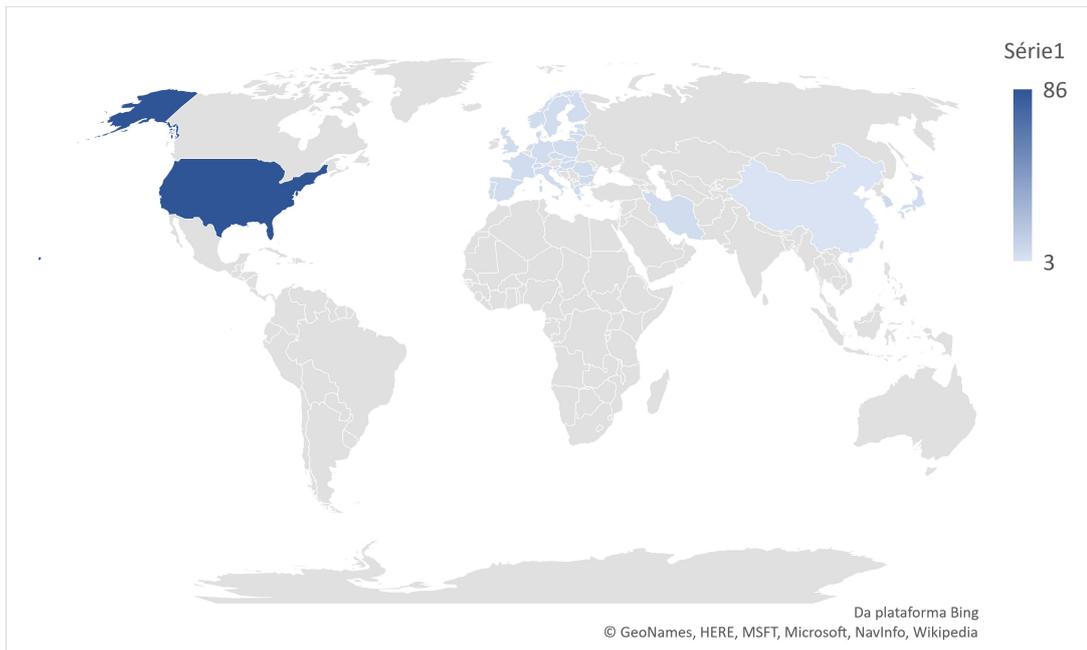
Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

É possível observar uma tendência de crescimento da quantidade de patentes até o ano de 2016, com quedas pontuais nos anos de 2009 e 2013. Ressalta-se que o ano de 2016 supera de sobremaneira as quantidades de publicações relativas aos demais anos estudados. Desta forma, denota-se a partir da Figura 23, o interesse crescente do setor de industrial quanto relativos ao LTE com uso concomitante ao RDS e em aplicações militares.

Ademais, a Figura 23 dispõe a liderança dos Estados Unidos nesse setor tecnológico. Este fato possivelmente foi influenciado pelo programa *Joint Tactical Radio System* (JTRS) que é o pioneiro e mais importante empreendimento de P&D de RDS.

A Figura 24 apresenta a distribuição dos países nos quais se deu a concessão dos processos patentários. Outro aspecto a ser observado são as oportunidades de exploração das tecnologias identificadas nos documentos de patentes, pois a Figura 24 revela que as tecnologias não foram depositadas no INPI, portanto configuram-se como soluções tecnológicas passíveis de serem exploradas sem a obrigatoriedade de incidência de royalties e reservas de mercado no Brasil.

Figura 24: Patentes (concedidas) por país.

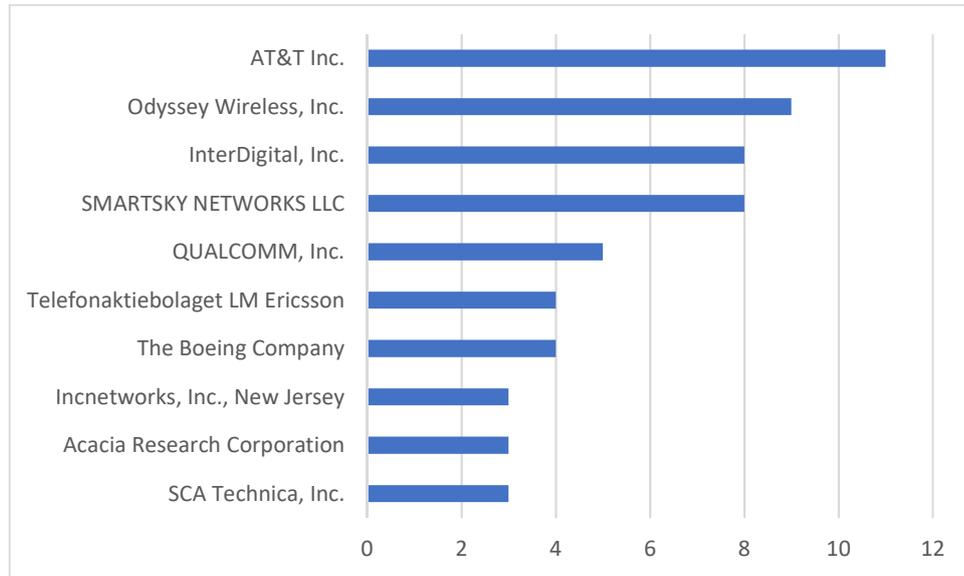


Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

Ressalta-se que os países destacados pela Figura 24, em sua maioria, possuem reconhecidos esforços e investimentos em programas de desenvolvimento de RDS, tais quais podem-se citar: *Land Environment Tactical Communications and Information Systems (LE TacCIS) Program*, do Reino Unido; *Communications Numeriques Tactiques et de Theatre (CONTACT)*, programa da França; *European Secure Software Defined Radio (ESSOR)*, consórcio entre Finlândia, França, Itália, Polônia, Espanha e Suécia; *Streitkräftegemeinsame Verbundfähige Funkgeräte-Ausstattung (SVFuA) Program*, da Alemanha; *Tactical Multi-band and Multi-role Radio (TMMR) Program*, da Coreia do Sul; e *Joint Tactical Radio System (JTRS)*, dos Estados Unidos da América (ADRAT et al., 2016). Desta forma, percebe-se uma forte relação dos países que possuem mais patentes, com os programas de P&D em RDS.

A Figura 25 apresenta as 10 organizações que se destacaram no respectivo quantitativo de patentes. Salientando a relevante participação das organizações empresariais como indutoras de inovação no contexto estudado.

Figura 25: Quantidade de Patentes (concedidas) por organizações.



Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

Como exemplo de uso de tecnologias da AT&T em prol do setor de defesa, pode-se citar que em 2017 o Exército dos EUA escolheu a citada empresa para unificar e modernizar as capacidades de comunicação das tropas empregadas internacionalmente. A empresa foi contratada com o objetivo de prover conectividade para cerca de 1 milhão de usuários em todo o mundo. O serviço foi baseado em nuvem e possibilitou que desktops, laptops e dispositivos móveis possam se conectar e compartilhar informações de voz, vídeo e mensagens instantâneas<sup>19</sup>.

As Figuras 26 e 27 ilustram os campos tecnológicos explorados pelas 5 empresas que mais se destacaram no quantitativo de patentes concedidas.

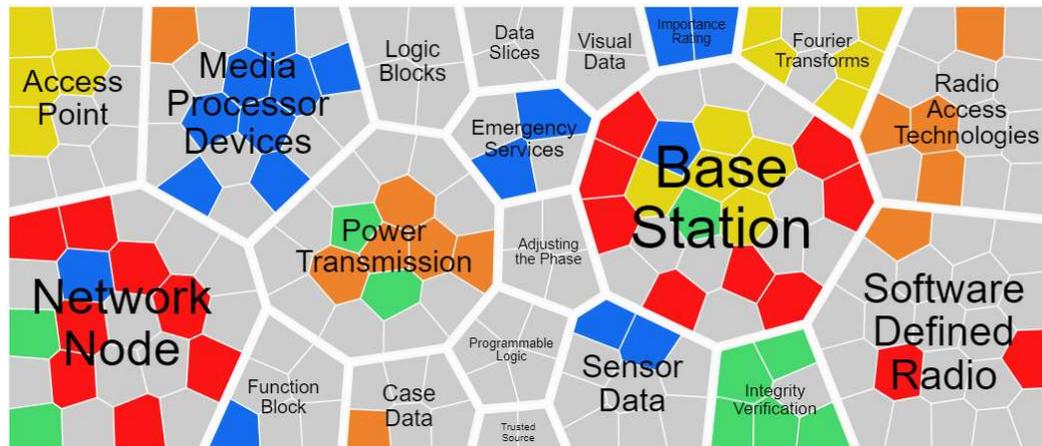
Figura 26: As 5 maiores organizações detentoras de patentes.



Fonte: Elaborado pelo LexisNexis

<sup>19</sup> [https://about.att.com/story/us\\_army\\_chooses\\_att\\_for\\_global\\_communications.html](https://about.att.com/story/us_army_chooses_att_for_global_communications.html)

Figura 27: Campos tecnológicos explorados pelas 5 maiores organizações detentoras de patentes.



Fonte: Elaborado pelo LexisNexis.

Cabe destacar que os campos tecnológicos constantes nas Figuras 26 e 27 também foram identificados como taxonomias do presente trabalho. Desta forma, as discussões de soluções tecnológicas para esses campos dar-se-ão na análise do nível micro da etapa prospectiva.

Apesar do protagonismo das organizações empresariais no quantitativo de patentes, foram identificados 2 (dois) documentos nos quais constavam governos como titulares dos processos. As patentes intituladas “*Resource allocation in co-existence mode*”, número de publicação US8326309B2, e a “*Digital RF correlator for multipurpose digital signal processing*”, número US7280623B2, possuem o Governo Americano como cotitular juntamente com as respectivas empresas BAE Systems e Hypres Inc.

O processo intitulado “*Digital RF correlator for multipurpose digital signal processing*” possui prioridade em relação ao ano de 2002 e foi dado o *status* de concedido em 2007. A patente apresenta uma recepção rádio controlada por software a partir do processamento de sinais baseados na correção de RF digital.

A patente “*Resource allocation in co-existence mode*” foi depositada no ano de 2009 e a concessão ocorreu em 2012. O documento aborda uma solução tecnológica para uma situação de escassez de largura de banda, no qual vários usuários recebem garantia de qualidade de serviço (QoS) por meio de distribuição e alocação de recursos rádios.

Ademais, os processos patentários para esta etapa apresentaram uma forte correlação com projetos e atividades de interesse militar. Por exemplo, a patente intitulada “*Network autonomous wireless location system*”, depositada no ano de 2009

e concedida em 2012, dispôs uma solução para identificar uma localização precisa pelo uso de rede sem fio autônoma e sem interconexão com a rede de comunicações sem fio local, o que guarda em particular aplicabilidade com a área de Rádios Definidos por Software militares.

A supracitada patente da empresa Skyhook Holding Inc, apresenta potencial uso por projetos de interesse da Defesa Brasileira, pois soluções desse tipo podem ser empregadas por tecnologias relacionadas a ações de Guerra Eletrônica.

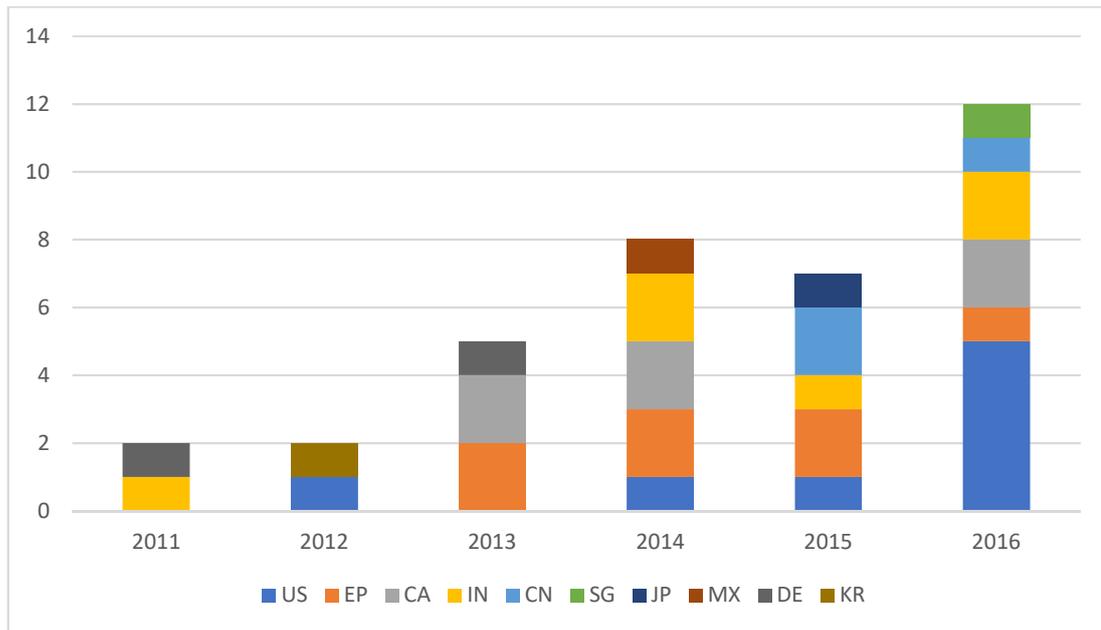
Nesse contexto, pode-se citar o projeto Aurora que teve por objetivo o desenvolvimento de sistema destinado a cumprir ações de busca, interceptação, monitoração, registro, localização eletrônica e análise de sinais eletromagnéticos nas faixas de fronteira do Brasil (SOUZA; MOURA; BORSCHIVER, 2018). O citado empreendimento foi conduzido pelo Centro Tecnológico do Exército (CTEx) e contou com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)<sup>20</sup>.

### **5.1.3 Análise Macro – Médio Prazo**

Foi elaborado um gráfico da série histórica das publicações dos depósitos de pedidos de patentes. Os dados foram obtidos por intermédio do Lexis Nexis a partir do refinamento, supracitado no presente capítulo, da estratégia de busca apresentada no item 4.1.2 (Busca em Patentes). Na Figura 28 é possível observar a distribuição temporal das 112 (cento e doze) patentes levantadas.

<sup>20</sup> Disponível em: <[http://www.eb.mil.br/o-exercito?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_assetEntryId=2433029&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=16541&\\_101\\_urlTitle=exercito-e-instituto-cesar-celebram-acordo-para-desenvolvimento-do-sistema-aurora&inheritRedirect=true](http://www.eb.mil.br/o-exercito?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p__state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2433029&_101_type=content&_101_groupId=16541&_101_urlTitle=exercito-e-instituto-cesar-celebram-acordo-para-desenvolvimento-do-sistema-aurora&inheritRedirect=true)> . Acessado em 16/04/18.

Figura 28: Quantidade de publicações de pedidos de patentes por ano.



Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

É possível observar uma tendência de crescimento da quantidade de pedidos de patentes até o ano de 2016, com uma queda pontual no ano de 2015. Ressalta-se que o ano de 2016 supera de sobremaneira as quantidades de publicações relativas aos demais anos estudados. Desta forma, denota-se a partir da Figura 28, o interesse crescente do setor de industrial em relação ao LTE com uso no RDS e em aplicações militares.

A Figura 28 apresenta os pedidos publicados, portanto deve-se considerar que os depósitos ocorreram, ao menos, 18 meses com antecedência. Assim, é possível identificar um arrefecimento do quantitativo de depósitos no território americano, apesar do país já possuir patentes (concedidas) em anos anteriores a 2010.

As motivações para o supracitado enfraquecimento dos depósitos, possivelmente relacionam-se com:

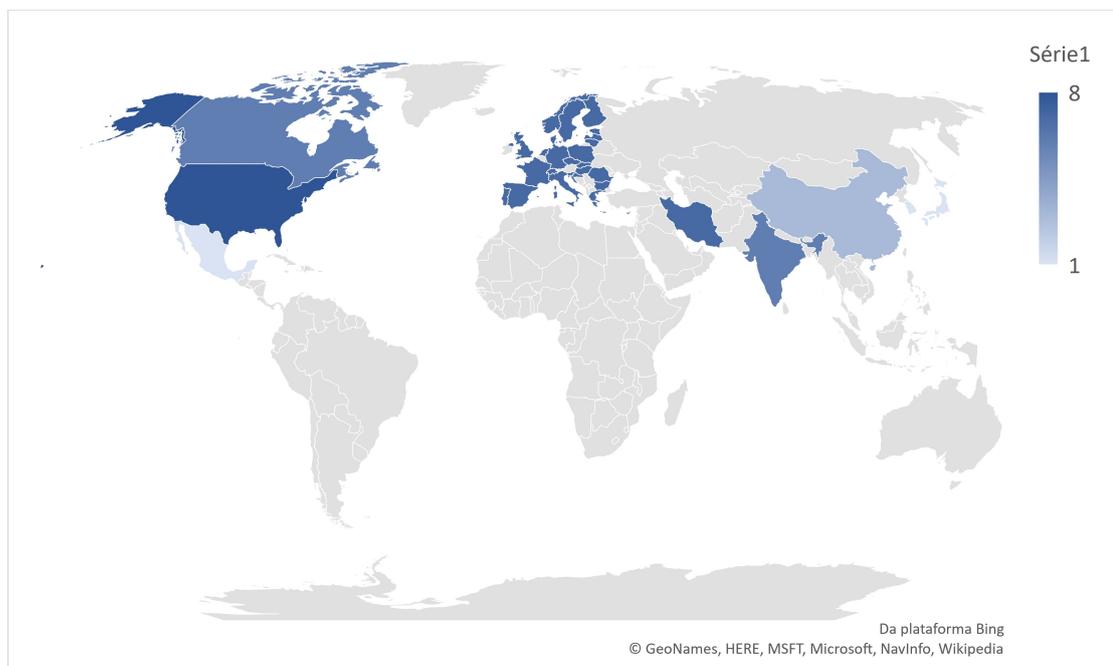
- redefinições da estratégia de mercado dos fabricantes de RDS, bem como da comunidade científica. Tais alterações de perspectivas vieram em atendimento às demandas por novas faixas espectrais nos EUA e União Europeia (SOUZA; MOURA; BORSCHIVER, 2018). Neste contexto, por exemplo, o Fórum de Rádio Definido por Software (SDR FORUM), no ano de 2009, foi rebatizado para Fórum de Inovação em

Redes Sem Fio (WIRELESS INNOVATION FORUM), agregando novas linhas de discussões sobre a área de Rádios Cognitivos e de Acesso Espectral Dinâmico<sup>21</sup>; e

- encerramento do programa *Joint Tactical Radio System* (JTRS) e a transição para o *Joint Tactical Networking Center* (JTNC), no qual o foco deixou de ser a plataforma de RDS e passou a ser o desenvolvimento de redes táticas sem fio definidas por software, formas de onda e interoperabilidade relacionadas as forças conjuntas dos EUA e forças aliadas (FORUM, 2013).

A Figura 29 apresenta a distribuição dos países nos quais ocorreram os depósitos de pedidos de patentes. Novamente, observa-se a oportunidade de uso, em território brasileiro, das soluções tecnológicas sem a incidência de *royalties* e reservas de mercado, pois os pedidos não foram depositados no INPI.

Figura 29: Pedidos de Patentes por país.



Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

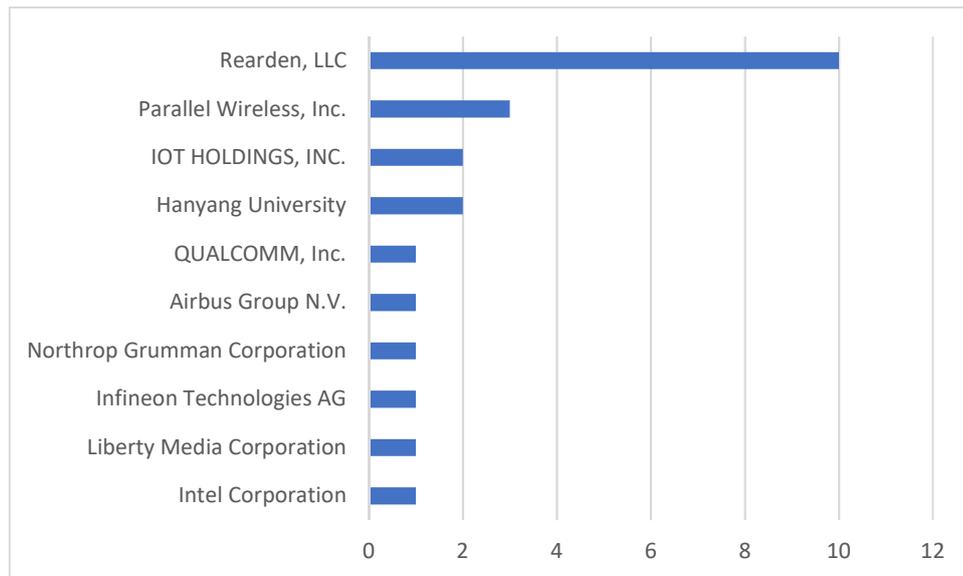
Ressalta-se que ocorreu uma distribuição mais equânime do quantitativo de pedidos de patentes entre os países que já haviam sido citados na Figura 24 (patentes concedidas). Além disso, a Figura 29 sugere que o União Europeia, Canadá e Índia estão envidando esforços no desenvolvimento das respectivas capacidades tecnológicas de LTE e RDS para o setor de defesa. A China, apesar de se destacar

<sup>21</sup> <https://www.wirelessinnovation.org/assets/documents/SoftwareDefinedRadio.pdf>

menos que os demais países/território citados, já demonstra também o desejo de induzir inovação para esse setor.

A Figura 30 apresenta as 10 organizações que se destacaram no respectivo quantitativo de pedidos patentes. Saliendo a relevante participação das organizações empresariais como indutoras de inovação no contexto estudado.

Figura 30: Quantidade de Pedidos de Patentes por organizações.



Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

Ao comparar as Figuras 25 e 30 percebe-se a renovação dos *players* mais intensivos no desenvolvimento das tecnologias ora analisadas. Das 10 organizações listadas na Figura 25, somente a Qualcomm manteve-se presente na Figura 30, apesar da redução dos processos patentários relacionados a ela. O esvaziamento do quantitativo de pedidos de patentes e a renovação das empresas engajadas ratificam a visão de redefinições das estratégias de mercado dos fabricantes de RDS.

A Rearden, empresa mais bem posicionada nos pedidos de patentes, atua no setor de tecnologia, porém destaca-se como incubadora nos campos da arte e da tecnologia. Nesse contexto, a Rearden incubou por cerca de 10 anos a empresa Artemis, que durante esse período, desenvolveu a tecnologia PCell.

A solução tecnológica PCell aumenta a capacidade de redes LTE e Wi-Fi em mais de uma ordem de magnitude, melhorando significativamente a Qualidade de Serviço (QoS) e mantendo a compatibilidade com dispositivos 4G LTE e Wi-Fi. Além disso, a solução PCell pode fornecer informações de localização em 3D altamente precisas, sejam internas (incluindo edifícios altos) ou externas, permitindo serviços

baseados em localização onde o GPS não está disponível ou dados de posição vertical são necessários (PERLMAN; FORENZA, 2015). Portanto, essa tecnologia dispõe de recurso desejável para ações militares e de segurança pública.

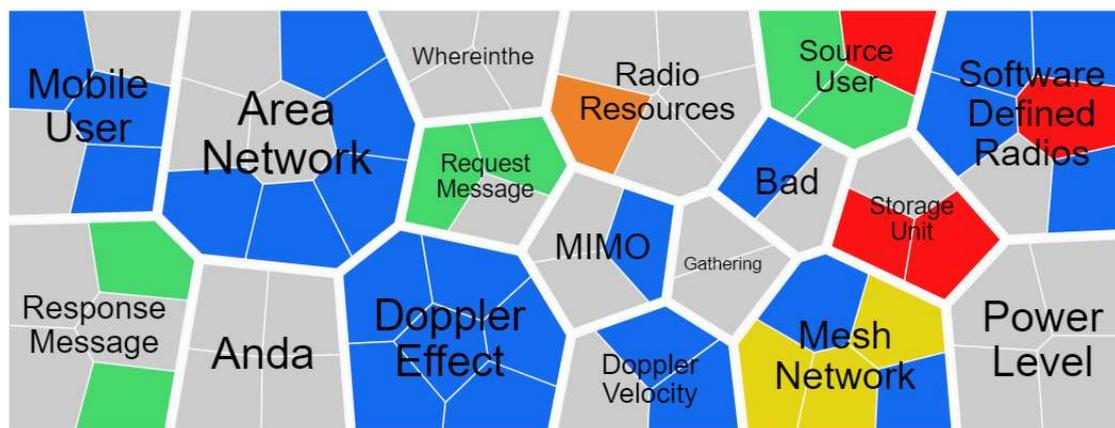
As Figuras 31 e 32 ilustram os campos tecnológicos explorados pelas 5 empresas que mais se destacaram no quantitativo de pedidos de patentes.

Figura 31: As 5 maiores organizações detentoras de pedidos de patentes.



Fonte: Elaborado pelo LexisNexis.

Figura 32: Campos tecnológicos explorados pelas 5 maiores organizações detentoras de pedidos de patentes.



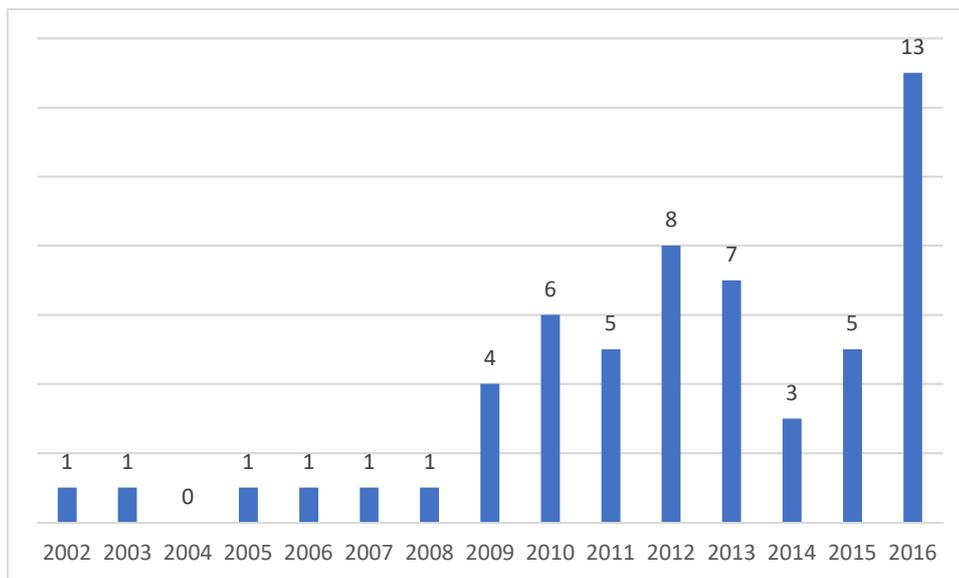
Fonte: Elaborado pelo LexisNexis.

Do exposto, a partir das Figura 31 e 32, percebe-se uma grande modificação das tecnologias desenvolvidas em relação as patentes concedidas. Demonstrando a alteração do foco de estudo do setor industrial, seja motivado por interesses comerciais, seja pelos desafios tecnológicos postos, a fim de alcançar novos degraus da capacidade tecnológica e assim se diferenciar em relação a concorrência.

### 5.1.4 Análise Macro – Longo Prazo

Foi elaborado um gráfico da série histórica de publicações de artigos científicos obtidos a partir do refinamento, supracitado no presente capítulo, da estratégia de busca apresentada no item 4.1.3 (Busca em Artigos Científicos). Na Figura 33 é possível observar a distribuição temporal dos 57 artigos relativos ao LTE empregado pelo RDS com aplicações militares/segurança pública.

Figura 33: Publicações de Artigos por ano.



Fonte: Elaboração própria com nas informações da base Scopus.

É possível observar uma tendência de crescimento da quantidade de publicações até o ano de 2016, com quedas pontuais nos anos de 2004, 2014 e 2015. Ressalta-se que o ano de 2016 supera de sobremaneira as quantidades de publicações relativas aos demais anos estudados. Desta forma, denota-se a partir da Figura 33 a possibilidade de interesse crescente da comunidade científica quanto ao tema.

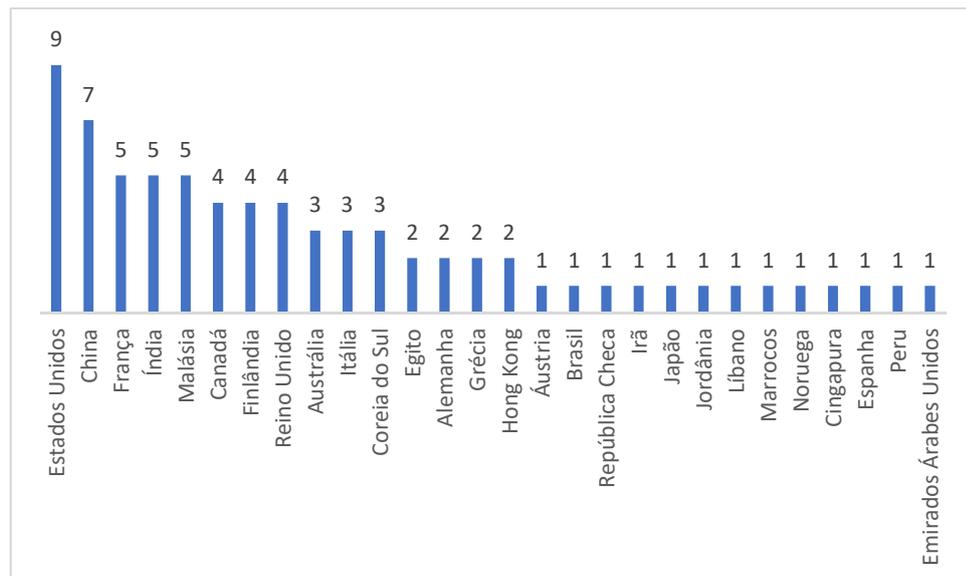
A Figura 34 apresenta a distribuição da quantidade de publicações de artigos por país. Os Estados Unidos, país que mais publicou artigos, atuou de forma praticamente isolada, pois somente apresentou um trabalho em colaboração com a China.

O citado trabalho foi publicado no ano de 2010 e intitulado como “Software-defined radio equipped with rapid modulation recognition”, DOI: 10.1109/TVT.2010.2041805, e contou com a participação de pesquisadores do

Instituto de Tecnologia de New Jersey, da Universidade de Xidian e do Centro de P&D de Comunicações e Eletrônica do Exército Americano.

Por outro lado, as publicações americanas demonstraram uma grande colaboração entre as universidades, organizações militares (OM) e empresas. Dentre os 9 (nove) documentos levantados, as universidades, OM e empresas participaram, respectivamente, de 8 (oito), 7 (sete) e 6 (seis) artigos.

Figura 34: Publicações de Artigos por país/território.



Fonte: Elaboração própria com nas informações da base Scopus.

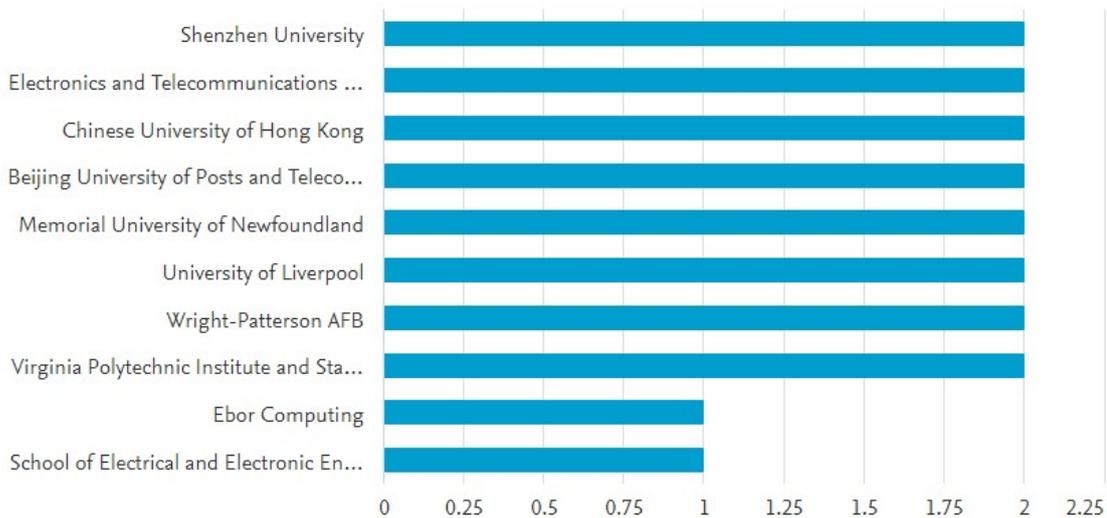
A China também explorou um número reduzido de trabalhos em colaboração com organizações de outras nações. Dos 7 estudos publicados, somente 2 foram de coautoria com a participação de pesquisadores de instituições americana e australiana.

O artigo publicado, no ano de 2013, com a colaboração de duas organizações acadêmicas chinesas e a Agência Nacional de Pesquisa Científica da Austrália, CSIRO, foi intitulado como “GPP-based soft base station designing and optimization”, DOI: 10.1007/s11390-013-1343-3.

Os 7 (sete) estudos chineses analisados foram conduzidos por pesquisadores da academia e não tiveram a participação de qualquer empresa. As universidades de Shenzhen, Hong Kong e Beijing University of Posts and Telecommunications foram as instituições que mais participaram das pesquisas, 2 publicações para cada uma delas.

A Figura 35 ilustra as 10 afiliações organizacionais dos autores mais presentes nos artigos.

Figura 35: Publicações Científicas por Organizações.



Fonte: Elaborado pela base Scopus.

Como esperado para os trabalhos do domínio científico, observa-se na Figura 35 a forte participação das universidades. Considerando todas as afiliações citadas nos artigos científicos analisados, as instituições acadêmicas correspondem a 57% das citações, os centros de pesquisa a 24%, as empresas a 13% e as organizações militares a 7%.

## 5.2 Análise do Nível Meso

A partir da análise dos documentos, foram identificados os aspectos mais relevantes relacionados ao tema. Desta forma, os documentos foram categorizados de acordo com os *drivers*/taxonomias elencados abaixo:

- Modelo do Equipamento do Usuário (*User Equipment-UE*) – quando o documento (artigos da mídia, artigos científicos e patentes) define o tipo de equipamento que será empregada a tecnologia estudada;
- Funcionalidade do Equipamento do Usuário (UE) – quando o documento apresenta tecnologia que possibilite as funcionalidades de atualização e/ou gerenciamento remotos dos recursos dos equipamentos dos usuários;
- Equipamento do Usuário (UE) – quando o documento apresenta soluções tecnológicas que atuam diretamente nas configurações dos equipamentos

dos usuários. Por exemplo, tecnologias de interfaces de programação de aplicativos e de gestão do estado operacional do equipamento;

- Propagação/Detecção – quando o documento apresenta recursos (sistema, componente ou arquitetura) de propagação e/ou detecção, tais como antenas, como parte da solução tecnológica proposta;

- Sensoriamento Espectral – quando o documento apresenta recursos (sistema, componente ou arquitetura) de identificação e/ou detecção de sinal/energia, bem como recursos de monitoramento do estado do canal como parte da solução tecnológica proposta;

- Gerenciamento Espectral – quando o documento apresenta técnica, sistema, componente ou arquitetura de gerenciamento de alocação de recursos de rede como parte da solução tecnológica proposta;

- Compartilhamento Espectral – quando o documento apresenta como parte da solução tecnológica uma técnica, sistema, componente ou arquitetura que otimizem o uso do espectro. Por exemplo, técnicas de modulações e acesso dinâmico ao espectro;

- Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais – quando o documento apresenta como parte da solução tecnológica uma técnica, sistema, componente ou arquitetura que foque no tráfego de dados. Por exemplo, estações base, mecanismos de segurança e potência de transmissão;

- Arquitetura de Rede Sem fio - quando o documento apresenta aspectos de estruturação operacional de uma rede sem fio como parte da solução tecnológica proposta. Por exemplo, *backhaul* e virtualização de recursos de rede; e

- Redes Sem Fio – quando o documento apresenta como escopo da solução proposta a forma de onda e a respectiva infraestrutura de tecnologias de comunicações sem fio para a transmissão de dados e informações.

A Tabela 10 apresenta as taxonomias meso e os respectivos valores percentuais obtidos para cada estágio temporal (atual, curto, médio e longo prazo).

Tabela 10 - Percentual das taxonomias Meso por Estágio Temporal.

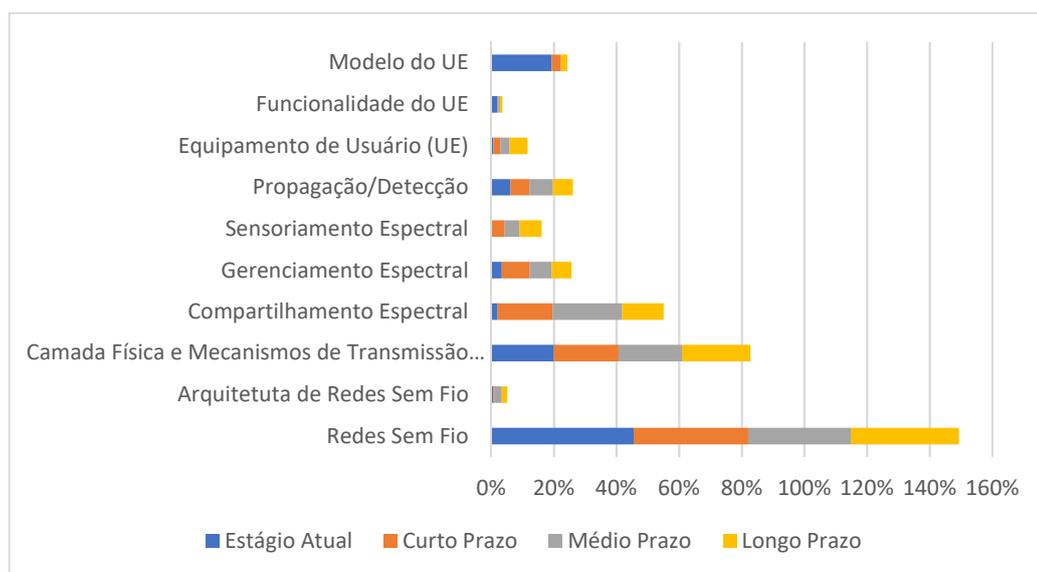
Taxonomias Meso	Estágio Atual	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
Redes Sem Fio	45,52%	36,62%	32,69%	34,55%
Arquitetura de Redes Sem Fio	0,69%	0,47%	2,22%	1,83%
Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais	20,00%	20,66%	20,22%	21,97%
Compartilhamento Espectral	2,07%	17,56%	22,16%	13,27%
Gerenciamento Espectral	3,45%	8,92%	6,93%	6,41%
Sensoriamento Espectral	0,00%	4,32%	4,71%	7,09%
Propagação/Detecção	6,21%	6,01%	7,48%	6,41%
Equipamento de Usuário (UE)	0,69%	2,16%	3,05%	5,72%
Funcionalidade do UE	2,07%	0,28%	0,55%	0,69%
Modelo do UE	19,31%	3,00%	0,00%	2,06%
Somatório das colunas:	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: elaboração própria.

A porcentagem referente a cada taxonomia meso da Tabela 10 foi obtido a partir do quociente da divisão no qual o numerador é o somatório de citações associadas a meso e o denominador é o somatório de todas as categorizações contidas no estágio temporal relacionado.

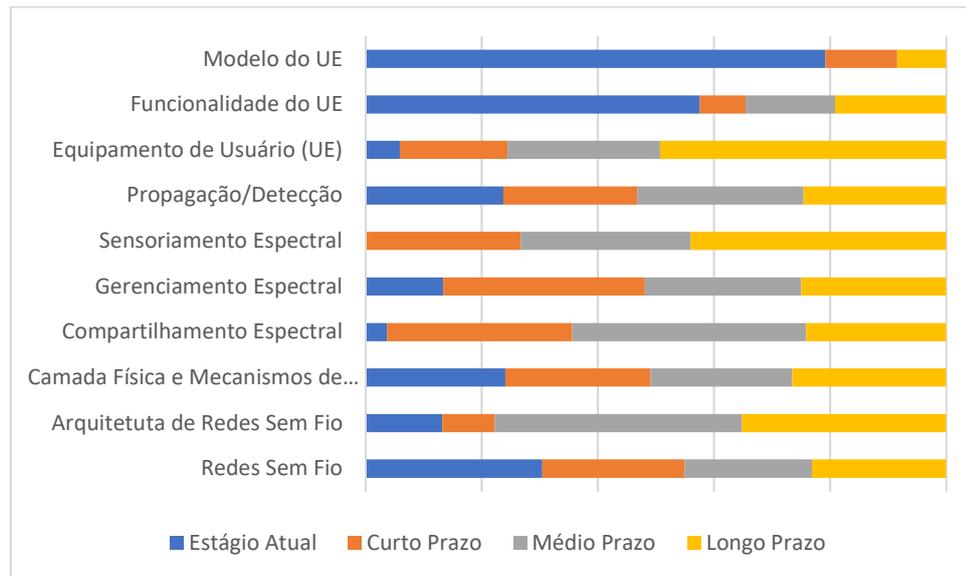
A Figura 36 ilustra a consolidação da porcentagem de cada meso, demonstrando assim, o grau de impacto que cada taxonomia obteve após a análise dos documentos estudados. A Figura 37 apresenta de forma mais evidente o peso de cada estágio temporal em relação a meso associada. Além disso, é importante ressaltar que a Figura 37 não usa a mesma escala dimensional para cada *driver* meso, portanto o objetivo dessa figura é puramente destacar as proporções de cada estágio temporal infra-taxonomia.

Figura 36: Taxonomias Meso.



Fonte: Elaboração própria

Figura 37: Destaques dos Estágios Temporais infra Taxonomias Meso.



Fonte: Elaboração própria.

A partir das Figuras 36 e 37 percebe-se que o estágio atual se destacou positivamente em termos de relevância nas taxonomias “Modelo do UE” e “Funcionalidade do UE”. Todavia, não provocou surpresa em relação aos destaques, pois era esperado que os artigos da mídia especializada estivessem direcionados para especificações e desempenhos de produtos comercializados, ou de tecnologias já maduras ao ponto de serem testadas em protótipos bem definidos.

Os artigos da Janes intitulados “*Tactical comms: German Army relaunches trials to meet VJTF 2023 deadline*” e “*Digital delights: commercial wireless communications on the battlefield*”, publicados nos anos de 2018 e 2011, respectivamente, foram as divulgações que mais apresentaram diversidades de modelos de equipamentos dos usuários. Os 2 (dois) documentos discorreram sobre rádios nas versões portátil (*handheld*), veicular e *manpack* (rádio compacto capaz de ser transportado por uma pessoa).

O documento “*Tactical comms: German Army relaunches trials to meet VJTF 2023 deadline*” informa sobre a avaliação conduzida pelo Exército Alemão para identificar RDS em versões *handheld*, operável em UHF, e veicular, com atuação em UHF e VHF. A versão veicular destina-se à integração com 40 (quarenta) unidades do carro de combate blindado Puma.

Nesse contexto, a empresa Thales apresentou como solução a versão veicular do rádio PR4G F@stnet<sup>22</sup>, que facultava ser desmontado do veículo e possibilitava o uso como um equipamento *manpack*. Além da Thales, diversos fabricantes do setor de defesa e comunicações, tais quais Rohde & Schwarz, Rheinmetall, Elbit Systems, Griffity Defense, Saab, Airbus e Motorola, participaram das avaliações e auxiliaram na identificação dos equipamentos mais adequados à demanda do Exército Alemão.

O documento intitulado “*Digital delights: commercial wireless communications on the battlefield*” versa sobre a possibilidade dos militares adotarem tecnologias comerciais de comunicações móveis de banda larga sem fio (entre eles, iterações como Wi-Fi, WiMax, 3G e 4G) como portadoras de seus sistemas táticos de comando e informação, incluído os já supracitados equipamentos.

Nesse cenário, a empresa Roke Manor Research, baseada no Reino Unido, investiu no desenvolvimento de implementações práticas de componentes de rede de sistemas de informação civil para fins militares. Além disso, com o objetivo de sensibilizar e propor um alinhamento de intenções com o Ministério da Defesa do Reino Unido, a Roke preparou um Livro Branco sobre possíveis permutações da capacidade de comunicação tática civil / militar e "as realidades da implantação da tecnologia celular civil no campo de batalha tático da terra móvel, incluindo e usuários desmontados".

No tocante a taxonomia “Funcionalidade do UE”, destaca-se o artigo da Janes intitulado “Bittium targets combat radio market with new SDRs”, publicado no ano de 2017, no qual dispôs sobre o RDS Tough nas versões Handheld e Veicular, da empresa Bittium.

O rádio da Bittium permite que os proprietários configurem o equipamento pela interface da web, conduzam atualizações remotas de software e resolvam problemas de gerenciamento de dispositivos por meio dos sistemas Secure Suite e Network Manager da Bittium. Além disso, o rádio possui um slot de expansão mini-PCie<sup>23</sup> que pode acomodar LTE opcional ou outras formas de onda.

O “Curto Prazo” destacou-se de forma mais evidente, em relação aos demais estágios temporais, na taxonomia “Gerenciamento Espectral”. A patente intitulada “*Terrestrial based high speed data communications mesh network*”, código

<sup>22</sup> <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/defence/pr4g-fstnet-product-family>

<sup>23</sup> <https://www.hardware.com.br/livros/hardware/express-mini-expresscard.html>

US8792880B2, concedida no ano de 2014, foi o documento que mais se destacou na disposição de técnicas, sistemas e arquiteturas afetas ao gerenciamento espectral. Além disso, a citada patente pertence a Smartsky Networks LLC, que conforme Figura 25, já se ressaltou como uma das empresas que mais possuem patentes.

A supracitada patente propõe uma solução tecnológica para que estações de transmissão terrestres consigam estabelecer uma ligação de comunicações de dados de alta velocidade contínua e ininterrupta com uma estação receptora móvel, por exemplo um avião, empregando um protocolo de rede de acesso rádio sem fio. O documento explora campos tecnológicos de serviços móveis de comunicação via satélite, aeronáuticos e terrestres, bem como sistemas de relé por satélites e modulações multiportadoras.

O “Compartilhamento Espectral” é a taxonomia mais destacada pelo “Médio Prazo”, em relação aos demais estágios temporais. Os pedidos de patentes publicados no ano de 2014 e intitulados “*Methods, apparatus, systems and mechanisms for secure attribute based friend find and proximity Discovery*”, número de processo US20160323248, e “*Systems and methods to exploit areas of coherence in wireless systems*”, código de depósito MX2014002900, foram os processos que mais se destacaram na disposição de técnicas, sistemas, componentes e arquiteturas afetas ao compartilhamento espectral. Os citados pedidos de patentes pertencem as empresas IoT Holdings Inc e REARDEN LLC, respectivamente, e conforme a Figura 30, são organizações que se destacaram expressivamente no quantitativo de depósitos de patentes.

O pedido de patente da IoT Holdings propõe uma solução tecnológica para gerenciar um grupo de usuários que operem em uma ou mais redes com troca de informações de forma segura e controlada. A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de comunicação anônima e arquitetura de segurança de rede para fornecimento de troca de dados confidenciais entre entidades que se comuniquem por pacotes de dados por intermédio de redes sem, ou com, fio.

O pedido patentário da Rearden dispôs uma solução tecnológica para que múltiplos usuários (MU) e/ou sistemas de múltiplas antenas (MAS) possam explorar áreas de coerência em canais sem fio e, assim, viabilizar múltiplos fluxos de dados não interferentes para diferentes usuários. A tecnologia proposta explora conceitos de sistema MIMO, uso cooperativo de antenas de distintos lugares, arranjos do transmissor, codificação correlativa e sistemas de portadoras moduladas em

amplitude e fase. Cabe destacar que o pedido ora analisado também foi depositado no Brasil, transcorrendo em fase nacional sob o número de processo BR 11 2014 005163 1.

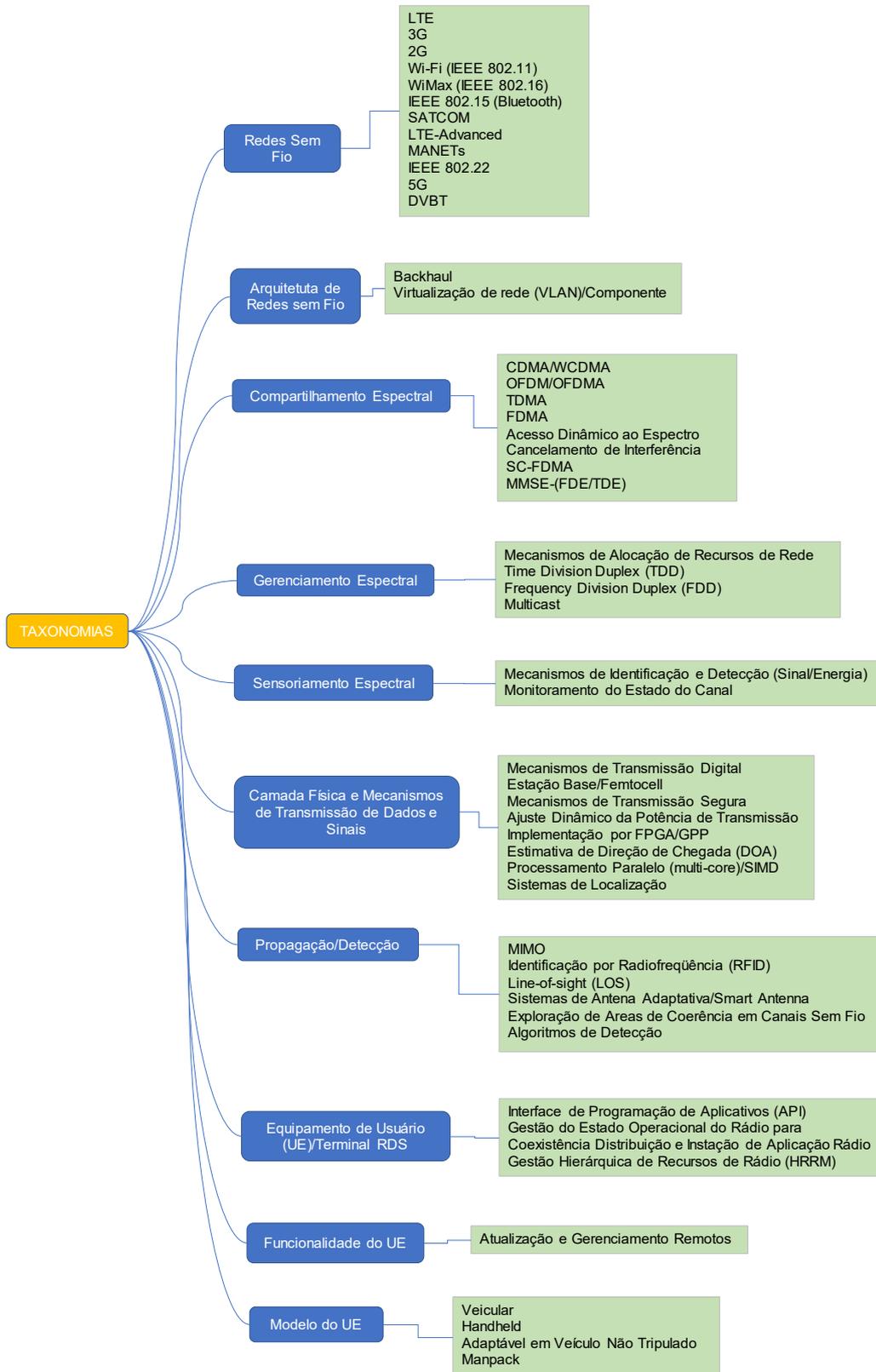
O “longo prazo” destacou-se em relação aos demais estágios temporais na taxonomia “Equipamento do Usuário”. O artigo científico intitulado “Software defined radio: Challenges and opportunities”, DOI: 10.1109/SURV.2010.032910.00019, publicado no ano de 2010, foi o documento mais recente que se destacou na disposição de técnicas, sistemas e arquiteturas afetas ao drive “Equipamento do Usuário”. O citado artigo é de autores pertencentes a Universidade de Oslo.

O artigo científico da Universidade de Oslo apresenta análises e discussões sobre o desenvolvimento e a portabilidade de aplicativos no middleware, bem como a capacidade computacional necessária para processar as aplicações rádios, em particular as formas de onda de taxas de dados complexas e altas, em equipamentos com limitações de potência e restrição de tamanho.

## **5.2 Análise do Nível Micro**

A Figura 32 apresenta o diagrama de taxonomias Meso, ilustradas pelas caixas azuis, e Micro, com caixas de texto com o preenchimento na cor verde.

Figura 38: Diagrama de taxonomias Meso e Micro.



Fonte: Elaboração própria.

A partir da análise, cada documento foi categorizado nas taxonomias dispostas pela Figura 38. Posteriormente, foram levantadas as porcentagens de cada taxonomia micro em relação ao total de citações relacionadas ao escopo de cada estágio temporal (atual, curto, médio e longo prazo).

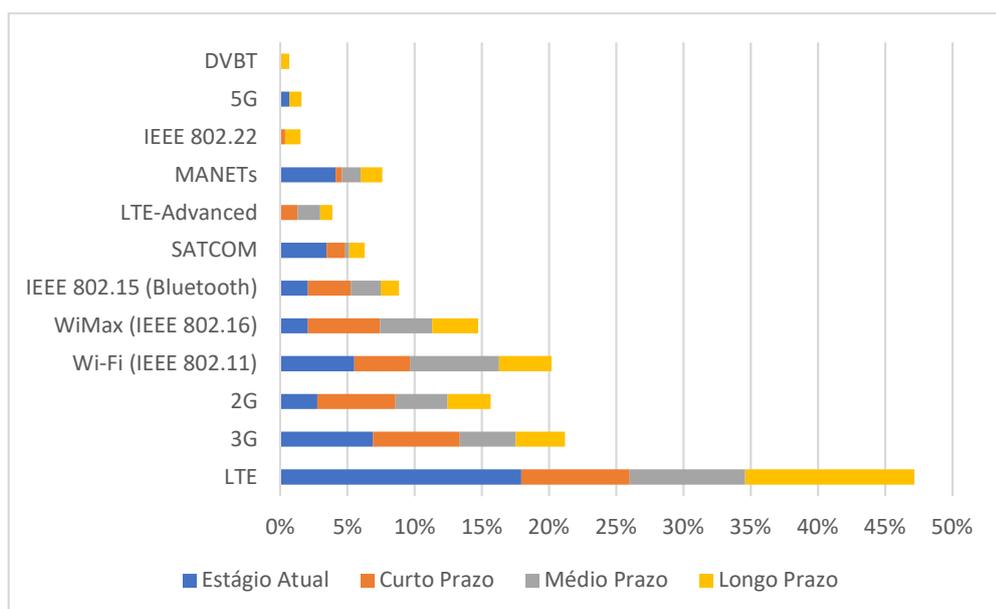
Desta forma, as figuras 39 a 54 ilustram de forma consolidada, em relação aos estágios temporais, as porcentagens das taxonomias micro que derivam das mesos.

As figuras 39, 41, 42, 44, 46, 48, 49, 51, 52 e 53 ilustram a porcentagem de cada micro, demonstrando assim, o grau de impacto que cada taxonomia obteve após a análise dos documentos estudados.

As Figuras 40, 43, 45, 47, 50 e 54 apresentam de forma mais evidente o peso de cada estágio temporal em relação a micro associada. Além disso, é importante ressaltar que essas figuras não usam a mesma escala dimensional para cada driver micro, portanto o objetivo dessas figuras é puramente destacar as proporções de cada estágio temporal infra-taxonomia.

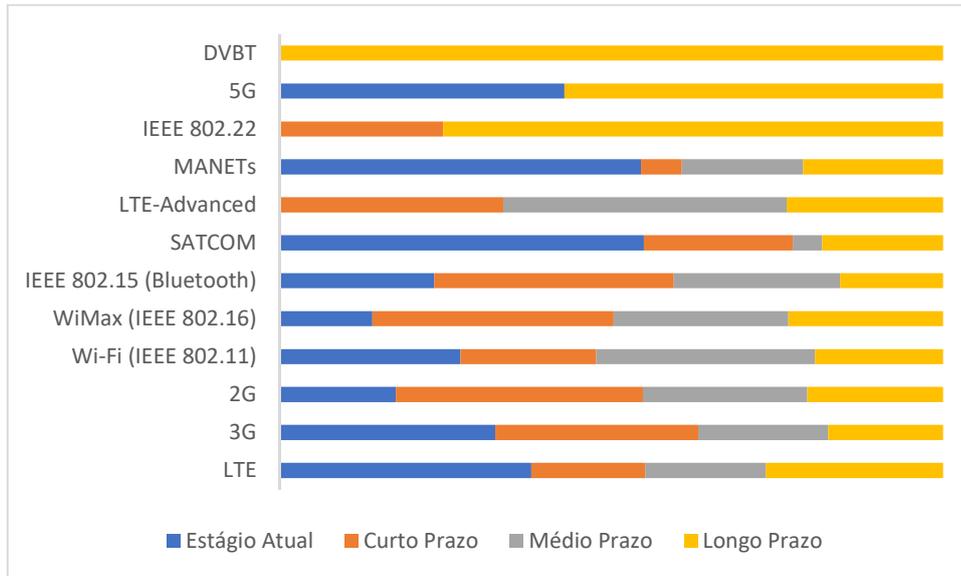
As Figuras 39 e 40 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Redes Sem Fio”. O drive LTE aparece em destaque na figura, tal fato era o esperado, pois as estratégias de buscas foram estruturadas de forma a levantar as informações dessa forma de onda. Todavia observou-se que os protocolos de comunicação 3G, 2G, Wi-Fi, WiMax e IEEE 802.15 também se sobressaíram em relação aos demais protocolos de comunicação.

Figura 39: Taxonomias Micro associadas a Meso “Redes sem fio”.



Fonte: elaboração própria

Figura 40: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Redes sem Fio".



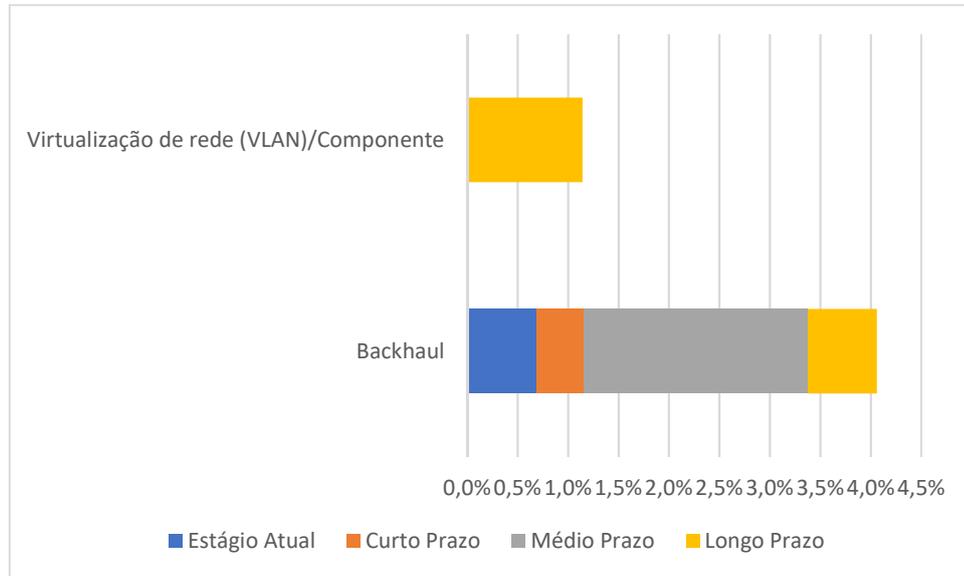
Fonte: elaboração própria.

A patente intitulada “*Detection and mitigation of denial-of-service attacks in wireless communication networks*”, número US9295028B2, foi a publicação mais recente que abordou concomitantemente aspectos dos 6 (seis) protocolos de comunicação mais citados (LTE, 3G, 2G, Wi-Fi, WiMax e IEEE 802.15), conforme Figuras 39 e 40. A patente foi concedida no ano de 2016 e pertence a empresa AT&T que, conforme Figura 25, foi a organização que mais se destacou no quantitativo de patentes.

A patente da AT&T propõe um método para a detecção e mitigação de ataques de negação de serviço em redes de comunicação sem fio. A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de negação de serviço, detecção de assinatura de ataques, registro de tráfego, localização do usuário para fins de gerenciamento de rede, gerenciamento de recursos de serviço de transmissão e acesso não programado (aleatório) com detecção e tratamento para colisão.

A Figura 41 apresenta as taxonomias micros atinentes a meso “Arquitetura de Redes sem Fio”. O “*Backhaul*” destaca-se como o *drive* mais representativo da meso associada, tendo publicações relacionadas a todos os estágios temporais. Por outro lado, para a taxonomia “Virtualização de rede (VLAN)/Componente” somente foram encontradas citações em trabalhos científicos (longo prazo) na documentação estudada.

Figura 41: Taxonomias Micro associadas a Meso “Arquitetura de Redes sem Fio”.



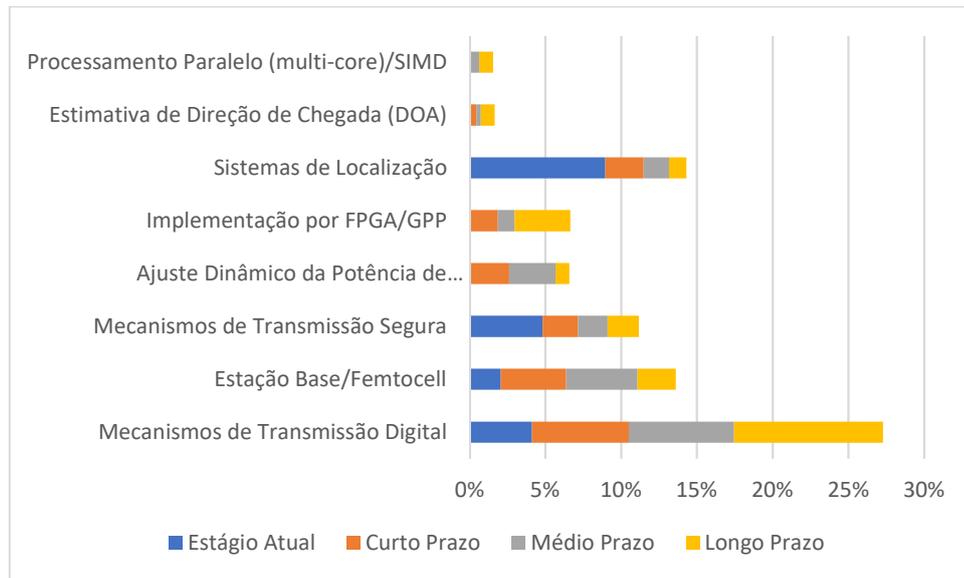
Fonte: elaboração própria.

Conforme a Figura 41 o médio prazo foi o estágio temporal no qual a taxonomia *Backhaul* mais se destacou. O pedido de patente publicados no ano de 2014 e intitulados “*Heterogeneous mesh network and a multi-RAT node used therein*”, número de processo IN2015KN01096, foi o processo patentário mais recente a ser publicado e que abordasse aspectos dessa taxonomia. O citado pedido de patente pertence a Parallel Wireless Inc, e conforme a Figura 30, foi uma empresa que se destacou positivamente no quantitativo de depósitos de patentes.

O pedido de patente da Parallel Wireless propôs uma rede de malha heterogênea composta de múltiplos nós de tecnologia de acesso por rádio, em que os nós pudessem funcionar dinamicamente, trocando funções entre cliente e servidor. A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de arranjos e otimização de compartilhamento de espectro entre diferentes redes, redes auto-organizáveis (por exemplo, redes ad-hoc) e dispositivos de gerenciamento de rede.

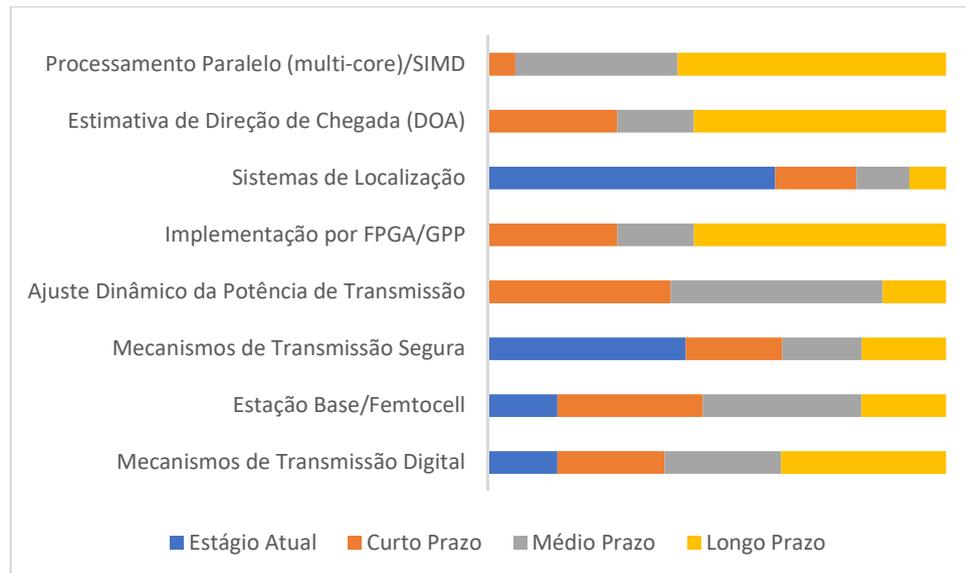
As Figuras 42 e 43 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais”. Os drivers “Mecanismo de Transmissão Digital”, “Estação Base/Femtocell”, “Mecanismos de Transmissão Segura” e “Sistemas de Localização” correspondem a metade das taxonomias, ora analisadas, bem como as mais citadas.

Figura 42: Taxonomias Micro associadas a Meso “Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais”.



Fonte: elaboração própria.

Figura 43: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais".



Fonte: elaboração própria.

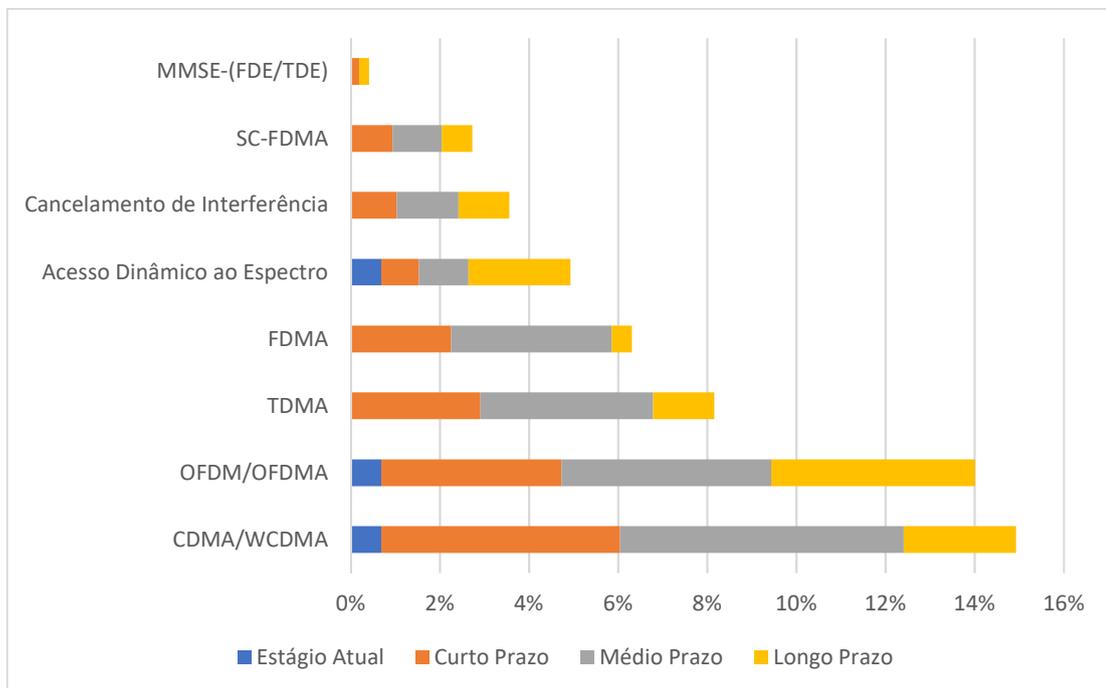
A patente intitulada “Systems/methods of spatial multiplexing”, número US9374746B1, foi a publicação mais recente que abordou concomitantemente aspectos das 4 (quatro) taxonomias mais citadas, conforme Figuras 42 e 43. A patente foi concedida no ano de 2016 e pertence a empresa ODYSSEY WIRELESS que, conforme Figura 25, foi a organização que mais se destacou no quantitativo de patentes.

A patente da ODYSSEY propõe um sistema e um método para a realização de multiplexação espacial. A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de *multicasting* de dados durante o *hand-off*, monitoramento e teste de transmissores para medição de parâmetros de energia irradiada na antena, proteção da privacidade e do anonimato e seleção de parâmetros específicos para melhorar a qualidade de conexão de um terminal.

As Figuras 44 e 45 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Compartilhamento Espectral”. Os drivers “CDMA/WCDMA” e “OFDM/OFDMA” foram as taxonomias mais citadas, tendo publicações relacionadas a todos os estágios temporais.

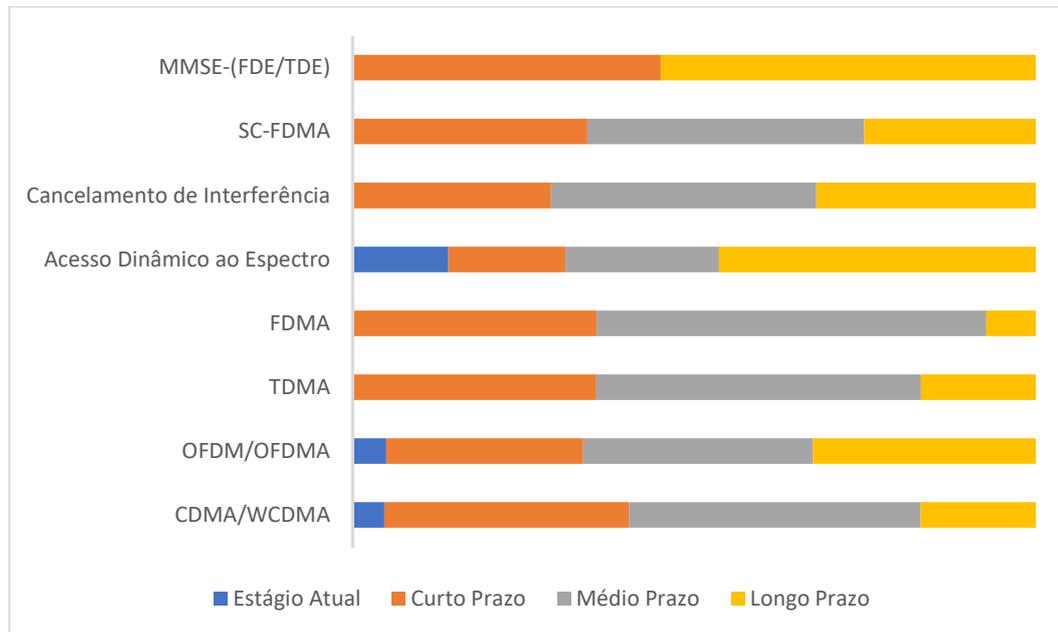
Todavia, ressalta-se a fraca representatividade do estágio atual nas taxonomias micro, ora analisadas. A motivação para a fraca representatividade do estágio atual, possivelmente relaciona-se com aspectos das taxonomias serem termos mais afetos ao desenvolvimento científico e/ou tecnológico, portanto escassamente divulgados em artigos da mídia especializada.

Figura 44: Taxonomias Micro associadas a Meso “Compartilhamento Espectral”.



Fonte: elaboração própria.

Figura 45: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Compartilhamento Espectral".



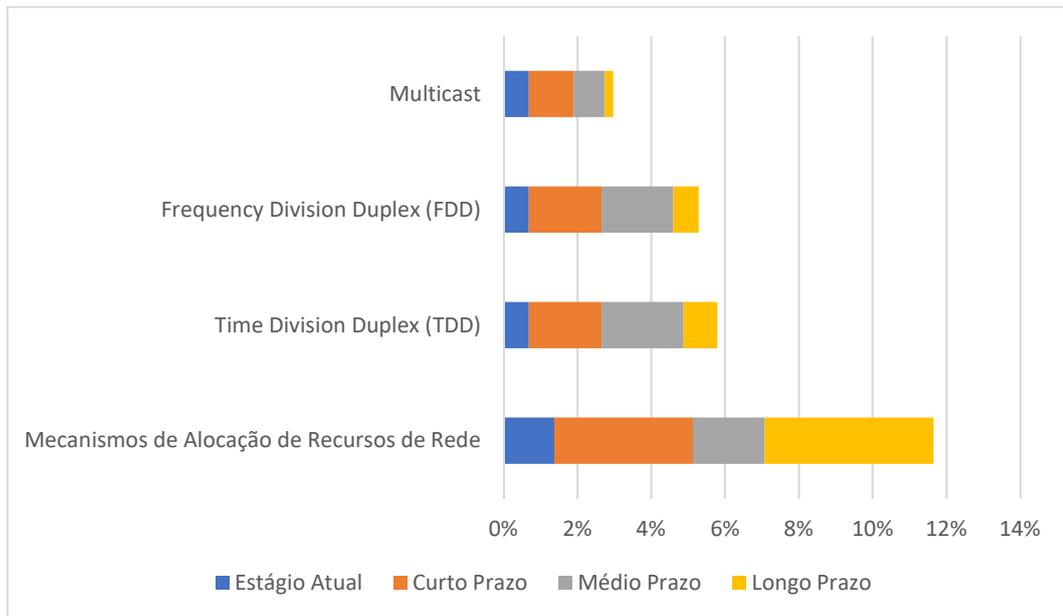
Fonte: Elaboração própria.

O artigo intitulado “*Digital delights: commercial wireless communications on the battlefield*”, publicado em 2011 pela Janes, foi o único documento do estágio atual que abordou, concomitantemente, as taxonomias “CDMA/WCDMA” e “OFDM/OFDMA”.

O supracitado artigo informa que a empresa Roke Manor Research, fornecedora de sistemas de guerra eletrônica para o Ministério da Defesa do Reino Unido, desenvolveu arquiteturas, sistemas e equipamentos que empregavam: GSM, no final dos anos 80 e 90; Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA) e 3G, no final dos anos 90; e Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência (OFDM) baseada em 4G LTE.

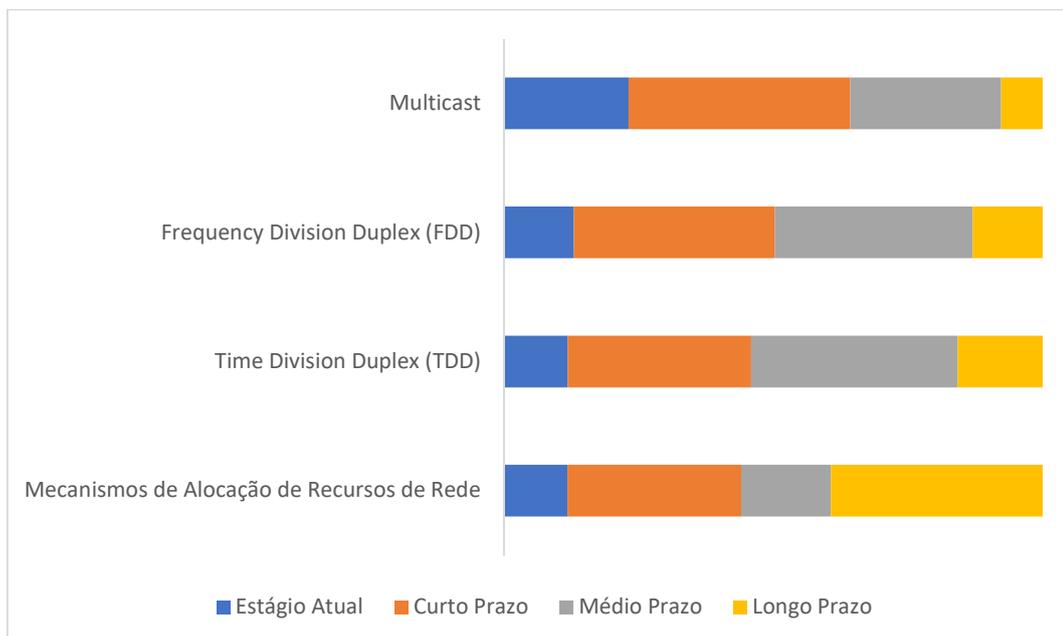
As Figuras 46 e 47 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Gerenciamento Espectral”. O “Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede” destaca-se como o *drive* mais representativo da meso associada. Ademais, conforme Figura 47, percebe-se que o longo prazo foi o estágio temporal que mais explorou essa taxonomia.

Figura 46: Taxonomias Micro associadas a Meso “Gerenciamento Espectral”.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 47: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Gerenciamento Espectral".



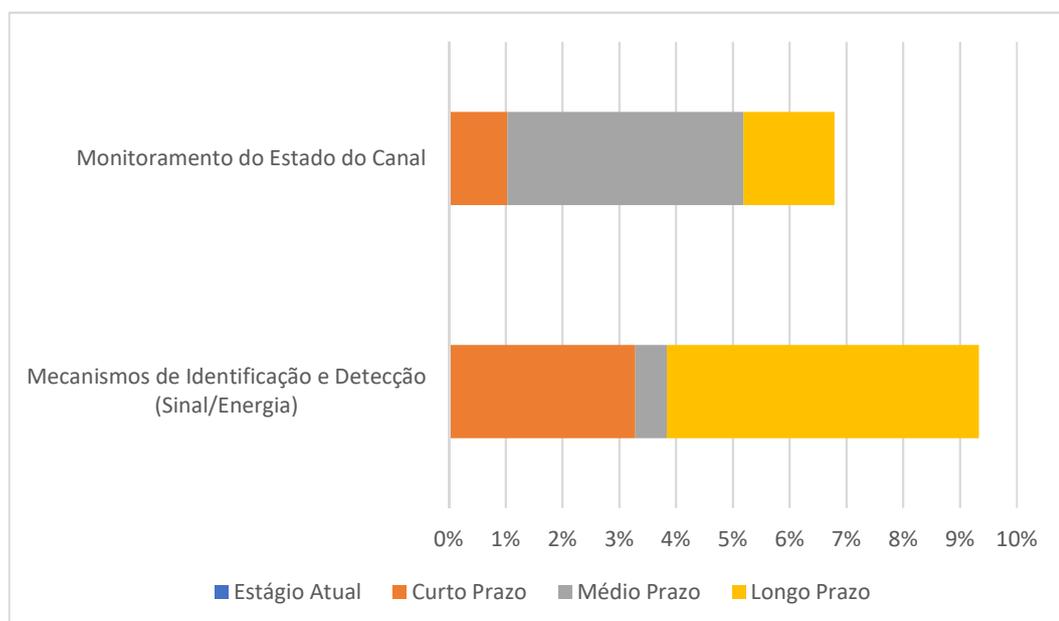
Fonte: Elaboração própria.

O artigo intitulado “*An SDR platform using direction finding and statistical analysis for the detection of interferers*”, DOI: 10.1109 / ICUMT.2016.7765230, publicado no ano de 2016, foi a publicação mais recente dos artigos científicos que abordou aspectos da taxonomia “Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede”.

O citado artigo foi redigido por autores pertencentes as instituições acadêmicas American University of Beirut e Lebanese University e dispôs estudo sobre monitoramento de radiofrequência, no qual foi proposta uma ferramenta implementada a partir de um *Software Defined Radio* (SDR) com o objetivo de detectar e localizar transmissões ilegais em redes 3G e 4G. O trabalho publicado foi implementado por intermédio do software universal Radio Peripherals (USRPs) e complementado com uma análise estatística.

A Figura 48 apresenta as taxonomias micros atinentes a meso “Sensoriamento Espectral”. O “Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)” destaca-se como o drive mais representativo da meso associada. Ademais, percebe-se que o longo prazo foi o estágio temporal que mais explorou essa taxonomia.

Figura 48: Taxonomias Micro associadas a Meso “Sensoriamento Espectral”.



Fonte: Elaboração própria.

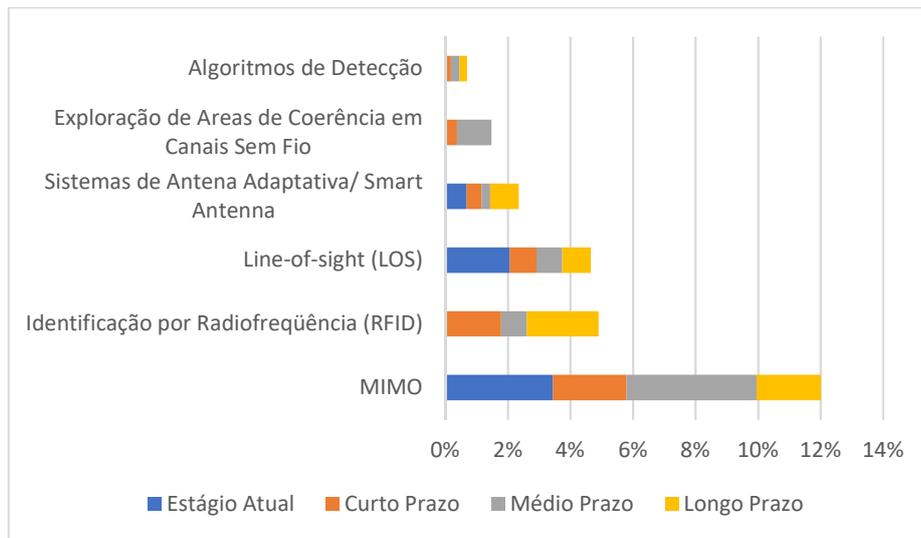
O artigo intitulado “*Automatic modulation classification using combination of genetic programming and KNN*”, DOI: 10.1109 / TWC.2012.060412.110460, publicado no ano de 2012, foi a publicação científica com o maior número de citações e que abordou aspectos da taxonomia “Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)”.

O citado artigo foi redigido por autores pertencentes as instituições acadêmicas *University of Liverpool* e *University of Jyvaskyla* e apresenta o estudo do uso da técnica de *Genetic Programming* (GP) em combinação com *K-nearest neighbor* (KNN) para Classificação Automática da Modulação (AMC) objetivando a detecção do sinal.

No trabalho, foram considerados as modulações BPSK, QPSK, QAM16 e QAM64 e os resultados da simulação demonstram que o método proposto fornece melhor desempenho de classificação de sinal, se comparado com outros métodos recentes.

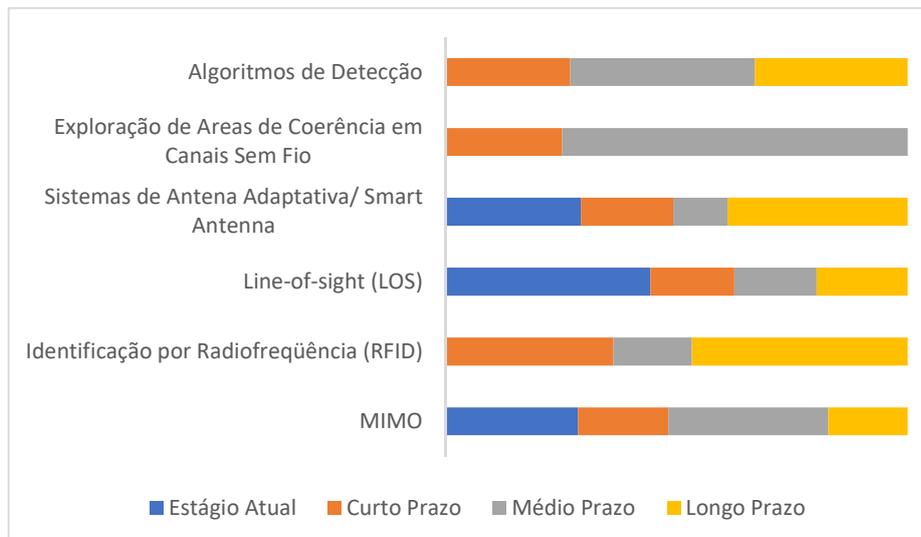
As Figuras 49 e 50 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Propagação/Deteccção”. O “MIMO” (em inglês: Multiple-input and multiple-output) destaca-se como o *drive* mais representativo da meso associada. Ademais, percebe-se que o médio prazo foi o estágio temporal que mais explorou essa taxonomia.

Figura 49: Taxonomias Micro associadas a Meso “Propagação/Deteccção”.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 50: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso "Propagação/Deteccção".



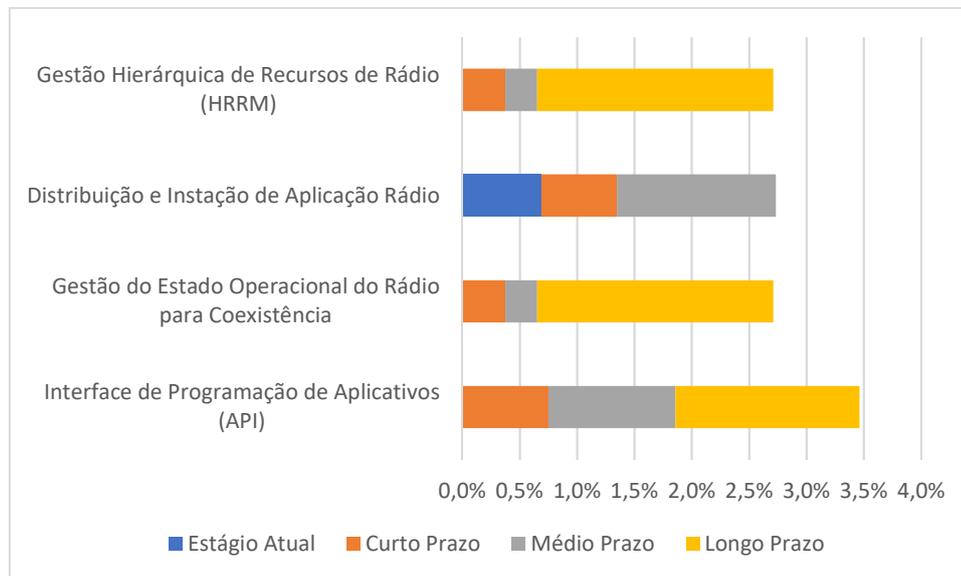
Fonte: Elaboração própria.

Nesse contexto, o pedido de patente intitulado “*Methods and systems for a distributed radio communications network*”, número IN2015KN01906, foi a publicação mais recente, no escopo estudado, que abordou a taxonomia MIMO. O processo patentário foi publicada no ano de 2015 e pertence a empresa Cognoscos.

O pedido de patente da Cognoscos propôs um método e sistema para uma rede de radiocomunicação distribuída. A tecnologia desenvolvida explorou campos tecnológicos de demoduladores, redes auto-organizáveis, arranjos de gateway e transmissão ou recepção utilizando antenas múltiplas.

A Figura 51 apresenta as taxonomias micros atinentes a meso “Equipamento de Usuário (UE)/Terminal RDS”. A “Interface de Programação de Aplicativos (API)” destaca-se como o *drive* mais representativo da meso associada. Ademais, percebe-se que o longo prazo foi o estágio temporal que mais explorou as taxonomias elencadas na Figura 51, destacando-se nas micros “API”, “HRRM” e “Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência”.

Figura 51: Taxonomias Micro associadas a Meso “Equipamento de Usuário (UE)/Terminal RDS”.



Fonte: Elaboração própria.

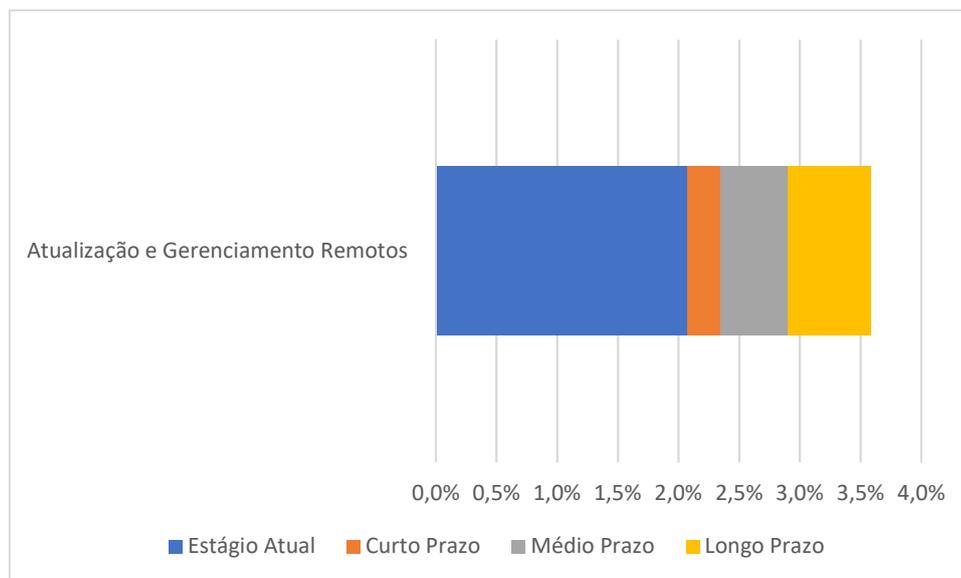
O artigo intitulado “*The radio virtual machine: A solution for SDR portability and platform reconfigurability*”, DOI: 10.1109/IPDPS.2009.5161197, publicado no ano de 2009, foi uma publicação científica que abordou aspectos das taxonomias “API”, “HRRM” e “Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência”.

O citado artigo foi redigido por autores pertencentes ao instituto CEA-Leti e propôs uma arquitetura, baseada no conceito de Máquina Virtual (VM), para a camada

física do RDS. Além disso, a publicação demonstrou a viabilidade da solução por intermédio de um estudo de caso e uma implementação de prova de conceito.

A Figura 52 apresenta a taxonomia micro “Atualização e Gerenciamento Remotos” relacionada a meso “Funcionalidade do Equipamento de Usuário (UE)”. Ademais, percebe-se que o momento atual foi o estágio temporal que mais explorou a taxonomia micro em tela.

Figura 52: Taxonomias Micro associadas a Meso “Funcionalidade do UE”.



Fonte: Elaboração própria.

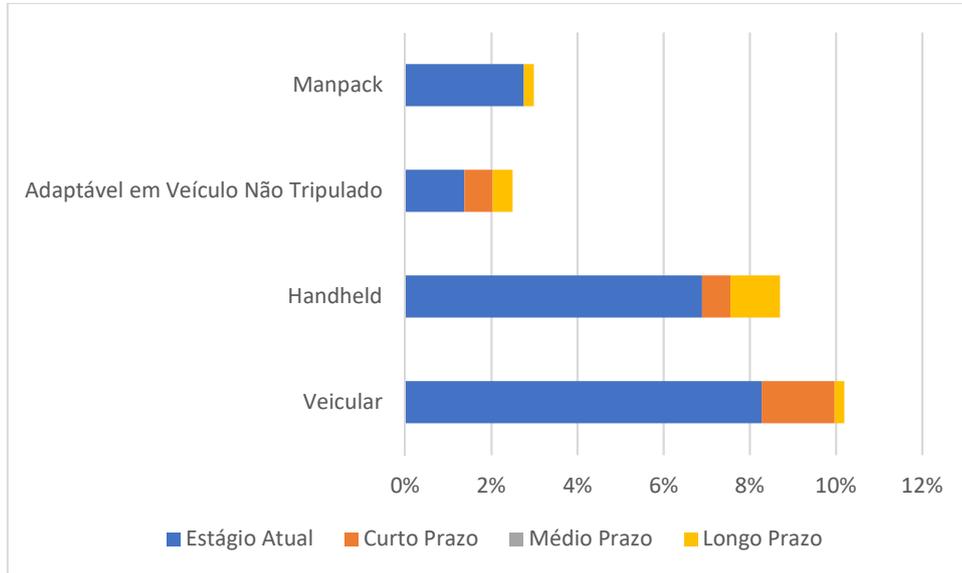
Os artigos intitulados “*More than meets the eye: small UASs become advanced assets*”, publicado no ano de 2015, e “*Parting shot: Lockheed Martin Vector Hawk SUAS*”, publicado em 2014, ambos divulgados pela Janes, destacaram-se no estágio atual por abordarem a taxonomia micro “Atualização e Gerenciamento Remotos”.

Os supracitados artigos versaram sobre os sistemas de pequenas aeronaves não tripuladas de asa fixa (em inglês: *Small fixed-wing unmanned aircraft systems - SUAS*), da empresa Lockheed Martin, que equipavam-se com rádios definidos por software portadores de uma variedade de formas de onda, dentre elas as aplicações rádio 3G e 4G LTE, com a faculdade de serem reconfigurados por via aérea.

As Figuras 53 e 54 apresentam as taxonomias micros atinentes a meso “Modelo do UE”. Saliencia-se que o momento atual foi o estágio temporal que mais explorou as taxonomias micros elencadas na figura. Porém, destaca-se o crescimento de representatividade das patentes e artigos científicos no *drive* “Adaptável em

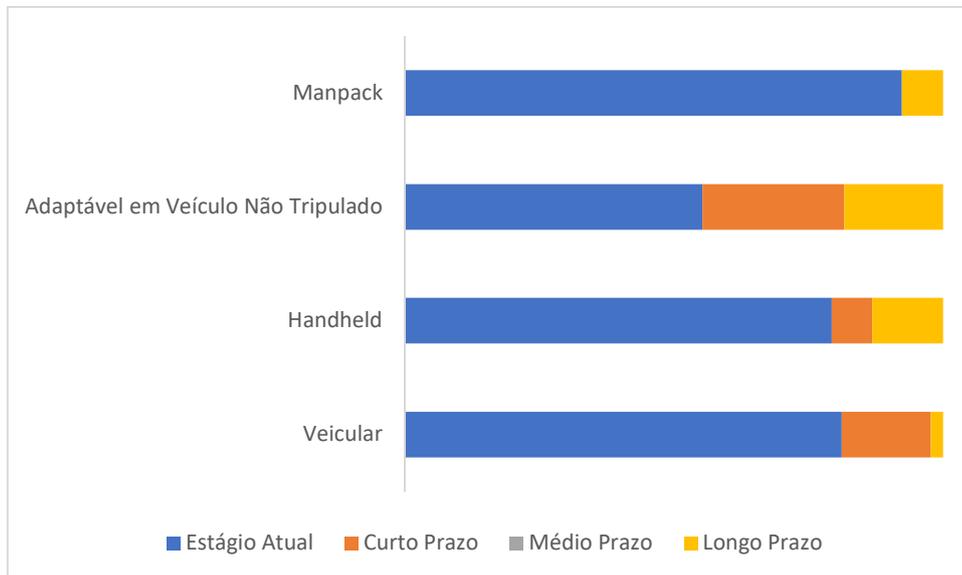
Veículo Não Tripulado”, demonstrando uma tendência de crescimento futuro para esse tipo de modelo.

Figura 53: Taxonomias Micro associadas a Meso “Modelo do UE”.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 54: Destaques dos Estágios Temporais infra das Taxonomias Micro da Meso “Modelo do UE”.



Fonte: Elaboração própria.

O artigo intitulado “*RUAG ARANEA networking system*”, publicado em 2018 pela Janes, foi um dos documentos do estágio atual que abordou as taxonomias “Veicular” e “Manpack”.

O supracitado artigo dispôs a solução de rede ARANEA, da empresa RUAG, que foi desenvolvida para permitir que organizações militares e de emergência (e

civis) estabelecessem prontamente comunicações em diversas redes e protocolos de comunicação.

A RUAG ARANEA foi projetada para suportar a rápida integração de uma ampla gama de sistemas de rádio, independente de tecnologia, fabricante e localização, em uma rede de banda larga tática por IP. Por exemplo, possibilita a conectividade entre TETRA, WLAN, 3G, 4G LTE e transmissão de dados por SATCOM. Além disso, o sistema da RUAG foi concebido para integrar-se com o RDS VoIP, *Radio Bridge*.

## 6 Etapa Pós-Prospectiva

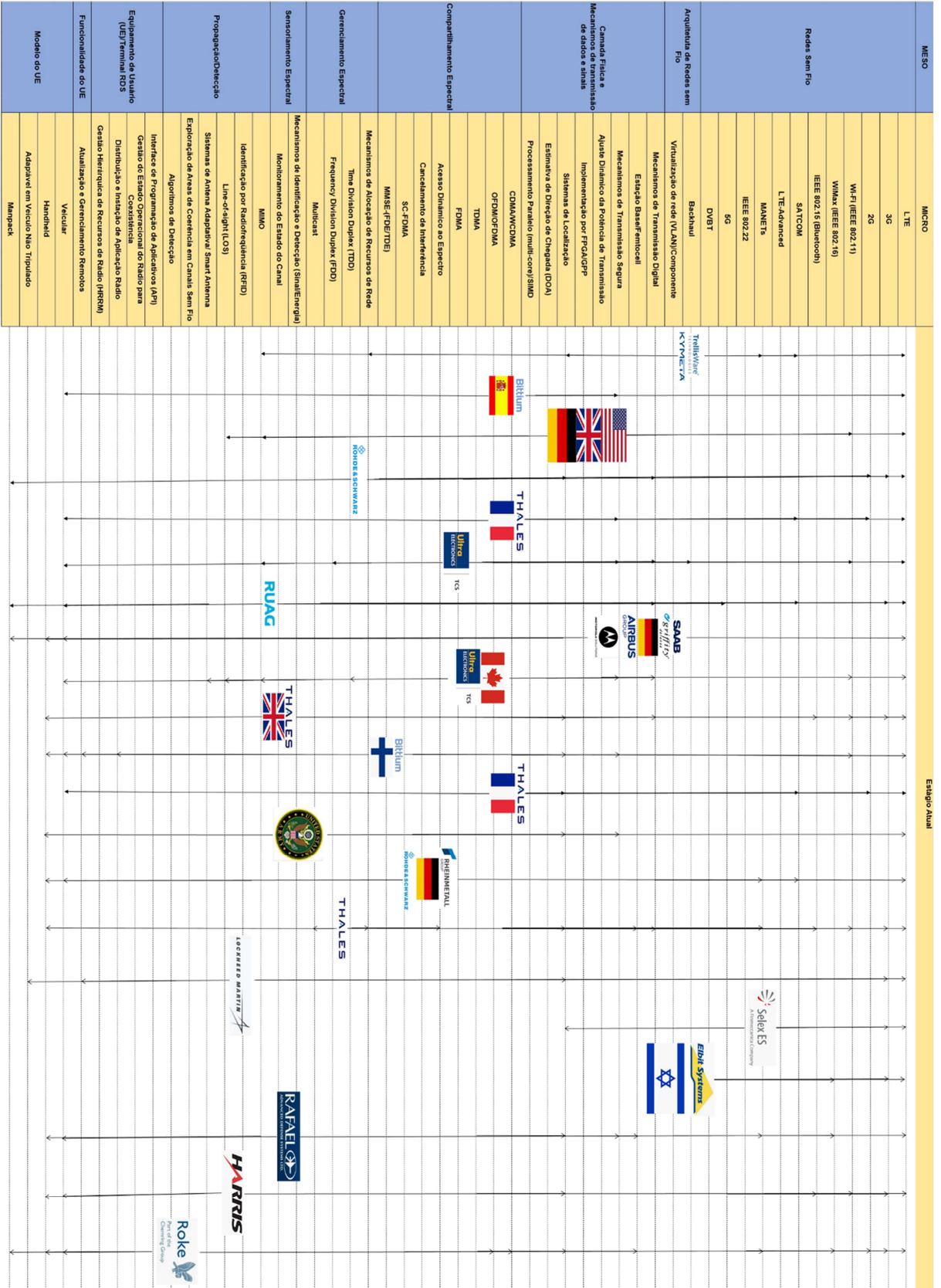
Na etapa pós-prospectiva foi construído o mapa tecnológico dispondo as taxonomias meso e micro no eixo vertical. Além disso, no eixo horizontal foram organizadas as informações obtidas das mídias especializadas, patentes, pedidos de patentes e artigos científicos sob uma perspectiva temporal de estágio atual, curto prazo, médio prazo e de longo prazo, respectivamente.

O *roadmap* foi elaborado por intermédio do Microsoft® Office Excel com o objetivo de ilustrar as correlações entre as organizações e as taxonomias dispostas no eixo vertical. Desta forma, para cada estágio temporal foram posicionados os logotipos dos *players* que se relacionaram com os drivers (meso e micro) por meio de setas.

### 6.1 Mapa Tecnológico: Estágio Atual

A Figura 55 apresenta o mapa tecnológico referente as informações que embasam o estágio atual. Conforme relatado na etapa prospectiva, os artigos que consolidam o presente estágio temporal foram obtidos na Janes.

Figura 55: Mapa Tecnológico do Estágio Atual.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 55 apresenta a consolidação das informações extraídas dos documentos relacionados no Apêndice D (30 artigos). Para sua elaboração foram excluídos os 4 (quatro) artigos intitulados “*Next-generation satcom: enhancing satellite communications for current operations*”, “*Eurosatory 2018: Elbit Systems to Present New Networked and Situational Awareness Capabilities*”, “*Bowman digital radio system*” e “*Radio repurposed: Reaping the benefits of RF technology*”, pois não versavam sobre o escopo do trabalho.

A justificativa para os documentos estarem em desacordo com o escopo do trabalho decorre do texto não apresentar equipamento e/ou tecnologia que abordasse de forma convergente aspectos do LTE aplicado ao RDS com uso militar. Desta forma, apesar do conteúdo documental conter termos da estratégia de busca, as palavras-chave relacionavam-se com diferentes soluções tecnológicas.

Ademais, no mapa foram juntadas as informações de documentos distintos e que abordavam sobre um mesmo player. Por exemplo, os artigos intitulados “*SquadNet soldier radio*”, “*DSEI 2015: Thales SquadNet enters soldier radio Market*” e “*Thales reveals radio innovations*” apresentaram informações sobre a empresa Thales. Desta forma, as taxonomias de cada documento foram agrupadas em uma única representação no mapa. Além disso, cabe esclarecer que não foram agrupados os drivers quando os documentos descreviam ações de parcerias.

A partir da Figura 55 observa-se que no estágio atual os *players* governamentais têm adotado a estratégia de firmarem parcerias com empresas que possuem comprovadas competências no segmento de sistemas de comunicações táticas.

## **6.2 Mapa Tecnológico: Curto Prazo**

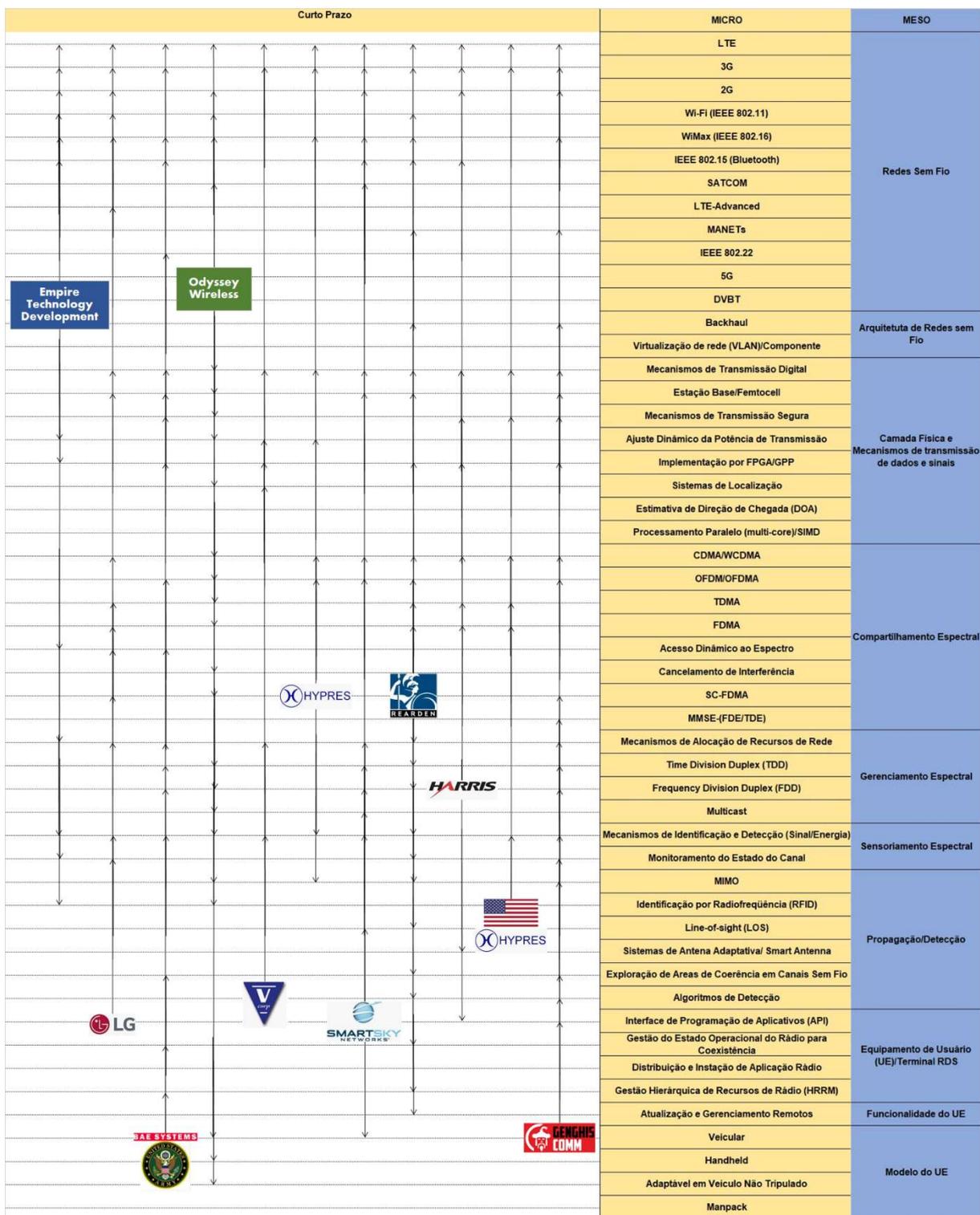
As Figuras 56 e 57 apresentam o mapa tecnológico referente as informações que embasam o curto prazo. Conforme relatado na etapa prospectiva, as patentes que consolidam o presente estágio temporal foram obtidas na base de dados LexisNexis.

Figura 56: Mapa Tecnológico do Curto Prazo.

MESO	MICRO	Curto Prazo
Redes Sem Fio	LTE	
	3G	
	2G	
	WiFi (IEEE 802.11)	
	WiMax (IEEE 802.16)	
	IEEE 802.15 (Bluetooth)	
	SATCOM	
	LTE-Advanced	
	MANETs	
	IEEE 802.22	
Arquitetura de Redes sem Fio	5G	
	DVB-T	
	Backhaul	
	Virtualização de rede (NFV)/Componente	
	Mecanismos de Transmissão Digital	
	Estação Base/Femtocell	
	Mecanismos de Transmissão Segura	
	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	
	Implementação por PDA/APP	
	Sistemas de Localização	
Camada Física e Mecanismos de Transmissão de dados e sinais	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	
	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	
	CDMA/SCDMA	
	OFDM/OFDMA	
	TDMA	
	FDMA	
	Acesso Dinâmico ao Espectro	
	Cancelamento de Interferência	
	SC-FDMA	
	MIMO (M-FCR/DFE)	
Compartilhamento Espectral	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	
	Time Division Duplex (TDD)	
	Frequency Division Duplex (FDD)	
	Multicarrier	
	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinais/Energia)	
	Monitoramento do Estado do Canal	
	MIMO	
	Identificação por Rádio/Requisição (PRFI)	
	Line-of-sight (LOS)	
	Sistemas de Antena Adaptativa Smart Antenna	
Propagação/Detecção	Exploração da Área de Coerência em Canais Sem Fio	
	Algoritmos de Detecção	
	Interfície de Programação de Aplicativos (API)	
	Gestão do Estado Operacional do Rádio para	
	Distribuição Instantânea de Aplicação Rádio	
	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRM)	
	Análises e Gerenciamento Remotos	
	Veicular	
	Handheld	
	Adaptável em Veículo Não Tripulado	
Funcionalidade do UE	Manpack	

Fonte: Elaboração própria.

Figura 57: Continuação do Mapa Tecnológico do Curto Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

As Figuras 56 e 57 apresentam a consolidação das informações extraídas dos documentos relacionados no Apêndice E (112 patentes). Para sua elaboração, foram excluídas 26 (vinte e seis) patentes de códigos de processo KR101582410, US9516132, EP2770789, US8908591, EP2717630, EP2693795, US9204326,

US9293016, US9110101, EP2795844, US9369421, US8762468, US9508269, JP5870368, US8918865, US9392451, US7404074, US7839169, US7733125, US8270973, US8254986, US8155642, US7437158, US7987491, US9143839 e US8161172, pois não versavam sobre o escopo do trabalho.

A justificativa para as patentes estarem em desacordo com o escopo do trabalho decorre das soluções tecnológicas apresentadas não se destinarem para o LTE aplicado ao RDS com uso militar. Desta forma, apesar do conteúdo documental conter termos da estratégia de busca, as palavras-chave estavam no texto somente para descrever o uso do LTE e do RDS como tecnologias suportes para a invenção, - além disso, não necessariamente com o uso concomitante dessas tecnologias.

No mapa foram juntadas as informações de documentos distintos e que abordavam sobre um mesmo player. Por exemplo, as patentes "*Method and apparatus for communicating emergency information*", cód. US9055350, e "*Method and apparatus for controlling multi-experience translation of media content*", cód. US9189076, apresentaram informações sobre a empresa AT&T Intellectual Property. Desta forma, as taxonomias de cada documento foram agrupadas em uma única representação no mapa. Além disso, cabe esclarecer que não foram agrupados os drivers quando a patente possuía titularidade compartilhada entre 2 (dois) ou mais agentes.

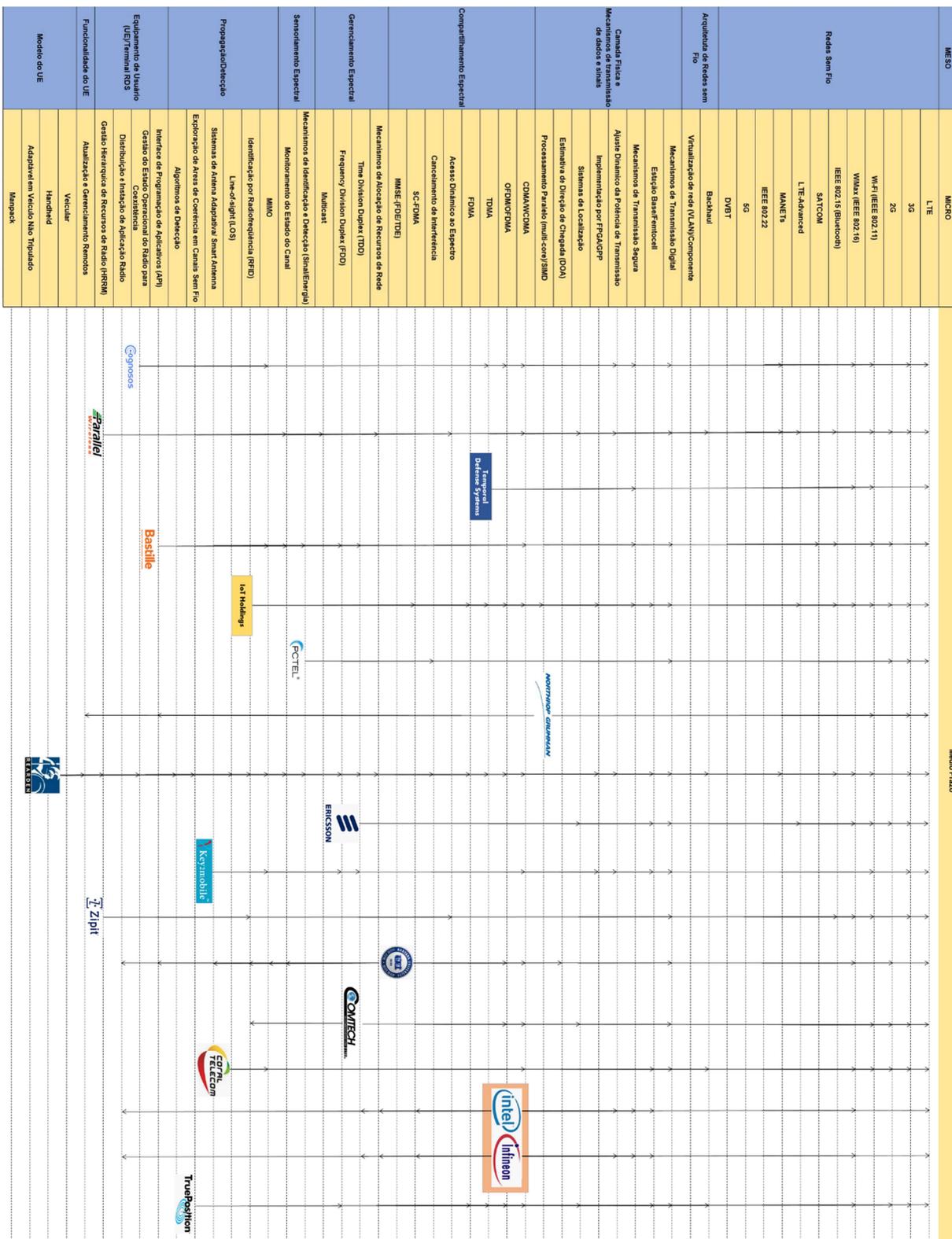
A partir das Figuras 56 e 57 observa-se que no estágio temporal de curto prazo, os *players* têm adotado a estratégia de desenvolvimentos tecnológicos isolados, pois poucos foram as patentes que possuíam cotitularidades. Além disso, não foram identificados *clusters* de invenções com a mesma ênfase de pesquisa.

O mapa revela que o segmento de LTE e RDS com aplicações militares tem atraído a atenção de empresas sem histórico de atuação no mercado de defesa e segurança. Por outro lado, não foram identificadas patentes de organizações empresariais reconhecidas por atuarem no setor de defesa e destacadas pelo mapa tecnológico do estágio atual, tais como a Thales, Rafael e Elbit. Assim, o mapa do curto prazo sugere que esses players têm adotado a estratégia de segredo industrial ou engajaram-se no desenvolvimento de outras tecnologias.

### **6.3 Mapa Tecnológico: Médio Prazo**

A Figura 58 apresenta o mapa tecnológico referente as informações que embasam o médio prazo. Conforme relatado na etapa prospectiva, os depósitos de pedidos de patentes que sevem de base para o presente estágio temporal foram obtidos na base de dados LexisNexis.

Figura 58: Mapa Tecnológico do Médio Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 58 apresenta a consolidação das informações extraídas dos documentos relacionados no Apêndice F (36 pedidos de patentes). Para sua

elaboração foram excluídos 5 (cinco) documentos de códigos de processo CA3009710, DE102013207600, EP2815282, IN2013CN08475 e IN2013MN01581, pois não versavam sobre o escopo do trabalho.

A justificativa para os pedidos de patentes estarem em desacordo com o escopo do trabalho decorre das soluções tecnológicas apresentadas não se destinarem para o LTE aplicado ao RDS com uso militar. Desta forma, apesar do conteúdo documental conter termos da estratégia de busca, as palavras-chave estavam no texto somente para descrever o uso do LTE e do RDS como tecnologias suportes para a invenção, - além disso, não necessariamente com o uso concomitante dessas tecnologias.

No mapa foram juntadas as informações de documentos distintos e que abordavam sobre um mesmo player. Por exemplo, as patentes “*Systems and methods to exploit areas of coherence in wireless systems*”, cód. CA2848355, e “*System and methods for coping with doppler effects in distributed-input distributed-output wireless systems*”, cód. EP2845178, apresentaram informações sobre a empresa Rearden. Desta forma, as taxonomias de cada documento foram agrupadas em uma única representação no mapa. Além disso, cabe esclarecer que não foram agrupados os drivers quando os pedidos de patentes possuíam titularidade compartilhada entre 2 (dois) ou mais agentes.

A partir da Figura 58 observa-se que no estágio temporal de médio prazo, os *players* têm adotado a estratégia de desenvolvimentos tecnológicos isolados, pois não foram identificados processos patentários com cotitularidades.

Os depósitos intitulados “*Radio resources manager device and radio communication in front of directions*”, cód. DE102010037215, data de prioridade 17/09/2009, da empresa Intel, e “*Radio resource manager device and radio communication device*”, cód. CN105744633, data de prioridade 17/09/2009, da Infineon, têm como foco as mesmas taxonomias, portanto configuram-se como um *cluster*.

Dada as semelhanças dos supracitados depósitos de pedidos de patentes, buscaram-se informações adicionais sobre as empresas Intel e Infineon. Nesse contexto, levantou-se que ano de 2010 a Intel adquiriu os negócios de Soluções Sem Fio (no inglês, WLS) da Infineon, em uma transação de compra avaliada em US\$1,4 bilhões. Essa operação de compra e venda possibilitou que a Intel expandisse seu portfólio de produtos (Wi-Fi e WiMax) com as opções de redes sem fio 2G, 3G e LTE

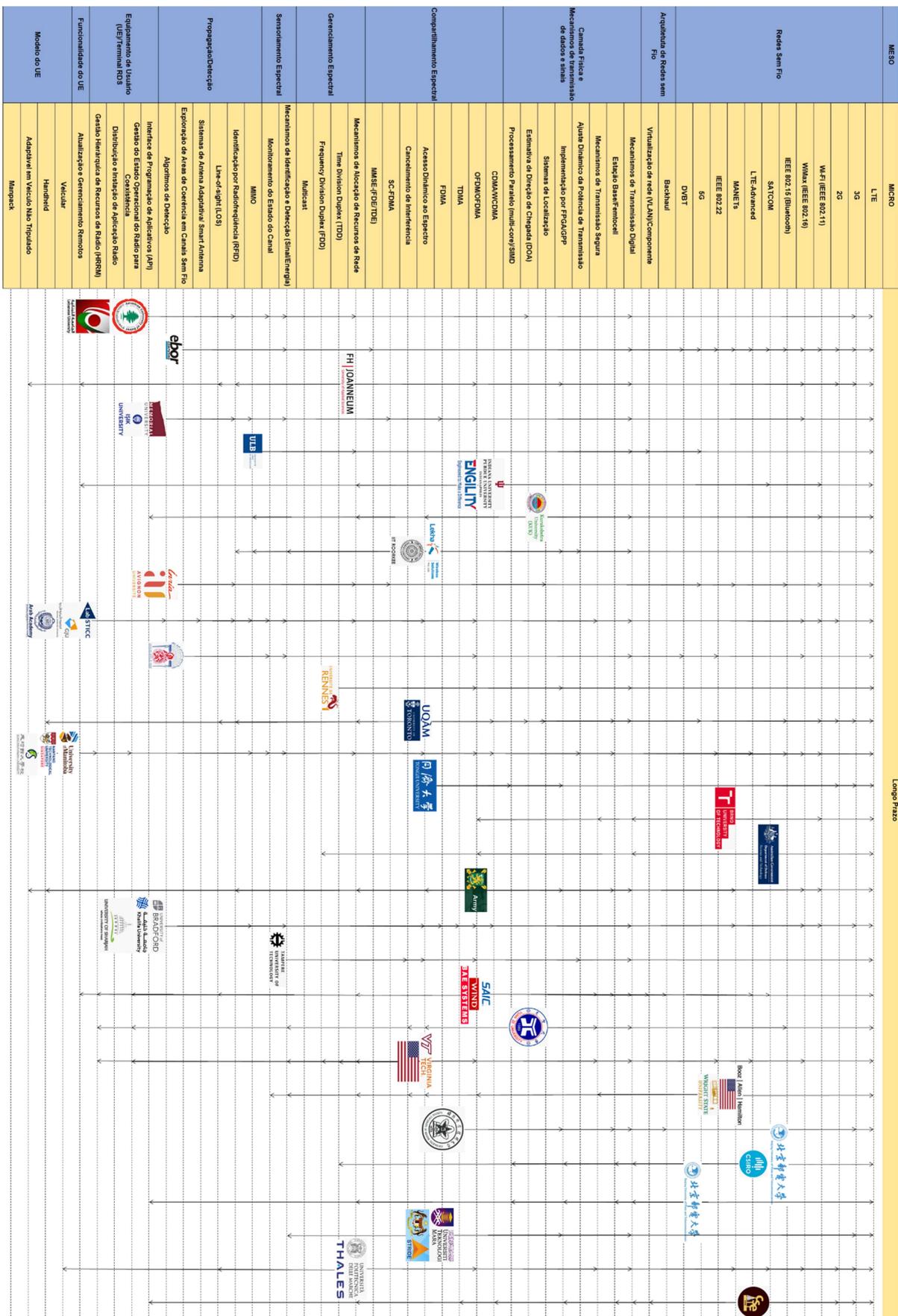
(4G)<sup>24</sup> e que a Infineon direcionasse seus esforços para soluções tecnológicas em eficiência energética, mobilidade e segurança.

#### **6.4 Mapa Tecnológico: Longo Prazo**

As Figuras 59 e 60 apresentam o mapa tecnológico referente as informações que embasam o longo prazo. Conforme relatado na etapa prospectiva, os artigos científicos que sevem de base para o presente estágio temporal foram obtidos na base de dados Scopus.

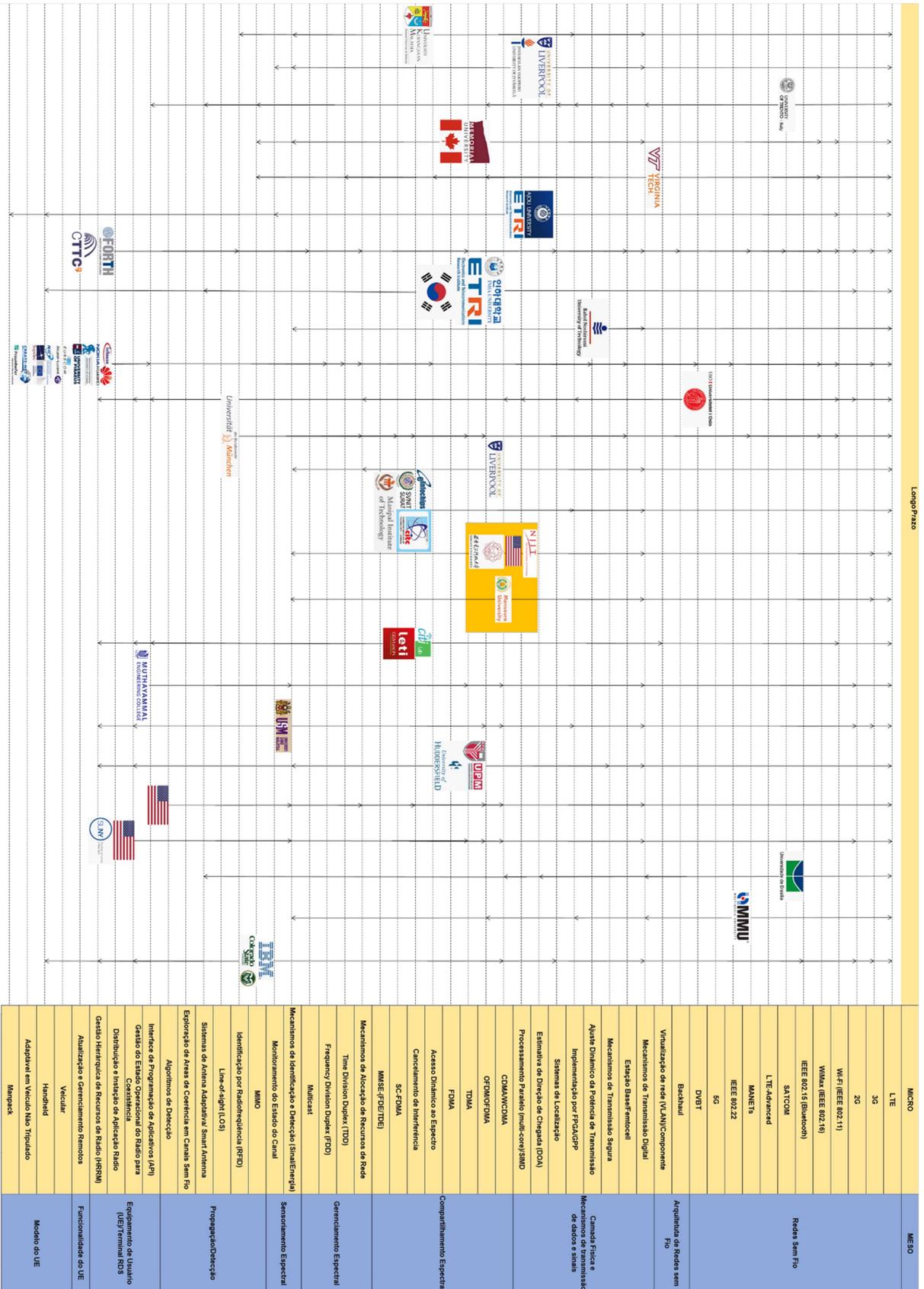
<sup>24</sup> <https://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2010/INFXX201008-069.html>

Figura 59: Mapa Tecnológico do Longo Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 60: Continuação do Mapa Tecnológico do Longo Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

As Figuras 59 e 60 apresentam a consolidação das informações extraídas dos artigos relacionados no Apêndice G (57 artigos científicos). Para sua elaboração foi excluído o documento intitulado “*A Primer on Physical-Layer Network Coding*”, DOI: 10.2200/S00646ED1V01Y201505CNT016, da Chinese University of Hong Kong, pois trata-se de um livro, portanto está em desacordo com a metodologia que preconiza o uso de artigos. Além disso, o citado livro constava em duplicidade na relação do apêndice, portanto foram excluídos 2 documentos para a construção do *roadmap*; - acredita-se que o citado livro tenha sido indexado na base Scopus de forma incorreta, já que durante as buscas foram excluídos esses tipos de registros.

A partir da análise das Figura 59 e 60 observa-se que no estágio temporal de longo prazo existe um quantitativo equilibrado de trabalhos em parcerias. Outro aspecto a ser destacado é a participação de autores de organizações empresariais em trabalhos de cunho científico, pois existe uma notória participação de empresas no mapa.

Os artigos “*Software-defined radio equipped with rapid modulation recognition*”, DOI: 10.1109/TVT.2010.2041805, publicado no ano de 2010, e “*Identification of linear bi-dimensional digital modulation schemes via clustering algorithms*”, DOI: 10.1109/ICCES.2009.5383234, publicado em 2009, enfatizaram as mesmas taxonomias, portanto representam um *cluster*. O artigo publicado em 2010 possui autores vinculados as instituições *New Jersey Institute of Technology*, *US Army* e *Xidian University*, e o documento de 2009 foi elaborado por pesquisadores vinculados a *Mansura University*. Esses players encontram-se destacados na Figura 60 pelo retângulo amarelo.

## **7 Etapa Pós-Roadmap**

O estudo do ordenamento dos players e suas taxonomias descortina o entendimento da inter-relação entre as organizações e seus respectivos campos de atuação. Desta forma, as análises vertical e horizontal têm por objetivo apresentar aspectos relevantes do campo de pesquisa, bem como a rota tecnológica trilhada pelos agentes destacados.

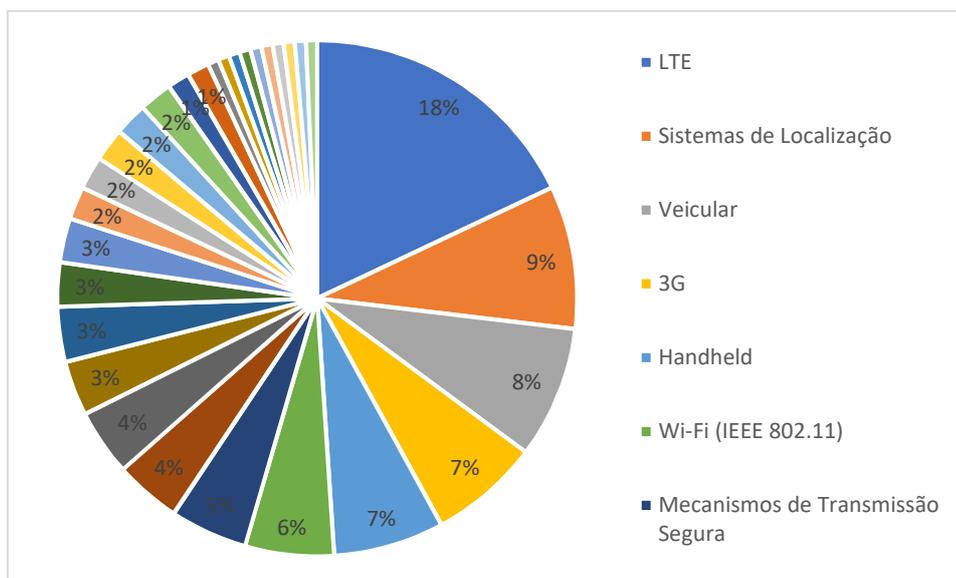
### **7.1 Análise Vertical**

O eixo vertical do mapa exhibe as taxonomias que expressam campos de atuação das organizações. Assim, a partir da análise vertical torna-se possível visualizar os vínculos entre os players e o respectivo escopo tecnológico explorado em cada estágio temporal.

#### **7.1.1 Análise Vertical do Estágio Atual**

A partir do tratamento dos dados extraídos dos artigos da mídia especializada foi obtido o percentual referente a cada taxonomia micro, conforme disposto na Figura 61. O percentual foi inferido por intermédio do quociente de uma divisão, no qual o numerador representa o somatório de citações associadas ao drive analisado e o denominador é o somatório de citações de todas as categorizações contidas no Estágio Atual. O Apêndice H apresenta uma tabela na qual estão colocados os percentuais de citações atinentes a cada taxonomia micro do mapa do momento atual.

Figura 61: Percentual das Taxonomias Micro no Estágio Atual.

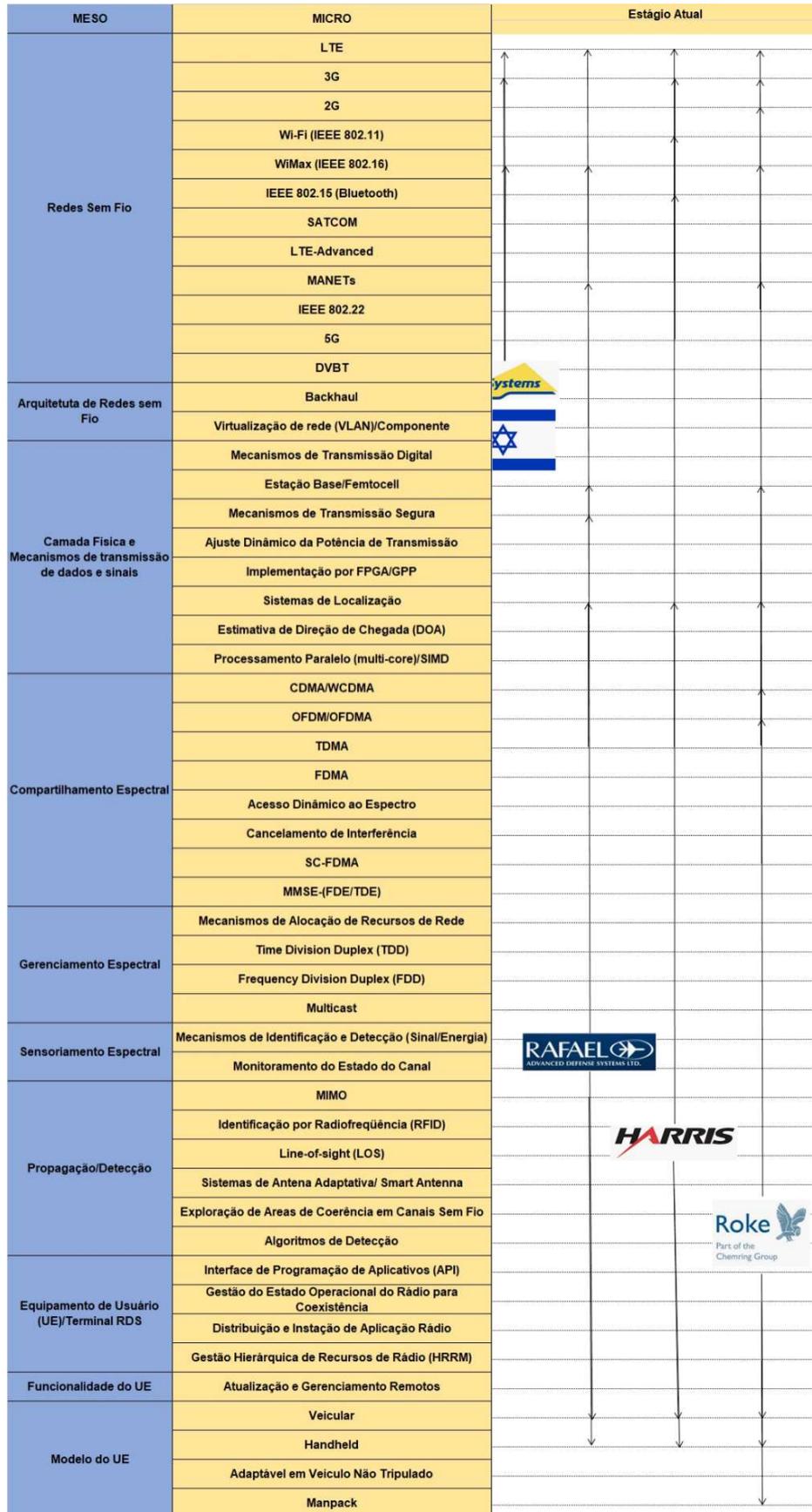


Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se na Figura 61 que os *drivers* LTE, Sistemas de Localização, Veicular, 3G e Handheld correspondem a aproximadamente 50% do total de citações contidas nos arquivos da mídia especializada, denotando a importância dessas categorizações para o momento atual.

Um exemplo que pode ser citado é a empresa Harris, que no estágio atual demonstrou foco nas supracitadas taxonomias, conforme informações extraídas do artigo intitulado “*Harris multiplies PRC-152 radio missions*”, publicado no ano de 2011 pela Janes. A Figura 48 apresenta um recorte do mapa tecnológico do estágio atual, destacando a atuação da empresa Harris.

Figura 62: . Mapa Tecnológico do Estágio Atual com foco na Harris.



Fonte: Elaboração própria.

As taxonomias apontadas na Figura 62 baseiam-se no rádio definido por software multimodo JTRS da Harris, Falcon III AN / PRC-152 multibanda *handheld*, que foi adotado pela Força Aérea, Exército e pelo Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos, e se transformou em tecnologia base para uma ampla gama de equipamentos de diferentes configurações e funções.

Nesse contexto, o PRC-152 foi explorado para demonstrar formas e meios de convergir sistemas de rádio táticos com *displays* comerciais, tais como um *tablet* e um *smartphone*.

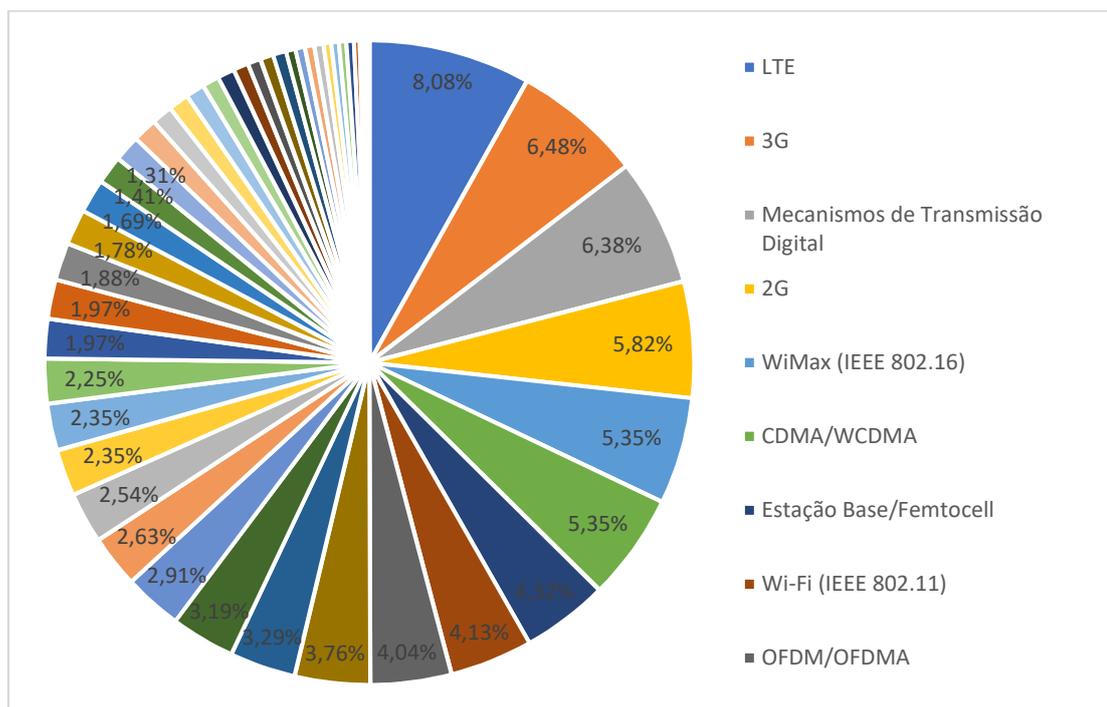
O terminal de comunicação de dados do tipo *tablet* foi desenvolvido com um processador dual-core executando no mínimo 1 GHz, com memória interna de até 128 GB e memória LPDDR2 de 2 GB. Sua tela sensível ao toque suporta operação com dedo, mão enluvada e caneta, o LCD de 1024 x 600 legível por luz solar de 7 polegadas intensificando ou diminuindo de acordo com os níveis de luz. O equipamento foi projetado com as dimensões de 228x38x165 mm e pesa aproximadamente 0,68 kg com sua bateria de 20 W/h de íon de lítio. Além disso, integrou-se um receptor GPS comercial e *slots* para modem celular mini PCIe 3G/4G/PSPC, bem como conectividade sem fio *Bluetooth* 3.0 e 802.11n.

O terminal do tipo *smartphone* não foi reforçado ou configurado para operação com luvas. O equipamento foi projetado para permitir a colaboração com vistas à consciência situacional, fornecendo pontos de interesse e metadados a todos os usuários, incluindo: elevações pontuais; rastreamento de força azul com simbologia MIL-STD-2525; rotas; sobreposições de vetores; Coordenadas *Military Grid Reference System* (MGRS); sobreposições de quadro branco; e bate-papo com texto livre. Além disso, foi integrado ao sistema o aplicativo de mapa digital FliteScene da Harris, que possibilitou a gravação dos dados do mapa no dispositivo, minimizando assim os requisitos de largura de banda da rede, e garantindo disponibilidade contínua no caso de uma falha nas comunicações.

### **7.1.2 Análise Vertical do Curto Prazo**

A partir do tratamento dos dados extraídos das patentes foi obtido o percentual referente a cada taxonomia micro, conforme disposto na Figura 63. O Apêndice I apresenta uma tabela na qual estão dispostos os percentuais de citações das taxonomias micro do mapa de curto prazo.

Figura 63: Percentual das Taxonomias Micro no Curto Prazo.

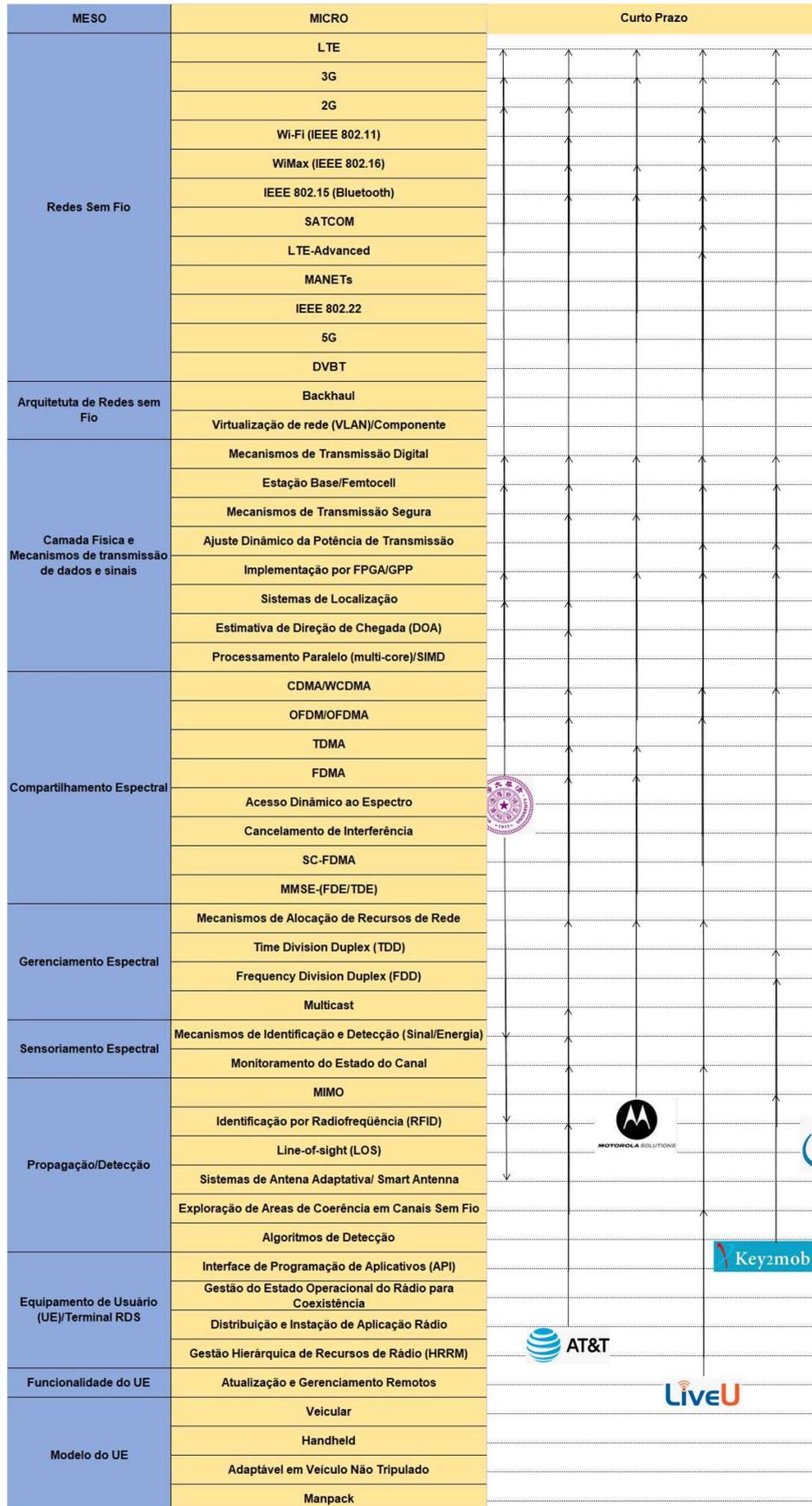


Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se na Figura 63 que os *drivers* LTE, 3G, 2G, Wi-Fi, WiMax, Mecanismos de Transmissão, Estação Base/Femtocell, CDMA/WCDMA e OFDM/OFDMA correspondem a aproximadamente 50% do total de citações contidas nas patentes.

Um exemplo que pode ser citado é a empresa LiveU, que demonstrou foco nas supracitadas taxonomias em sua patente intitulada “*Network assisted bonding*”, número US9369921B2, e concedida no ano de 2016. A Figura 64 apresenta um recorte do mapa tecnológico do estágio temporal de curto prazo focalizando a atuação da empresa LiveU. Cabe ressaltar que a citada empresa foi a única organização que apresentou trabalho que abordasse concomitantemente as taxonomias supramencionadas.

Figura 64: Mapa Tecnológico do Curto Prazo com foco na LiveU.



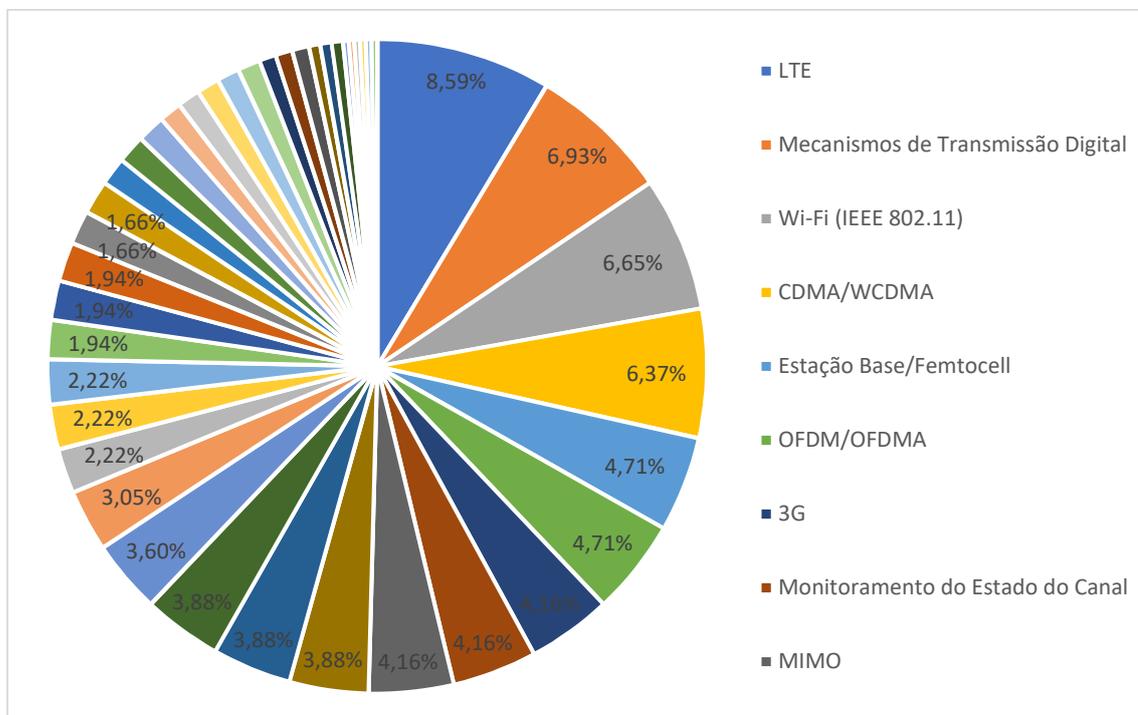
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 64 exibe os *drivers* abordados pela patente da LiveU que propôs um dispositivo para facilitar a transmissão de mídia por uma rede sem fio. A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de controle de fluxo entre terminais de comunicação usando sinalização entre elementos de rede; gerenciamento de tráfego, por meio do controle de fluxo ou controle de congestionamento usando parâmetros específicos de qualidade de serviço (QoS) para redes sem fio, bem como para detecção de congestionamento ou sobrecarga durante a comunicação, além de técnicas e arranjos em que as informações de comunicação são transmitidas por meio de caminhos de transmissão alternativos para equilibrar a carga no sistema.

### 7.1.3 Análise Vertical do Médio Prazo

A partir do tratamento dos dados extraídos dos depósitos de pedidos de patentes foi obtido o percentual referente a cada taxonomia micro, conforme disposto na Figura 65. O Apêndice J apresenta uma tabela na qual estão dispostos os percentuais de citações das taxonomias micro do mapa do médio prazo.

Figura 65: Percentual das Taxonomias Micro no Médio Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se na Figura 65 que os drivers LTE, Mecanismos de Transmissão Digital, Wi-Fi, CDMA/WCDMA, Estação Base/Femtocell, OFDM/OFDMA, 3G,

Monitoramento do estado do Canal e MIMO correspondem a aproximadamente 50% do total de citações contidas nos pedidos de patentes.

Um exemplo que pode ser citado é a empresa Rearden, que demonstrou foco nas supracitadas taxonomias em seu pedido de patente intitulado “*System and methods to compensate for doppler effects in multi-user (mu) multiple antenna systems (mas)*”, número US20160255618A1, e publicada no ano de 2016. Cabe ressaltar que o citado processo foi a única invenção que apresentou trabalho que abordasse concomitantemente as taxonomias supramencionadas.

A Figura 66 apresenta um recorte do mapa tecnológico focalizando a atuação da Rearden. A empresa possui, além do supramencionado pedido de patente, mais 09 (nove) processos patentários conforme disposto no Apêndice F. Desta forma, é importante observar que no mapa encontram-se consolidadas todas as taxonomias trabalhadas pelo agente no estágio temporal de médio prazo.

Figura 66: Mapa Tecnológico do Médio Prazo com foco na Rearden.



Fonte: Elaboração própria.

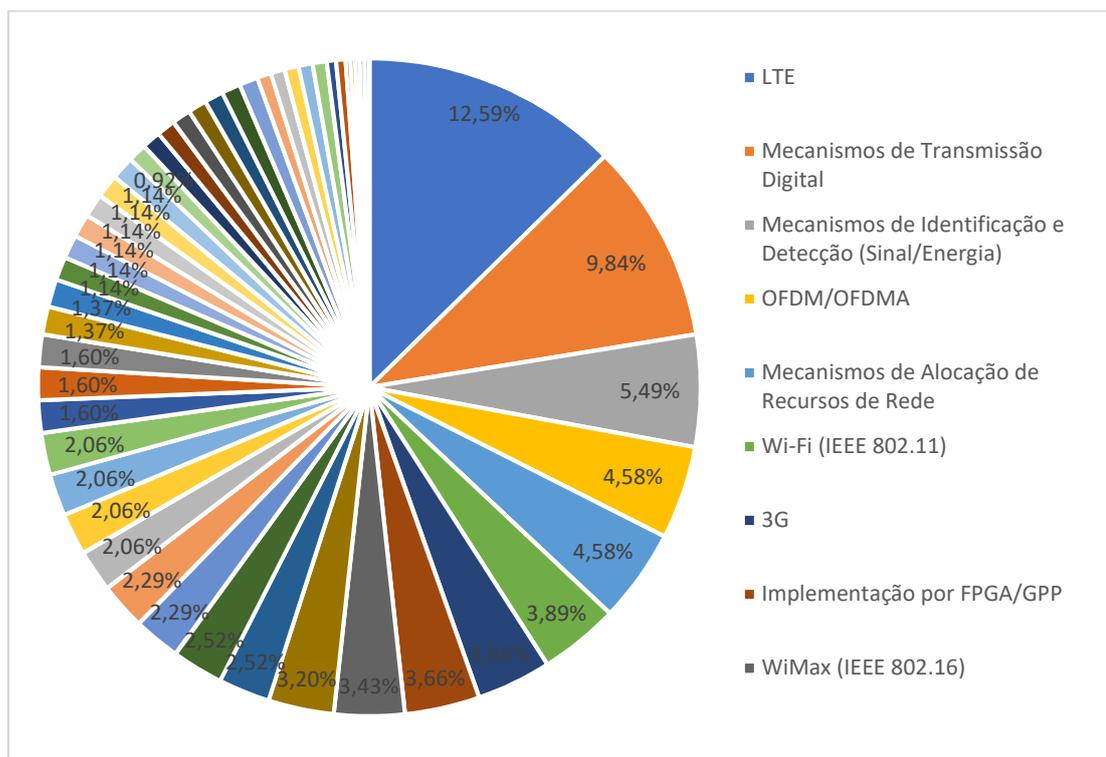
A Figura 66 exibe os drivers abordados pela empresa Rearden, e nesse contexto encontram representados os drivers explorados pelo pedido de patente intitulado “*System and methods to compensate for doppler effects in multi-user (mu) multiple antenna systems (mas)*”. A invenção descreve um sistema e um métodos que compensam o efeito Doppler adverso no desempenho dos sistemas de “entrada distribuída saída distribuída” (no inglês, DIDO).

A tecnologia desenvolvida explora campos tecnológicos de alocação de recursos sem fio com base nas propriedades do terminal ou dispositivo; uso cooperativo de antenas de vários locais; gerenciamento de tráfego por meio do controle de fluxo ou controle de congestionamento com base nas condições de comunicação (interferência, perda ou atraso de sinal); alocação de recursos sem fio com base em critérios de qualidade usando o nível de interferência; Sistemas MIMO com múltiplos usuários; informação sobre o estado do canal (CSI, do inglês *channel state information*); diversidade direcional; e ponto de acesso com componentes remotos.

#### **7.1.4 Análise Vertical do Longo Prazo**

A partir do tratamento dos dados extraídos dos artigos científicos, foram obtidos os percentuais referentes a cada taxonomia micro, conforme disposto na Figura 67. O Apêndice K apresenta uma tabela na qual estão dispostos os percentuais de citações das taxonomias micro do mapa de longo prazo.

Figura 67: Percentual das Taxonomias Micro no Longo Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se na Figura 67 que os drivers LTE, Mecanismos de Transmissão Digital, Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia), OFDM/OFDMA, Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede, Wi-Fi, 3G, Implementação por FPGA/GPP e WiMax correspondem a aproximadamente 50% do total de citações contidas nos artigos científicos.

A Figura 68 apresenta um recorte do mapa tecnológico focalizando as organizações que mais se destacaram por terem publicado trabalho que abordasse 7 das 9 taxonomias supracitadas. As pesquisas foram as seguintes:

- Artigo da FH JOANNEUM intitulado “*Communication techniques for Remotely Piloted Aircraft with Integrated Modular Avionics*”, DOI: 10.1109/COBCOM.2016.7593502 e publicado no ano de 2016;
- Artigo das instituições Lab STIC, German Jordanian University e Arab Academy for Science intitulado “*New challenges in wireless and free space optical communications*”, DOI: 10.1016/j.optlaseng.2016.03.027 e publicado no ano de 2016;
- e
- Artigo das instituições University of Bradford, Khalifa University for Science e Sharjah University intitulado “*A general perspective on software-hardware*

defined cognitive radio based on emergency ad-hoc network topology”, DOI: 10.1109/IHTC.2014.7147521 e publicado no ano de 2014.

Figura 68: Recorte do Mapa Tecnológico de Longo Prazo.

MESO	MICRO	Longo Prazo
Redes Sem Fio	LTE	↑ ↑ ↑
	3G	
	2G	
	Wi-Fi (IEEE 802.11)	
	WiMax (IEEE 802.16)	
	IEEE 802.15 (Bluetooth)	
	SATCOM	
	LTE-Advanced	
	MANETs	
	IEEE 802.22	
	5G	
	DVBT	
	Arquitetura de Redes sem Fio	
Virtualização de rede (VLAN)/Componente		
Camada Física e Mecanismos de transmissão de dados e sinais	Mecanismos de Transmissão Digital	↑ ↑ ↑
	Estação Base/Femtocell	
	Mecanismos de Transmissão Segura	
	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	
	Implementação por FPGA/GPP	
	Sistemas de Localização	
	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	
	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	
Compartilhamento Espectral	CDMA/WCDMA	↑ ↑ ↑
	OFDM/OFDMA	
	TDMA	
	FDMA	
	Acesso Dinâmico ao Espectro	
	Cancelamento de Interferência	
	SC-FDMA	
	MMSE-(FDE/TDE)	
Gerenciamento Espectral	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	FH   JOANNEUM University of Applied Sciences
	Time Division Duplex (TDD)	
	Frequency Division Duplex (FDD)	
	Multicast	
Sensoriamento Espectral	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)	↑ ↑ ↑
	Monitoramento do Estado do Canal	
Propagação/Detecção	MIMO	↓ ↓ ↓
	Identificação por Radiofrequência (RFID)	
	Line-of-sight (LOS)	
	Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna	
	Exploração de Áreas de Coerência em Canais Sem Fio	
Equipamento de Usuário (UE)/Terminal RDS	Algoritmos de Detecção	UNIVERSITY OF BRADFORD جامعة خليفة Khalifa University UNIVERSITY OF SHARAH جامعة شراة
	Interface de Programação de Aplicativos (API)	
	Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência	
	Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio	
Funcionalidade do UE	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM)	Lab-STICC CJU Arab Academy
	Atualização e Gerenciamento Remotos	
Modelo do UE	Veicular	↓ ↓ ↓
	Handheld	
	Adaptável em Veículo Não Tripulado	
	Manpack	

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 68 exhibe os drivers abordados pelos trabalhos das instituições destacadas no estágio temporal de longo prazo. Nesse contexto, as pesquisas publicadas versaram sobre os temas infra:

- O trabalho da FH JOANNEUM dispôs de aspectos de segurança para o link de comunicação empregado em um sistema de aeronave remotamente pilotada (no inglês, RPAS). Diferentes módulos de comunicação como rádio definido por software (SDR), módulos de longo alcance (LoRa) e modem GSM foram avaliados para fornecer um link seguro de comando e controle (C2) para o RPAS.

- A pesquisa liderada pela Lab STIC apresentou abordagens sobre os desafios dos sistemas de comunicação sem fio. Foram discutidos campos de pesquisa para resolver as limitações dos sistemas existentes e as novas tecnologias emergentes sobre acesso ao espectro, canal de transmissão dinâmica, guerra eletrônica, sistemas de comunicação óptica de espaço livre e detecção de espectro. Ademais, foram brevemente fornecidos resultados teóricos e experimentais baseados em vários projetos ou estudos de pesquisa; e

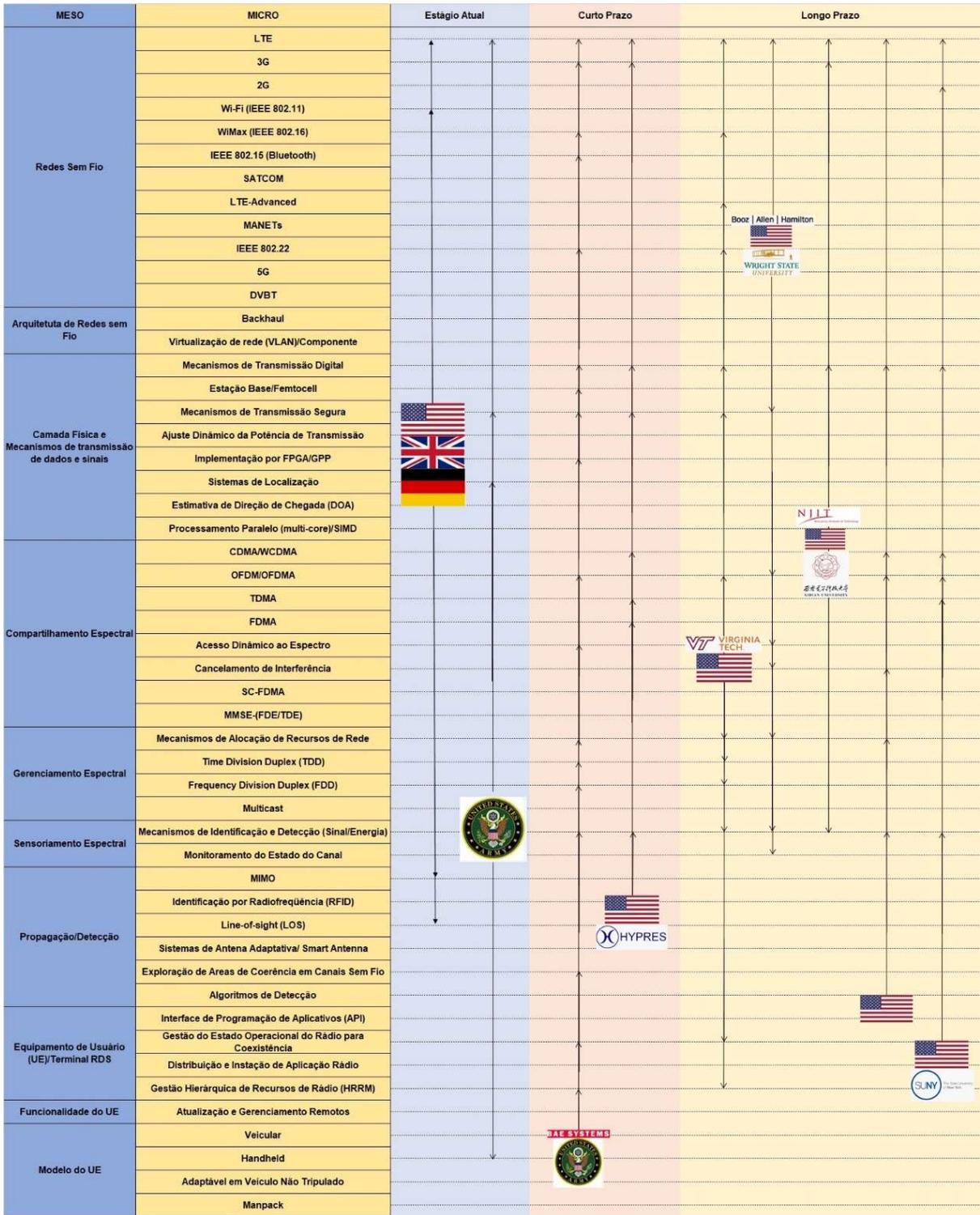
- O artigo encabeçado pela University of Bradford apresentou uma perspectiva sobre o conceito de *software-hardware defined radio* (SHDR) em redes de rádio cognitivo (CR). O SHDR foi proposto considerando as múltiplas funcionalidades de hardware concebidas pelo rádio definido por software, o que possibilitou serviços de rede e condições operacionais adaptáveis. Além disso, um esquema de rede ad-hoc foi considerado como uma alternativa a uma rede celular convencional com o objetivo de acomodar situações de emergência. A conexão à rede de backup de emergência foi estabelecida em mecanismos de CR criados em aparelhos de telefone inteligente normais e dedicados;

## 7.2 Análise Horizontal

O eixo horizontal do mapa exhibe os *players* e as respectivas taxonomias pesquisadas. Assim, a partir da análise horizontal torna-se possível visualizar nos estágios temporais a rota tecnológica percorrida pelos agentes.

Na Figura 55 foi destacada a atuação dos Estados Unidos no *roadmap*. O Governo Americano foi o player que apresentou atuação no maior número de estágio temporais do mapa.

Figura 69: Mapa Tecnológico com foco na atuação Americana.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme a Figura 69, ficou evidenciado no estágio atual os drivers Wi-Fi, Sistemas de Localização, MIMO, comunicações em linha de visada (*Line-of-Sight - LOS*) e Handheld, pois foram tecnologias exploradas somente nesse estágio temporal.

Os documentos que serviram de base para o estágio atual da Figura 69 são os seguintes:

- O artigo "*Well connected: US Army seeks an improved network with the future in mind*", publicado em 2018 pela Janes, apresentou a parceria entre os EUA, Reino Unido e Alemanha no qual o Exército americano buscou melhorar a interoperabilidade entre as nações aliadas, objetivando o acesso tático seguro à rede em missões operacionais comuns.
- O artigo "*Dismounted SA: pushing information at the lowest echelon*", publicado em 2017 pela Janes, apresentou o monitor Nett Warrior, do exército dos EUA, que é um smartphone Android comercial reforçado com software interno e montado no peito do militar em um invólucro.

Ao analisar os artigos científicos e as patentes da Figura 69, documentos direcionados para a demonstração de soluções científicas e tecnológicas, observa-se que as taxonomias LTE, Mecanismos de Transmissão Digital, Mecanismos de Transmissão Segura, OFDM/OFDMA, Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede e Mecanismos de Identificação de Detecção (Sinal/Energia) alcançaram 4 (quatro) ou mais citações dentre os 7 (sete) documentos considerados. Além disso, as taxonomias destacaram-se nos estágios temporais de curto e longo prazo, simultaneamente, sugerindo que os EUA envidaram esforços e direcionando de recursos para o desenvolvimento desses drivers.

Os documentos que embasam as soluções de curto e longo prazo da Figura 69 são os seguintes:

- Patente da BAE Systems e do US Army intitulada "*Resource allocation in co-existence mode*", código US8326309B2, concedida no ano de 2012, apresentou técnicas que permitem a alocação de recursos com qualidade de serviço (QoS) durante situações que requerem coexistência de equipamentos rádios. Além disso, a solução possibilitou que os sistemas de comunicação sem fio operem no modo normal e no modo de coexistência. No modo operacional de coexistência são implementados esquemas de criação de sub-quadro, compartilhamento e formação de zona que permitem a interoperabilidade com sistemas radiocomunicadores legados.

- Patente do Governo Americano e da empresa Hypres intitulada “*Digital RF correlator for multipurpose digital signal processing*”, código US7280623B2, concedida em 2007, dispôs arranjos de processamento de sinais baseados em correlação digital de RF e recepção de rádio controlada por software. A solução foi implementada a partir do uso de lógica RSFQ e empregou campos tecnológicos de seleção de canal de frequência no RDS, circuitos com osciladores para gerar a frequência do transmissor e do receptor com mais de um modo de transmissão e técnicas de espalhamento espectral usando salto de frequência.
- Artigo elaborado por pesquisadores das instituições Virginia Tech e Pentágono de Defesa dos Estados Unidos intitulado “*Security challenges with LTE-advanced systems and military spectrum*”, DOI: 10.1109/MILCOM.2013.71, publicado no ano de 2013, apresentou os desafios associados ao uso de sistemas LTE para aplicações militares ou dentro de bandas militares. O documento abordou temas sobre ambientes heterogêneos de comunicação móvel 4G LTE e LTE-Advanced, requisitos militares, gerenciamento de recursos rádio e resiliência das comunicações.
- Artigo elaborado por pesquisadores das instituições Booz Allen Hamilton, Laboratório de Pesquisa da Força Aérea Americana, Wright State University, Nokia e University of Tennessee intitulado “*Spectrum coexistence issues: Challenges and research directions*”, DOI: 10.1109/MILCOM.2013.285, publicado no ano de 2013, apresentou os desafios à coexistência de vários sistemas de comunicações comerciais e militares no espectro não contíguo de banda larga. O trabalho concentrou-se em identificar diferentes tipos de interferência que afetam a qualidade de um espaço no espectro e sua utilidade para a aplicação no escopo do compartilhamento espectral. Discutiu-se o impacto do compartilhamento de espectro na perspectiva do sistema, incluindo design de hardware, complexidade da camada física (PHY) e gerenciamento de espectro da camada de controle de acesso ao meio (MAC). Além disso, foram propostas melhorias no design e na camada MAC como forma de mitigação de interferências.
- Artigo elaborado por pesquisadores das instituições da New Jersey Institute of Technology, US Army e Xidian University intitulado “*Software-defined radio equipped with rapid modulation recognition*”, DOI: 10.1109/TVT.2010.2041805, publicado no ano de 2010, apresentou um estudo sobre estimativa rápida baseada em teste de razão de verossimilhança discreta (DLRT) para identificar os esquemas de modulação às cegas para demodulação ininterrupta de dados em tempo real.

- O artigo “*Communication waveform design using an adaptive spectrally modulated, spectrally encoded (SMSE) framework*”, DOI: 10.1109/JSTSP.2007.897061, publicado em 2007, do *Air Force Institute of Technology*, apresentou uma estrutura geral para análise, caracterização e implementação de modulação e codificação espectral de sinais (SMSE) em arquiteturas de rádios definidos por software baseadas em rádios cognitivos (no inglês, CR).
- O artigo “*Dual-use of modulation recognition techniques for digital communication signals*”, DOI: 10.1109/LISAT.2006.4302646, publicado em 2006, do *U.S. Army CERDEC* e *State University of New York*, revisou o conceito de algoritmos de classificação de modulação cega, discutiu a similaridade e diversidade de várias abordagens, apontou a diferença entre aplicações militares e comerciais e, por fim, analisou os métodos de reconhecimento de modulação automática com base em rádios definidos por software.

## 8 Considerações Finais

O *roadmap* tecnológico insere-se como ferramenta de estudos de futuros que possibilita, a partir da representação gráfica, analisar o ambiente, monitorar os players ao longo do tempo, identificar o perfil de atuação das organizações e observar trajetórias e tendências tecnológicas.

Empresas têm adotado essa técnica desde o final dos anos 1970 a fim de direcionar as suas capacidades e recursos corporativos. O uso dessa ferramenta permite que as organizações orientem estrategicamente seus esforços para gerar inovação tecnológica no sentido dos cenários futuros mais prováveis, e assim, tornarem-se mais competitivas.

O mapa tecnológico pode, e deve, ser adotado em projetos de pesquisa e desenvolvimento do SCTIEx. O uso efetivo dessa ferramenta possibilita que as atividades de P&D sejam planejadas de forma estratégica para que não sejam desenvolvidas tecnologias que estejam caminhando para sua obsolescência. Ademais, a partir da publicação das Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018), no ano de 2016, a elaboração do mapa tecnológico (MAPATEC) passou a ser obrigatória para a obtenção de SMEM por P&D.

Nesse contexto, escolheu-se o RDS-Defesa como estudo de caso para o presente trabalho, por ser um importante projeto estratégico do Ministério da Defesa que impacta as Forças Armadas do Brasil no sentido de promover a interoperabilidade das comunicações entre essas instituições.

Adicionalmente, o RDS-Defesa encontra-se na fronteira do conhecimento dos rádios definidos por software e formas de onda; portanto, caracteriza-se como um projeto de P&D com grandes incertezas. Desta forma, a elaboração de um mapa tecnológico em proveito do projeto auxiliará os gestores na identificação de oportunidades e direcionamentos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais assertivas.

Sob essas premissas, neste relatório foram promovidos os seguintes estudos, discussões e produções de mapas:

- A forma de onda mais promissora para a faixa de radiofrequência UHF a ser empregada no RDS;

- Os países que se destacaram no desenvolvimento da forma de onda e do RDS para aplicações militares;
- As organizações que se destacaram no desenvolvimento da forma de onda e do RDS para aplicações militares;
- Proposição das taxonomias meso e micro;
- Discussão sobre aspectos relevantes das taxonomias;
- Elaboração do mapa tecnológico para os estágios temporais do momento atual, curto prazo, médio prazo e longo prazo; e
- Análise vertical e horizontal das tendências reveladas pelo *roadmap*.

Do exposto, este trabalho consistiu na elaboração de um mapa tecnológico para formas de onda em sistemas de comunicações e, em destaque, o padrão de comunicação LTE e sua aplicação em RDS com possibilidades de uso militar.

## **Recomendações de Estudos Futuros**

Recomenda-se dar prosseguimento ao presente estudo considerando anos posteriores a 2016. Desta forma, poder-se-á observar a evolução das tendências tecnológicas.

Além disso, sugere-se a ampliação do escopo de busca com a exclusão dos termos afetos ao uso militar. Assim, será possível identificar as impressões e tendências tecnológicas mais relevantes para o mercado como um todo.

## Referência

- ADRAT, M. et al. **A Technical Review of SCA Based Software Defined Radios: Vision, Reality and Current Status**. Journal of Signal Processing Systems, v. 89, n. 1, p. 85–95, 5 out. 2016.
- ANDERSON, J.; STEVENS, J.; MABE, F. **Implementation of a WNW within the JTRS operating environment using networking APIs**. MILCOM Proceedings Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force (Cat. No.01CH37277). Anais. McLean, VA, EUA: IEEE, 2001Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/985984/>>
- ANDREW WHITE, L. **Canadian officials outline ISSP progress**. Jane's International Defence Review, 2015.
- ARAÚJO, C. A. **Bibliometria : evolução histórica e questões atuais**. Em Questão, v. 12, p. 11–32, 2006.
- ARENA, M. V. et al. **DoD and Commercial Advanced Waveform Developments and Programs with Multiple Nunn-McCurdy Breaches**. v. 5, 2014.
- ARREGHINI, F. et al. **An Approach to T&E of Military SDR Platforms and Waveforms: the LANCERS Lab**. Journal of Signal Processing Systems, v. 83, n. 1, p. 93–111, 1 abr. 2016.
- BADDELEY, A. **Net-centric transmission: riding the waves of radio modernisation**. Jane's International Defence Review, , 2008. Disponível em: <<https://janes.ihs.com>>. Acesso em: 7 jun. 2019
- BORSCHIVER, S. et al. **Technology roadmap for hyaluronic acid and its derivatives market**. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 13, n. 3, p. 435–444, 2019.
- BORSCHIVER, S.; SILVA, A. **Technology roadmap: planejamento estratégico para alinhar mercado-produção-tecnologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.
- BRANCO, M. et al. **Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa – Visão geral das primeiras contribuições do CPqD**. Cadernos CPqD Tecnologia, v. 10, n. esp, p. 9–16, 2014.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando do Exército. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Portaria nº 32- DCT, de 11 de setembro de 2012. Aprova a Diretriz de**

**Iniciação do Projeto de Transformação do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército.** Brasília, DF: DCT: 2012.

BRASIL. Ministério da Defesa. **PORTARIA NORMATIVA Nº 186/MD, DE 31 DE JANEIRO DE 2014.** Dispõe sobre a publicação “Garantia da Lei e da Ordem - MD33-M-10 (2ª Edição/2014)”. Brasília, DF: MD: [s.n.].

BRASIL. Ministério da Defesa. **Comando do Exército. Portaria nº 233, de 15 de março de 2016.** Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018). Brasília, DF: CMT EB: [s.n.].

CANADA. **CRC Demonstrates World’s Smallest Software Defined Radio - Tiny radio on Gumstix™ Makes SCA Applicable to New Industries - Canada.ca.** Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/news/archive/2007/11/crc-demonstrates-world-smallest-software-defined-radio-tiny-radio-gumstixtm-makes-sca-applicable-new-industries.html>>. Acesso em: 24 maio. 2019.

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. **Elaboração de Roadmap Tecnológico para a Produção de Biogás a partir de Vinhaça.** Caderno de Prospecção, v. 10, p. 495–509, 2017.

CARVALHO, M. A. DE. **Metodologia ideatriz para a ideação de novos produtos.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CORDEIRO, P. **Avaliação de conhecimentos explicitados em patentes para levantamento de indícios de possíveis parcerias empresariais.** [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

DIPIERRO, S. et al. **Soldier-Level Communications Environment (SLICE)/soldier radio waveform (SRW).** Ferroelectrics, v. 342, n. 1, p. 141–149, 2006.

**ESSOR | OCCAR.** Disponível em: <<http://www.occar.int/programmes/essor>>. Acesso em: 24 maio. 2019.

EXÉRCITO, B. **Parecer Técnico n. 02/2012-NIPCAD, de 15 de outubro de 2012.** Rio de Janeiro: [s.n.].

FAZEL, K.; KAISER, S. **Multi-Carrier and Spread Spectrum Systems: From OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX.** 2ª ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2008.

FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da Inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil.** 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FORUM, W. I. **What is Software Defined Radio**. Disponível em: <<https://www.wirelessinnovation.org/assets/documents/SoftwareDefinedRadio.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FORUM, W. I. **Business Models for new entrants in SDR Tactical Radio Market**. 2013. Disponível em: <[https://www.wirelessinnovation.org/assets/work\\_products/Reports/winnf-15-p-0064-v1.0.0\\_sdr\\_business\\_models.pdf](https://www.wirelessinnovation.org/assets/work_products/Reports/winnf-15-p-0064-v1.0.0_sdr_business_models.pdf)>. Acesso em: 23 maio. 2019.

FORUM, W. I. **Business Models for new entrants in SDR Tactical Radio Market**. 2015a. Disponível em: <[https://www.wirelessinnovation.org/assets/work\\_products/Reports/winnf-15-p-0064-v1.0.0sdr\\_business\\_models.pdf](https://www.wirelessinnovation.org/assets/work_products/Reports/winnf-15-p-0064-v1.0.0sdr_business_models.pdf)>. Acesso em: 23 maio. 2019.

FORUM, W. I. **SCA Standards for Defense Communications - Global Adoption Version 3.0**, 2015b. Disponível em: <[https://www.wirelessinnovation.org/assets/Collateral\\_and\\_Supporting\\_Docs/sca\\_sell\\_sheet\\_march\\_2015.pdf](https://www.wirelessinnovation.org/assets/Collateral_and_Supporting_Docs/sca_sell_sheet_march_2015.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2019

JANE'S. **Joint Tactical Radio System**. Jane's. C4ISR & Mission Systems: Joint & Common Equipment, 2018.

JANE'S. **Taktik Saha Muhabere Sistemi Next Generation (TASMUS G) tactical area communication system**. Jane's, 2019.

JENKINS, C. **Designing With Confidence for Military SDR Production Applications** Altera Corporation, 2007. Disponível em: <<https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/wp/wp-01020.pdf>>

KIM, J. S.; TALLON, J. P. **DEFENSE ACQUISITIONS Assessments of Selected Weapon Programs**. United States Government Accountability Office, 2010.

KUMBHAR, A. et al. A Survey on Legacy and Emerging Technologies for Public Safety Communications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 19, n. 1, p. 97–124, 2017.

LOUREIRO, A.; BORSCHIVER, S.; COUTINHO, P. L. **The Technology Roadmapping Method and its Usage in Chemistry**. Journal of technology management & innovation, v. 5, n. 3, 1 out. 2010.

MARWICK, M. S.; KRAMER, C. M.; LAPRADE, E. J. **Analysis of Soldier Radio Waveform Performance in Operational Test**. 2015. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1032264.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

MITOLA, J.; ZVONAR, Z. **Software Radio Technologies**. [s.l.] IEEE, 2001.

MONTEIRO, M. **Apropriação do Esforço de Inovação Tecnológica no Exército Brasileiro: o caso do Rádio Definido por Software (RDS)**. [s.l.] Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2019.

MORENO, R. P. H. et al. **Transceiver Facility Specification – Um padrão para desenvolver transceptores RF de RDS SCA- Compliant**. Cad. CPqD Tecnologia, p. 17–25, 2014.

OSBORN, K. **Army demonstrating wideband waveforms | Article | The United States Army**. 2011. Disponível em: <[https://www.army.mil/article/54285/army\\_demonstrating\\_wideband\\_waveforms](https://www.army.mil/article/54285/army_demonstrating_wideband_waveforms)>. Acesso em: 6 jun. 2019.

PAIVA JUNIOR, N. et al. **Introdução ao Desenvolvimento de Rádios Definidos por Software para Aplicações de Defesa**. XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações -SBrT12, p. 12,13-16, 2012.

PERLMAN, S.; FORENZA, A. **An Introduction to pCell**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.artemis.compCell](http://www.artemis.compCell)>. Acesso em: 7 ago. 2019.

PRADO FILHO, H.; GALDINO, J.; MOURA, D. **Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos de Defesa: Reflexões e Fatos sobre o Projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do Modelo de Inovação em Tríplice Hélice**. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, v. 34, n. 1, p. 6–19, 2017. PUCKER, L.; RENAUDEAU, D. **Conquering SDR tactical radio market challenges**. Disponível em: <<http://mil-embedded.com/articles/conquering-radio-market-challenges/>>. Acesso em: 23 maio. 2019.

ROGERS, E. **Diffusion of Innovations**. 3ª ed. New York: Communication of innovations, 1983.

SDR FORUM. **SDRF Cognitive Radio Definitions**. Disponível em: <[http://www.sdrforum.org/pages/documentLibrary/documents/SDRF-06-R-0011-V1\\_0\\_0.pdf](http://www.sdrforum.org/pages/documentLibrary/documents/SDRF-06-R-0011-V1_0_0.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2018.

SINGH, S.; AD RAT, M.; ANTWEILER, M. **Acquiring and Sharing Knowledge for Developing SCA Based Waveforms on SDRs**. 2010.

SOUZA, L.; MOURA, D.; BORSCHIVER, S. **Formas de Onda e o Programa RDS-Defesa: Proposta e Resultados do Roadmap Tecnológico do LTE para Aplicações Militares**. XXXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS – SBrT2018. Anais.CAMPINA GRANDE, PB: 2018

STEPHENS, D. R.; MAGSOMBOL, C.; BROWNE, N. **Network Programming Of Joint Tactical Radio System Radios**. San Diego, CAUS Navy, , 2008. Disponível

em: <[https://www.public.navy.mil/jtnc/PapersBriefsReports/MIL\\_2008\\_NetworkProgrammingOfJtrsRadios.pdf](https://www.public.navy.mil/jtnc/PapersBriefsReports/MIL_2008_NetworkProgrammingOfJtrsRadios.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2019

TECHTERMS. **Backbone Definition**. TechTerms, 2016. Disponível em: <<https://techterms.com/definition/backbone>>. Acesso em: 28 jun. 2019

TIGKOS, K. **Bittium wins orders for ‘Tough SDR’ on Spanish vehicles**. Jane’s. International Defence Review, 2018. Disponível em: <<https://janes.ihs.com>>. Acesso em: 14 jun. 2019

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

XU, Q. et al. **Waveforming: An Overview With Beamforming**. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 20, n. 1, p. 132–149, 2018.

WARE, T. **A wave of waveforms**. Disponível em: <<https://www.c4isrnet.com/c2-comms/2014/12/17/a-wave-of-waveforms/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

## GLOSSÁRIO – DESCRIÇÃO DAS TAXONOMIAS

- 2G – Refere-se à segunda geração de tecnologias de rede sem fio que permite a oferta de serviços de dados por pacotes sem necessidade de estabelecimento de uma conexão (conexão permanente) com taxas de até 144 kbps.
- 3G – Refere-se à terceira geração de tecnologias de rede sem fio que teve como objetivo oferecer serviços de dados com alta taxa de transmissão. Serviços de dados por pacotes e taxas maiores que 256 kbps.
- 5G – Refere-se à quinta geração de rede sem fio que objetiva ampliar o acesso à banda larga. Possibilitará novas aplicações: viabilizará a IoT (internet das coisas) massivo e aplicações críticas, bem como acesso a Banda Larga Wireless Fixo (1 Gbps).
- Acesso Dinâmico ao Espectro – Esta taxonomia refere-se a soluções tecnológicas que otimizem o uso do espectro por intermédio do acesso oportunista do espectro de frequência quando ele não estiver sendo usado pelo assinante licenciado.
- Adaptável em Veículo Não Tripulado – Refere-se a equipamentos rádio embarcáveis em veículos não tripulados.
- Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão – Refere-se à capacidade de ajustar convenientemente a potência de transmissão com o objetivo de adequar a qualidade e o alcance do sinal, bem como a magnitude da interferência ocasionada em receptores.
- Algoritmos de Detecção – Refere-se a documentos que exploram técnicas de detecção de sinais que possam ser empregadas, por exemplo, em sistemas MIMO.
- Arquitetura de Rede Sem fio - quando o documento apresenta aspectos de estruturação operacional de uma rede sem fio como parte da solução tecnológica proposta. Por exemplo, *backhaul* e virtualização de recursos de rede; e
- Atualização e Gerenciamento Remotos – Esta taxonomia é empregada para descrever soluções de interface de configuração para equipamentos RDS que conduzam atualizações de software e/ou resolvam problemas de gerenciamento de dispositivos de forma remota.
- *Backhaul* – Em redes de tecnologia wireless, é utilizado para transmitir dados de uma célula para um *switch* e/ou *backbone*.
- Camada Física e Mecanismos de Transmissão de Dados e Sinais – quando o documento apresenta como parte da solução tecnológica uma técnica, sistema, componente ou arquitetura que foque no tráfego de dados. Por exemplo, estações base, mecanismos de segurança e potência de transmissão;
- Cancelamento de Interferência – Esta taxonomia refere-se a soluções tecnológicas que objetivem mitigar e/ou cancelar interferências nos sinais transmitidos.
- CDMA/WCDMA – São soluções de compartilhamento de acesso que otimizam o uso do espectro. O WCDMA (*Wide-Band Code-Division Multiple Access*) é uma tecnologia que atua com uma largura de banda até três vezes maior que o CDMA (*Code Division Multiple Access*), portanto oferece maior velocidade de transmissão. Além disso, o WCDMA é uma solução de 3ª geração (3G) enquanto o CDMA pertence a 2ª geração de redes.

- Compartilhamento Espectral – quando o documento apresenta como parte da solução tecnológica uma técnica, sistema, componente ou arquitetura que otimizem o uso do espectro. Por exemplo, técnicas de modulações e acesso dinâmico ao espectro;
- Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio – Esta taxonomia relaciona-se com tecnologias destinadas a reconfiguração do RDS objetivando o recebimento de novos protocolos de comunicação.
- DVBT – Refere-se a um sistema base de transmissão de televisão digital para os serviços LDTV/SDTV/EDTV/HDTV, atuando nos canais de 8 MHz, 7 MHz e 6 MHz.
- Equipamento do Usuário (UE) – quando o documento apresenta soluções tecnológicas que atuam diretamente nas configurações dos equipamentos dos usuários. Por exemplo, tecnologias de interfaces de programação de aplicativos e de gestão do estado operacional do equipamento;
- Estação Base/Femtocell – A Estação Base refere-se à estação fixa de um sistema de telefonia celular que objetiva prover grande área de cobertura de comunicação aos terminais móveis. Adicionalmente, *femtocell* objetiva prover cobertura e capacidade numa área pequena, são estações de base celulares pequenas e de baixa potência, semelhantes aos pontos de acesso de Wi-Fi, porém operam em faixas de frequências licenciadas nas mesmas faixas de frequências das operadoras celulares (3G, 4G LTE).
- Estimativa de Direção de Chegada (DOA) – Refere-se a uma técnica para obter a direções de chegada (ângulos de recepção) de sinais incidentes numa rede de antenas. Esta taxonomia é geralmente empregada para classificação de sinais.
- Exploração de Áreas de Coerência em Canais Sem Fio – Refere-se a soluções tecnológicas que abordam métodos de exploração de áreas de coerência em canais sem fio com o objetivo de mitigar a interferência para múltiplos usuários.
- FDMA – Esta taxonomia relaciona-se com a solução de múltiplo acesso por divisão de frequência (*Frequency Division Multiple Access* – FDMA).
- Frequency Division Duplex (FDD) - Refere-se a comunicações bidirecionais simultâneas full-duplex por divisão de frequência.
- Funcionalidade do Equipamento do Usuário (UE) – quando o documento apresenta tecnologia que possibilite as funcionalidades de atualização e/ou gerenciamento remotos dos recursos dos equipamentos dos usuários;
- Gerenciamento Espectral – quando o documento apresenta técnica, sistema, componente ou arquitetura de gerenciamento de alocação de recursos de rede como parte da solução tecnológica proposta;
- Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência – Refere-se a soluções tecnológicas que abordam técnicas de gerenciamento de múltiplos rádios para que possam operar de forma colaborativa.
- Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM) – Refere-se a soluções tecnológicas que abordam estruturas hierarquizadas para o gerenciamento de recursos rádio com o objetivo de melhorar a qualidade de serviço para os usuários da rede.
- Handheld – Refere-se a equipamentos rádio na versão portátil.

- Identificação por Radiofrequência (RFID) – *Radio frequency identification* (RFID) refere-se a um sistema que usa radiofrequência como método de identificação de alvos, objetos etc.
- IEEE 802.15 (Bluetooth) – Refere-se a uma tecnologia que tem como objetivo promover a conectividade sem fio com dispositivos fixos, portáteis e móveis que estejam dentro ou entrem no espaço operacional pessoal das redes (no inglês, *Wireless Personal Area Networks* – WPAN).
- IEEE 802.22 – Refere-se a um padrão baseado no WiMax que emprega a tecnologia de rádio cognitivo para viabilizar o acesso dinâmico ao espectro de forma oportunista, tornando-se uma solução interessante para viabilizar o acesso à Internet em regiões de baixa densidade populacional.
- Implementação por FPGA/GPP – Refere-se à implementação da camada física, ou de algum mecanismo de transmissão de dados e sinais, por intermédio de um *Field Programmable Gate Array* (FPGA) ou um processador de propósito geral (no inglês, *General purpose processor* - GPP).
- Interface de Programação de Aplicativos (API) – Esta taxonomia relaciona-se com documentos que apresentam soluções tecnológicas nas quais a *Application Programming Interface* (API) configura-se como parte da implementação da solução.
- *Line-of-sight* (LOS) – Esta taxonomia relaciona-se com documentos que apresentam soluções tecnológicas que exijam situação de enlace com linha de visada.
- LTE – Refere-se à quarta geração de tecnologias de rede sem fio definida pela 3GPP. Sistemas projetados para oferecer: taxas de download de 100Mbps com o usuário em movimento e 1Gbps com o usuário parado; taxa de uplink é de até 500Mbps; e apresenta redução da latência.
- LTE-Advanced – Refere-se a um padrão de comunicação que aprimorou o LTE, sendo comercialmente conhecida como 4G+ ou 4.5G. Possui taxas máximas de download e upload superiores a 3 Gbps e 1,5 Gbps, respectivamente, além de uma latência menor que o LTE.
- MANETs – Uma rede ad hoc para celular (no inglês, *Mobile Ad Hoc Network* - MANET) é um sistema interconectado de nós sem fio que se comunicam por intermédio de links sem fio restritos por largura de banda. Dessa forma, cada nó sem fio pode funcionar como remetente, receptor ou roteador.
- Manpack – refere-se a equipamentos rádio compactos que podem ser transportados por uma pessoa.
- Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede – Esta taxonomia refere-se a soluções tecnológicas que otimizem a alocação de recursos de rede e qualidade de serviço (QoS).
- Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia) – Esta taxonomia relaciona-se com soluções tecnológicas de identificação de sinal, detecção de energia e algoritmos de detecção e classificação de sinais.
- Mecanismos de Transmissão Digital – Elementos de comunicação que realizam a transferência de informações sob a forma de sinais digitais. Nesta taxonomia encontram-se soluções tecnológicas tais como sincronização de tempo e frequência, códigos de bloco espaço-tempo, processamento de dados e sinais digitais, multiplexação espacial (SM) e codificação e decodificação (Codec).

- Mecanismos de Transmissão Segura - Elementos de comunicação que realizam a análise de vulnerabilidade, robustez e classificação de ataques, bem como a detecção, o tratamento de falhas e a mitigação de interferência (jamming). Nesta taxonomia também se encontram recursos de segurança (COMSEC e TRANSEC) tais como salto em frequência, criptografia e *secured boot*.
- MIMO – Refere-se ao sistema de antenas *Multiple Input – Multiple Output*.
- MMSE-(FDE/TDE) – Esta taxonomia relaciona-se com documento que aborde soluções tecnológicas que envolvam técnicas probabilísticas de erro mínimo quadrado médio (Minimum Mean Square Error – MMSE) para equalização de receptores no domínio da frequência (*Frequency Domain Equalized* - FDE) e do tempo (*Time Domain Equalized* – TDE).
- Modelo do Equipamento do Usuário (*User Equipment-UE*) – quando o documento (artigos da mídia, artigos científicos e patentes) define o tipo de equipamento que será empregada a tecnologia estudada;
- Monitoramento do Estado do Canal – Esta taxonomia relaciona-se com soluções tecnológicas que objetivam analisar parâmetros de qualidade e problemas no canal.
- Multicast – Esta taxonomia refere-se a um *broadcast* multiplexado que tem por objetivo a entrega de informação para múltiplos destinatários simultaneamente.
- OFDM/OFDMA – Esta taxonomia relaciona-se com as soluções de modulação de dados por OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) e OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) e OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*).
- Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD - Referem-se a soluções tecnológicas que têm por objetivo acelerar o processamento realizado pelos computadores. Esta taxonomia relaciona-se com soluções tal como o método *Single Instruction, Multiple Data* (SIMD), na qual uma mesma instrução computacional é aplicada simultaneamente a um conjunto de dados geralmente organizados em matrizes ou vetores.
- Propagação/Detecção – quando o documento apresenta recursos (sistema, componente ou arquitetura) de propagação e/ou detecção, tais como antenas, como parte da solução tecnológica proposta;
- Redes Sem Fio – quando o documento apresenta como escopo da solução proposta a forma de onda e a respectiva infraestrutura de tecnologias de comunicações sem fio para a transmissão de dados e informações.
  - SATCOM – Refere-se a um sistema de comunicação por meio de satélites.
  - SC-FDMA - Esta taxonomia relaciona-se com a solução de múltiplo acesso por divisão de frequência de uma única portadora (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access* - SC-FDMA).
  - Sensoriamento Espectral – quando o documento apresenta recursos (sistema, componente ou arquitetura) de identificação e/ou detecção de sinal/energia, bem como recursos de monitoramento do estado do canal como parte da solução tecnológica proposta;
  - Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna – Esta taxonomia relaciona-se com sistemas inteligentes que combinam antenas com o processamento do sinal no espaço e no tempo.
  - Sistemas de Localização – Refere-se a soluções tecnológicas embarcadas nos RDS, ou dispositivo móvel, que possibilitam determinar sua localização. Esta taxonomia se relaciona com

soluções baseadas em Sistema de Posicionamento Global (GPS), Localização Baseada em Sistema Global de Navegação por Satélite Assistido (A-GNSS), Localização baseada em rede (OTDOA) e Sistema de Localização Sem Fio Autônomo (U-WLS).

- TDMA – Esta taxonomia relaciona-se com a solução de acesso múltiplo por Divisão de tempo (*Time Division Multiple Access* – TDMA).
- Time Division Duplex (TDD) – Refere-se a comunicações bidirecionais simultâneas full-duplex por divisão de tempo.
- Veicular – Refere-se a equipamentos rádio na versão veicular.
- Virtualização de rede (VLAN)/Componente – Refere-se a uma tecnologia que faz uso de software ou firmware de virtualização que realiza o mapeamento dos recursos físicos e virtuais, com vistas de empregar a menor quantidade possível de plataformas de *hardware* de forma compartilhada entre os sistemas operacionais e aplicativos.
- Wi-Fi (IEEE 802.11) – Refere-se a abreviatura de *wireless fidelity* (fidelidade sem fios) e corresponde a uma rede local sem fio padronizada pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. O padrão IEEE surgiu em 1997 com o objetivo de padronizar as conexões e regulamentar o uso de frequências para transmissão de dados. O IEEE 802.11 foi homologado no ano de 1997 e foi concebido para prover taxa de transmissão de dados de até 2 Mbit/s, tendo passado por atualizações que possibilitaram taxas atuais de até 54 Mbit/s.
- WiMax (IEEE 802.16) – Refere-se a uma tecnologia de acesso sem fio (wireless) que oferece acesso à banda larga a distâncias que variam de 6 a 9 km. Objetiva substituir os serviços que atualmente são atendidos por conexões com fio e que usam a infra-estrutura da rede telefônica, de TV a cabo ou especializada (p.ex.: fibra óptica).

**APÊNDICE A – RELAÇÃO DAS EMPRESAS, COM RESPECTIVAS  
PORCENTAGENS DE CITAÇÕES, CONSTANTES NOS ARTIGOS OBTIDOS  
PELAS ESTRATÉGIAS DE BUSCAS RELACIONADAS AS FORMAS DE ONDA**

Quadro 1: Relação das Empresas citadas nos artigos da busca do SRW

Nr Ord	Empresas	Nº de citações	% das citações	%Acumulada das citações
1	Thales	62	11,88%	11,88%
2	General Dynamics	58	11,11%	22,99%
3	ITT	50	9,58%	32,57%
4	Raytheon	40	7,66%	40,23%
5	Boeing	26	4,98%	45,21%
6	Rockwell Collins	25	4,79%	50,00%
7	BAE Systems	23	4,41%	54,41%
8	Lockheed Martin	23	4,41%	58,81%
9	Harris Corporation	17	3,26%	62,07%
10	Northrop Grumman	17	3,26%	65,33%
11	Elbit Systems	16	3,07%	68,39%
12	Selex	15	2,87%	71,26%
13	Exelis	13	2,49%	73,75%
14	ViaSat	10	1,92%	75,67%
15	Saab	9	1,72%	77,39%
16	Rheinmetall	8	1,53%	78,93%
17	Textron	7	1,34%	80,27%
18	Airbus Group	5	0,96%	81,23%
19	Cobham plc	5	0,96%	82,18%
20	General Atomics	5	0,96%	83,14%
21	Kongsberg Gruppen	5	0,96%	84,10%
22	Rafael Advanced Defense Systems	5	0,96%	85,06%
23	Finmeccanica	4	0,77%	85,82%
24	Honeywell	4	0,77%	86,59%
25	Indra	4	0,77%	87,36%
26	L-3 Communications	4	0,77%	88,12%
27	QinetiQ	4	0,77%	88,89%
28	Airbus Defence and Space	3	0,57%	89,46%
29	ASELSAN	3	0,57%	90,04%
30	FLIR Systems	3	0,57%	90,61%
31	MBDA Systems	3	0,57%	91,19%
32	Aerospace Industrial Development Corporation (AIDC)	2	0,38%	91,57%
33	ASC	2	0,38%	91,95%
34	Bharat Electronics Ltd (BEL)	2	0,38%	92,34%
35	Denel	2	0,38%	92,72%

36	Diehl Group	2	0,38%	93,10%
37	Embraer	2	0,38%	93,49%
38	Hindustan Aeronautics Limited (HAL)	2	0,38%	93,87%
39	Israel Aerospace Industries (IAI)	2	0,38%	94,25%
40	LIG Nex1	2	0,38%	94,64%
41	RUAG	2	0,38%	95,02%
42	Science Applications International Corporation (SAIC)	2	0,38%	95,40%
43	Boeing Phantom Works	1	0,19%	95,59%
44	Bombardier	1	0,19%	95,79%
45	Cessna	1	0,19%	95,98%
46	Comtech	1	0,19%	96,17%
47	Curtiss-Wright Corporation	1	0,19%	96,36%
48	Dassault Aviation	1	0,19%	96,55%
49	DCNS	1	0,19%	96,74%
50	DRS Technologies	1	0,19%	96,93%
51	Elta Systems	1	0,19%	97,13%
52	Garmin	1	0,19%	97,32%
53	MDA	1	0,19%	97,51%
54	Moog Components Group	1	0,19%	97,70%
55	Nexter	1	0,19%	97,89%
56	NORINCO	1	0,19%	98,08%
57	Orbital ATK	1	0,19%	98,28%
58	Patria	1	0,19%	98,47%
59	Saab Bofors Dynamics	1	0,19%	98,66%
60	Safran Group	1	0,19%	98,85%
61	Sikorsky	1	0,19%	99,04%
62	Sukhoi	1	0,19%	99,23%
63	Turkish Aerospace Industries (TAI)	1	0,19%	99,43%
64	Ultra Electronics	1	0,19%	99,62%
65	United Technologies Corporation (UTC)	1	0,19%	99,81%
66	UTC Aerospace Systems	1	0,19%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

Quadro 2: Relação das Empresas citadas nos artigos da busca do WNW

Nr Ord	Empresas	Nº de citações	% das citações	%Acumulada das citações
1	Thales	36	9,63%	9,63%
2	General Dynamics	34	9,09%	18,72%
3	Boeing	32	8,56%	27,27%
4	Rockwell Collins	28	7,49%	34,76%
5	BAE Systems	27	7,22%	41,98%
6	Raytheon	23	6,15%	48,13%
7	Lockheed Martin	22	5,88%	54,01%

8	ITT	21	5,61%	59,63%
9	Northrop Grumman	20	5,35%	64,97%
10	Harris Corporation	11	2,94%	67,91%
11	Elbit Systems	10	2,67%	70,59%
12	Selex	9	2,41%	72,99%
13	ViaSat	8	2,14%	75,13%
14	Kongsberg Gruppen	7	1,87%	77,01%
15	Airbus Defence and Space	5	1,34%	78,34%
16	ASELSAN	5	1,34%	79,68%
17	Exelis	5	1,34%	81,02%
18	Textron	5	1,34%	82,35%
19	Ultra Electronics	5	1,34%	83,69%
20	Finmeccanica	4	1,07%	84,76%
21	L-3 Communications	4	1,07%	85,83%
22	Rheinmetall	4	1,07%	86,90%
23	Comtech	3	0,80%	87,70%
24	General Atomics	3	0,80%	88,50%
25	Honeywell	3	0,80%	89,30%
26	Indra	3	0,80%	90,11%
27	Rafael Advanced Defense Systems	3	0,80%	90,91%
28	Saab	3	0,80%	91,71%
29	ASC	2	0,53%	92,25%
30	Bharat Electronics Ltd (BEL)	2	0,53%	92,78%
31	Embraer	2	0,53%	93,32%
32	FLIR Systems	2	0,53%	93,85%
33	MBDA Systems	2	0,53%	94,39%
34	Aerospace Industrial Development Corporation (AIDC)	1	0,27%	94,65%
35	Airbus Group	1	0,27%	94,92%
36	Bombardier	1	0,27%	95,19%
37	Cessna	1	0,27%	95,45%
38	Curtiss-Wright Corporation	1	0,27%	95,72%
39	Denel	1	0,27%	95,99%
40	Diehl Group	1	0,27%	96,26%
41	DRS Technologies	1	0,27%	96,52%
42	DynCorp	1	0,27%	96,79%
43	Hindustan Aeronautics Limited (HAL)	1	0,27%	97,06%
44	Iveco	1	0,27%	97,33%
45	Krauss-Maffei Wegmann (KMW)	1	0,27%	97,59%
46	LIG Nex1	1	0,27%	97,86%
47	MDA	1	0,27%	98,13%
48	Nexter	1	0,27%	98,40%
49	NORINCO	1	0,27%	98,66%
50	Orbital ATK	1	0,27%	98,93%
51	Patria	1	0,27%	99,20%
52	Safran Group	1	0,27%	99,47%

53	Science Applications International Corporation (SAIC)	1	0,27%	99,73%
54	Sikorsky	1	0,27%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

Quadro 3: Relação das Empresas citadas nos artigos da busca do LTE.

Nr Ord	Empresa	Nº de citações	% das citações	%Acumulada das citações
1	Thales	13	11,50%	11,50%
2	Elbit Systems	10	8,85%	20,35%
3	General Dynamics	7	6,19%	26,55%
4	BAE Systems	6	5,31%	31,86%
5	Harris Corporation	6	5,31%	37,17%
6	Lockheed Martin	5	4,42%	41,59%
7	Rheinmetall	5	4,42%	46,02%
8	L-3 Communications	4	3,54%	49,56%
9	Raytheon	4	3,54%	53,10%
10	Saab	4	3,54%	56,64%
11	Ultra Electronics	4	3,54%	60,18%
12	Airbus Defence and Space	3	2,65%	62,83%
13	Indra	3	2,65%	65,49%
14	Israel Aerospace Industries (IAI)	3	2,65%	68,14%
15	Nexter	3	2,65%	70,80%
16	QinetiQ	3	2,65%	73,45%
17	Rafael Advanced Defense Systems	3	2,65%	76,11%
18	RUAG	3	2,65%	78,76%
19	Bharat Electronics Ltd (BEL)	2	1,77%	80,53%
20	Bittium	2	1,77%	82,30%
21	DRS Technologies	2	1,77%	84,07%
22	Exelis	2	1,77%	85,84%
23	Northrop Grumman	2	1,77%	87,61%
24	Rockwell Collins	2	1,77%	89,38%
25	Rohde & Schwarz	2	1,77%	91,15%
26	ASELSAN	1	0,88%	92,04%
27	Bombardier	1	0,88%	92,92%
28	Chemring Group	1	0,88%	93,81%
29	FLIR Systems	1	0,88%	94,69%
30	Hindustan Aeronautics Limited (HAL)	1	0,88%	95,58%
31	Kongsberg Gruppen	1	0,88%	96,46%
32	MBDA Systems	1	0,88%	97,35%
33	Patria	1	0,88%	98,23%
34	Safran Group	1	0,88%	99,12%
35	Textron	1	0,88%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

## APÊNDICE B – RELAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES POSSUIDORAS DE PROCESSOS PATENTÁRIOS OBTIDOS PELAS BUSCAS DAS FORMAS DE ONDA

Quadro 1: Relação das empresas possuidoras de processos patentários obtidos pela busca do SRW

Nr Ord	Organizações	Nº de Patentes	% Individualizada Organização	% Acumulada
1	BAE Systems plc	27	28,13%	28,13%
2	Coherent Logix Incorporated	18	18,75%	46,88%
3	Harris Corporation	14	14,58%	61,46%
4	The Boeing Company	10	10,42%	71,88%
5	HARRIS GLOBAL COMMUNICATIONS, INC.	7	7,29%	79,17%
6	Auriga Measurement Systems, LLC	4	4,17%	83,33%
7	Motorola Solutions Inc	3	3,13%	86,46%
8	BANC3, Inc.	2	2,08%	88,54%
9	General Dynamics Corporation	2	2,08%	90,63%
10	United Technologies Corporation	2	2,08%	92,71%
11	Green Hills Software, Inc.	2	2,08%	94,79%
12	Eric John Andrews	1	1,04%	95,83%
13	US Navy	1	1,04%	96,88%
14	Architecture Technology Inc	1	1,04%	97,92%
15	Architecture Technology Corporation, Minnesota	1	1,04%	98,96%
16	Silvus Technologies, Inc.	1	1,04%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base no Lexis Nexis.

Quadro 2: Relação das empresas possuidoras de processos patentários obtidos pela busca do WNW

Nr Ord	Organizações	Nº de Patentes	% Individualizada Organização	% Acumulada
1	Harris Corporation	24	20,00%	20,00%
2	BAE Systems	20	16,67%	36,67%
3	Boeing	19	15,83%	52,50%
4	General Dynamics	17	14,17%	66,67%
5	Holowave Incorporated, California	10	8,33%	75,00%
6	United Technologies Corporation	10	8,33%	83,33%
7	Harris Global Communications Inc	8	6,67%	90,00%
8	Auriga Measurement Systems	4	3,33%	93,33%
9	The Mitre Corporation Massachusetts	2	1,67%	95,00%
10	Lockheed Martin	2	1,67%	96,67%
11	Eric John Andrews	1	0,83%	97,50%
12	Architecture Technology Inc	1	0,83%	98,33%
13	Architecture Technology Corporation, Minnesota	1	0,83%	99,17%

14	Xilinx Inc.	1	0,83%	100,00%
----	-------------	---	-------	---------

Fonte: Elaboração própria com base no Lexis Nexis.

Quadro 3: Relação das empresas possuidoras de processos patentários obtidos pela busca do LTE

Nr Ord	Organizações	Nº de Patentes	% Individualizada Organização	% Acumulada
1	Acacia Research Corporation	36	5,85%	5,85%
2	InterDigital, Inc.	32	5,20%	11,06%
3	AT&T Inc.	29	4,72%	15,77%
4	Rearden, LLC	24	3,90%	19,67%
5	QUALCOMM, Inc.	20	3,25%	22,93%
6	General Motors Company	18	2,93%	25,85%
7	SMARTSKY NETWORKS LLC	17	2,76%	28,62%
8	Nokia Corporation	16	2,60%	31,22%
9	Intellectual Ventures Management, LLC	15	2,44%	33,66%
10	Telefonaktiebolaget LM Ericsson	13	2,11%	35,77%
11	Liberty Media Corporation	11	1,79%	37,56%
12	Feher, Kamilo	10	1,63%	39,19%
13	Hypres Inc	10	1,63%	40,81%
14	Intel Corporation	10	1,63%	42,44%
15	Zipit Wireless, Inc.	10	1,63%	44,07%
16	The Boeing Company	9	1,46%	45,53%
17	Odyssey Wireless, Inc.	9	1,46%	46,99%
18	3M Company	8	1,30%	48,29%
19	International Business Machines Corp.	8	1,30%	49,59%
20	Parallel Wireless, Inc.	8	1,30%	50,89%
21	COGNOSOS, INC., GEORGIA	8	1,30%	52,20%
22	Bastille	7	1,14%	53,33%
23	Incnetworks, Inc., New Jersey	6	0,98%	54,31%
24	Industry-University Cooperation Foundation Hankuk	6	0,98%	55,28%
25	Aliph, Inc.	6	0,98%	56,26%
26	Samsung Electronics Co., Ltd.	5	0,81%	57,07%
27	Liveu Ltd., Israel	5	0,81%	57,89%
28	Incnetworks Inc New Jersey	4	0,65%	58,54%
29	SKYHOOK HOLDING, INC.	4	0,65%	59,19%
30	Hypres, Inc	4	0,65%	59,84%
31	Robert Bosch GmbH	4	0,65%	60,49%
32	PCTEL, Inc.	4	0,65%	61,14%
33	Motorola Solutions Inc	4	0,65%	61,79%
34	BASTILLE NETWORKS, INC.	4	0,65%	62,44%
35	SCA Technica, Inc.	3	0,49%	62,93%
36	Echo-Sense Inc.	3	0,49%	63,41%
37	Comtech Telecommunications Corp.	3	0,49%	63,90%

38	Toyota Motor Corporation	3	0,49%	64,39%
39	Hanyang University	3	0,49%	64,88%
40	PERSPECTA LABS INC.	3	0,49%	65,37%
41	KEY 2 MOBILE LLC	3	0,49%	65,85%
42	Northrop Grumman Corporation	3	0,49%	66,34%
43	Newlans, Inc.	3	0,49%	66,83%
44	Deutsche Telekom AG	3	0,49%	67,32%
45	Apple Inc.	3	0,49%	67,80%
46	TEMPORAL DEFENSE SYSTEMS, LLC	3	0,49%	68,29%
47	Airbus Group N.V.	3	0,49%	68,78%
48	Government Of The United States The	2	0,33%	69,11%
49	Harris Corporation	2	0,33%	69,43%
50	Genieview Inc., Canada	2	0,33%	69,76%
51	HARRIS GLOBAL COMMUNICATIONS, INC.	2	0,33%	70,08%
52	Wontok, Inc.	2	0,33%	70,41%
53	Lig NEX1 Co., Ltd.	2	0,33%	70,73%
54	LG Electronics Inc.	2	0,33%	71,06%
55	NATHAN R. VELAZQUEZ	2	0,33%	71,38%
56	Broadcom Limited	2	0,33%	71,71%
57	National University Of Defense Technology Of The Chinese PEOPLE'S Liberation Army	2	0,33%	72,03%
58	Loctronix Corporation	2	0,33%	72,36%
59	University Industry-University Cooperation Foundation Hanyang	2	0,33%	72,68%
60	Steelseries ApS, Denmark	2	0,33%	73,01%
61	University of Hong Kong	2	0,33%	73,33%
62	IDS-IP HOLDINGS, LLC	2	0,33%	73,66%
63	Key2mobile LLC	2	0,33%	73,98%
64	BAE Systems plc	2	0,33%	74,31%
65	Tsinghua University	2	0,33%	74,63%
66	Kumoh National Institute Of Technology	2	0,33%	74,96%
67	Trimble Inc	2	0,33%	75,28%
68	IOT HOLDINGS, INC.	2	0,33%	75,61%
69	TAGORE TECHNOLOGY, INC.	2	0,33%	75,93%
70	Fort Supply IP, LLC	1	0,16%	76,10%
71	Logus Broadband Wireless Solutions Inc., Canada	1	0,16%	76,26%
72	Commtouch Software Ltd.	1	0,16%	76,42%
73	The Mitre Corporation Massachusetts	1	0,16%	76,59%
74	Digimarc Corporation	1	0,16%	76,75%
75	Richard R Reisman New York	1	0,16%	76,91%
76	Vodafone Group Plc	1	0,16%	77,07%
77	Fairspectrum Oy	1	0,16%	77,24%
78	United States Of America As Represented By The Secretary Of The Interior	1	0,16%	77,40%
79	Infotech Services (Hk) Ltd	1	0,16%	77,56%
80	TT Government Solutions, Inc.	1	0,16%	77,72%

81	China Electronics Technology Group Corp No 7 RES Inst	1	0,16%	77,89%
82	Echo Ridge LLC	1	0,16%	78,05%
83	Toyota Infotechnology Center Co Ltd	1	0,16%	78,21%
84	Parallel 34 James W Talbot, United States citizen	1	0,16%	78,37%
85	Huawei Investment & Holding Co., Ltd.	1	0,16%	78,54%
86	Orthosensor Inc.	1	0,16%	78,70%
87	Vencore Labs, Inc.	1	0,16%	78,86%
88	Coral Telecom, Inc.	1	0,16%	79,02%
89	Fujitsu Limited	1	0,16%	79,19%
90	JAWB ACQUISITION, LLC	1	0,16%	79,35%
91	Dali Systems Co. Ltd.	1	0,16%	79,51%
92	Digital Innovation Inc.	1	0,16%	79,67%
93	Infineon Technologies AG	1	0,16%	79,84%
94	GENGHISCOMM HOLDINGS, LLC	1	0,16%	80,00%
95	HP Inc.	1	0,16%	80,16%
Inventores Independentes		122	19,84%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

## APÊNDICE C – RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES POSSUIDORAS DE ARTIGOS CIENTÍFICOS OBTIDOS PELAS BUSCAS DAS FORMAS DE ONDA

Quadro 1: Relação das instituições que fizeram publicações científicas sobre o SRW

Nº Ord	Instituição	Nº de Publicações	% Individualizada Instituição	% Acumulado
1	MITRE Corporation	5	11,63%	11,63%
2	Boeing Corporation	3	6,98%	18,60%
3	TrellisWare Technologies, Inc.	2	4,65%	23,26%
4	United States Army	2	4,65%	27,91%
5	MIT Lincoln Laboratory	2	4,65%	32,56%
6	NASA Glenn Research Center	2	4,65%	37,21%
7	Booz Allen Hamilton, Inc.	2	4,65%	41,86%
8	U.S. Army Research Laboratory	2	4,65%	46,51%
9	Product Management Office PMO	1	2,33%	48,84%
10	G2 Software Systems	1	2,33%	51,16%
11	ATEC-OTC	1	2,33%	53,49%
12	Pragmeering Corporation	1	2,33%	55,81%
13	Applied Communication Sciences	1	2,33%	58,14%
14	JTN-Waveforms	1	2,33%	60,47%
15	Science Applications International Corporation SAIC	1	2,33%	62,79%
16	Istituto per l'elettronica e le Telecomunicazioni "G.Vallauri" - Italian Navy	1	2,33%	65,12%
17	Tactical Project Office	1	2,33%	67,44%
18	University of Sheffield	1	2,33%	69,77%
19	Universitetet i Oslo	1	2,33%	72,09%
20	U.S. Army Communications and Electronics Command	1	2,33%	74,42%
21	ITT Industries	1	2,33%	76,74%
22	Massachusetts Institute of Technology	1	2,33%	79,07%
23	New Jersey Institute of Technology	1	2,33%	81,40%
24	Missouri University of Science and Technology	1	2,33%	83,72%
25	Naval Research Laboratory	1	2,33%	86,05%
26	Università di Pisa	1	2,33%	88,37%
27	U.S. Army Research, Development and Engineering Command	1	2,33%	90,70%
28	Innovative Wireless Technologies	1	2,33%	93,02%
29	DSCI	1	2,33%	95,35%
30	Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni	1	2,33%	97,67%
31	Leidos Inc.	1	2,33%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base no Scopus.

Quadro 2: Relação das instituições que fizeram publicações científicas sobre o WNW

Nº Ord	Instituição	Nº de Publicações	% Individualizada Instituição	% Acumulado
1	National University of Sciences and Technology Pakistan	5	6,49%	6,49%
2	MITRE Corporation	4	5,19%	11,69%
3	Hongik University	3	3,90%	15,58%
4	MIT Lincoln Laboratory	3	3,90%	19,48%
5	Boeing Corporation	3	3,90%	23,38%
6	AIMS, Inc.	2	2,60%	25,97%
7	Rockwell Collins, Inc.	2	2,60%	28,57%
8	Kolodzy Consulting	2	2,60%	31,17%
9	Defense Research Project Agency	2	2,60%	33,77%
10	University of Maryland	2	2,60%	36,36%
11	The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory	2	2,60%	38,96%
12	U.S. Army Research, Development and Engineering Command	2	2,60%	41,56%
13	DSCI	2	2,60%	44,16%
14	Fraunhofer Institute for Communication, Information Processing and Ergonomics FKIE	2	2,60%	46,75%
15	OPNET Technologies, Inc.	1	1,30%	48,05%
16	Honglk University	1	1,30%	49,35%
17	WHS Program	1	1,30%	50,65%
18	G2 Software Systems	1	1,30%	51,95%
19	Defence Electron. Application Lab.	1	1,30%	53,25%
20	DSCI Company	1	1,30%	54,55%
21	A DSCI Company	1	1,30%	55,84%
22	Inception Consulting, Inc.	1	1,30%	57,14%
23	ATEC-OTC	1	1,30%	58,44%
24	Istituto per l'elettronica e le Telecomunicazioni "G.Vallauri" - Italian Navy	1	1,30%	59,74%
25	Tactical Project Office	1	1,30%	61,04%
26	SRI International	1	1,30%	62,34%
27	Yeungnam University	1	1,30%	63,64%
28	Northwestern Polytechnical University	1	1,30%	64,94%
29	Technology Arts Sciences TH Köln	1	1,30%	66,23%
30	Johns Hopkins University	1	1,30%	67,53%
31	United States Army	1	1,30%	68,83%
32	Universidade Presbiteriana Mackenzie	1	1,30%	70,13%
33	Beihang University	1	1,30%	71,43%
34	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	1	1,30%	72,73%
35	BAE Systems Inc.	1	1,30%	74,03%
36	United States Air Force Institute of Technology	1	1,30%	75,32%
37	University of Toledo	1	1,30%	76,62%

38	Massachusetts Institute of Technology	1	1,30%	77,92%
39	New Jersey Institute of Technology	1	1,30%	79,22%
40	Telcordia Technologies, Inc.	1	1,30%	80,52%
41	Missouri University of Science and Technology	1	1,30%	81,82%
42	Wright-Patterson AFB	1	1,30%	83,12%
43	Naval Research Laboratory	1	1,30%	84,42%
44	Booz Allen Hamilton, Inc.	1	1,30%	85,71%
45	Università di Pisa	1	1,30%	87,01%
46	Rutgers, The State University of New Jersey	1	1,30%	88,31%
47	Space and Naval Warfare Systems Center San Diego	1	1,30%	89,61%
48	Norwegian Defence Research Establishment	1	1,30%	90,91%
49	Tactical Communications Group, LLC	1	1,30%	92,21%
50	DataSoft Corporation	1	1,30%	93,51%
51	Korea Radio Promotion Association	1	1,30%	94,81%
52	Chernihiv National University of Technology	1	1,30%	96,10%
53	Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni	1	1,30%	97,40%
54	UtopiaCompression Corporation	1	1,30%	98,70%
55	Leidos Inc.	1	1,30%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base no Scopus.

Quadro 3: Relação das instituições que fizeram publicações científicas sobre o LTE

Nº Ord	Instituição	Nº de Publicações	% Individualizada Instituição	% Acumulado
1	Virginia Polytechnic Institute and State University	8	3,57%	3,57%
2	Nanyang Technological University	5	2,23%	5,80%
3	Beijing University of Posts and Telecommunications	4	1,79%	7,59%
4	Tampere University of Technology	3	1,34%	8,93%
5	RMIT University	3	1,34%	10,27%
6	University of Tennessee, Knoxville	3	1,34%	11,61%
7	National University of Defense Technology	3	1,34%	12,95%
8	Wright-Patterson AFB	3	1,34%	14,29%
9	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	3	1,34%	15,63%
10	WiSpry Inc.	2	0,89%	16,52%
11	University of Dayton Research Institute	2	0,89%	17,41%
12	Università degli Studi di Padova	2	0,89%	18,30%
13	University of Illinois at Urbana-Champaign	2	0,89%	19,20%
14	Western Michigan University	2	0,89%	20,09%
15	Universiti Sains Malaysia	2	0,89%	20,98%
16	Shenzhen University	2	0,89%	21,88%
17	Electronics and Telecommunications Research Institute	2	0,89%	22,77%

18	Chinese University of Hong Kong	2	0,89%	23,66%
19	University of Texas at San Antonio	2	0,89%	24,55%
20	Arizona State University	2	0,89%	25,45%
21	University of Houston	2	0,89%	26,34%
22	CEA LETI	2	0,89%	27,23%
23	University of Manitoba	2	0,89%	28,13%
24	Universitetet i Oslo	2	0,89%	29,02%
25	National Sun Yat-Sen University Taiwan	2	0,89%	29,91%
26	Università degli Studi di Trento	2	0,89%	30,80%
27	University of York	2	0,89%	31,70%
28	Michigan Technological University	2	0,89%	32,59%
29	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	2	0,89%	33,48%
30	Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya	2	0,89%	34,38%
31	Memorial University of Newfoundland	2	0,89%	35,27%
32	Georgia Institute of Technology	2	0,89%	36,16%
33	Pontificia Universidade Catolica do Parana	2	0,89%	37,05%
34	United States Air Force Institute of Technology	2	0,89%	37,95%
35	University of Liverpool	2	0,89%	38,84%
36	Aalborg Universitet	2	0,89%	39,73%
37	New Jersey Institute of Technology	2	0,89%	40,63%
38	Jozef Stefan Institute	2	0,89%	41,52%
39	University of Cincinnati	2	0,89%	42,41%
40	Inha University, Incheon	2	0,89%	43,30%
41	Tennessee Technological University	2	0,89%	44,20%
42	EURECOM Ecole d'Ingénieur et Centre de Recherche en Sciences du Numérique	2	0,89%	45,09%
43	Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse	2	0,89%	45,98%
44	Vytautas Magnus university	2	0,89%	46,88%
45	Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas	2	0,89%	47,77%
46	DSCI	2	0,89%	48,66%
47	MINATEC	2	0,89%	49,55%
48	Ebor Computing	1	0,45%	50,00%
49	School of Electrical and Electronic Engineering	1	0,45%	50,45%
50	Institute of Multimedia and Software	1	0,45%	50,89%
51	PUCP-PR	1	0,45%	51,34%
52	U.S. Army Communication-Electronics Research Development and Engineering Center	1	0,45%	51,79%
53	Giftet Inc.	1	0,45%	52,23%
54	Einfochips Pvt. Ltd.	1	0,45%	52,68%
55	Huawei Technologies	1	0,45%	53,13%
56	Army CERDEC	1	0,45%	53,57%
57	KNSIT	1	0,45%	54,02%
58	University of Houstona	1	0,45%	54,46%

59	Turiba School of Business Administration	1	0,45%	54,91%
60	Science Technology Research Institute for Defense STRIDE	1	0,45%	55,36%
61	Lab STIC - ENSTA Bretagne	1	0,45%	55,80%
62	DRS	1	0,45%	56,25%
63	Army Academy	1	0,45%	56,70%
64	AcuMaestro, Inc	1	0,45%	57,14%
65	Joint Research Center of the European Commission	1	0,45%	57,59%
66	WPI Limerick Project Center	1	0,45%	58,04%
67	Wireless Innovation Laboratory WI Lab	1	0,45%	58,48%
68	Knowledge Space Ltd.	1	0,45%	58,93%
69	Engility Corporation	1	0,45%	59,38%
70	Future Networks Research Community	1	0,45%	59,82%
71	Software Defined Radio SDR Group	1	0,45%	60,27%
72	Lekha Wireless Solutions Pvt. Ltd	1	0,45%	60,71%
73	Nokia Mobile Phones, Inc	1	0,45%	61,16%
74	China Mobile Group Shanxi Co	1	0,45%	61,61%
75	IS-Wireless	1	0,45%	62,05%
76	University of Southern California's Viterbi School of Engineering	1	0,45%	62,50%
77	Swisscom Innovations	1	0,45%	62,95%
78	National Institute of Technology Kurukshetra	1	0,45%	63,39%
79	Kansas State University	1	0,45%	63,84%
80	Universite Catholique de Louvain	1	0,45%	64,29%
81	CSIRO Ict Centre	1	0,45%	64,73%
82	Ministry of Education China	1	0,45%	65,18%
83	Rochester Institute of Technology	1	0,45%	65,63%
84	Universiti Kebangsaan Malaysia	1	0,45%	66,07%
85	New Mexico State University Las Cruces	1	0,45%	66,52%
86	Airbus Group SE	1	0,45%	66,96%
87	University of Calgary	1	0,45%	67,41%
88	Ajou University	1	0,45%	67,86%
89	Cairo University, Faculty of Engineering	1	0,45%	68,30%
90	A-Star, Institute for Infocomm Research	1	0,45%	68,75%
91	Universiti Utara Malaysia	1	0,45%	69,20%
92	Helsingin Yliopisto	1	0,45%	69,64%
93	University Politehnica of Bucharest	1	0,45%	70,09%
94	Princeton University	1	0,45%	70,54%
95	Defence Science and Technology Group	1	0,45%	70,98%
96	Universiti Teknologi MARA	1	0,45%	71,43%
97	Indiana University-Purdue University Fort Wayne	1	0,45%	71,88%
98	University College Dublin	1	0,45%	72,32%
99	Rice University	1	0,45%	72,77%
100	Bogaziçi Üniversitesi	1	0,45%	73,21%

101	SUPELEC Campus de Gif	1	0,45%	73,66%
102	Universidade do Porto	1	0,45%	74,11%
103	Arab Academy for Science & Technology and Maritime Transport	1	0,45%	74,55%
104	Sungkyunkwan University	1	0,45%	75,00%
105	Universitat Politècnica de Catalunya	1	0,45%	75,45%
106	University of South Florida, Tampa	1	0,45%	75,89%
107	Amirkabir University of Technology	1	0,45%	76,34%
108	Tecnologico de Monterrey	1	0,45%	76,79%
109	University of Bradford	1	0,45%	77,23%
110	Colorado State University	1	0,45%	77,68%
111	SUPELEC École Supérieure d'Électricité	1	0,45%	78,13%
112	Cairo University	1	0,45%	78,57%
113	The University of British Columbia	1	0,45%	79,02%
114	Southwest Jiaotong University	1	0,45%	79,46%
115	Işık Üniversitesi	1	0,45%	79,91%
116	Panepistimion Pireos	1	0,45%	80,36%
117	University of Kent	1	0,45%	80,80%
118	Fraunhofer Institute for Telecommunications, Heinrich-Hertz-Institut, HHI	1	0,45%	81,25%
119	U.S. Army Communications and Electronics Command	1	0,45%	81,70%
120	Worcester Polytechnic Institute	1	0,45%	82,14%
121	Multimedia University	1	0,45%	82,59%
122	Mansoura University	1	0,45%	83,04%
123	University of Leeds	1	0,45%	83,48%
124	United States Department of Defense	1	0,45%	83,93%
125	Oulun Yliopisto	1	0,45%	84,37%
126	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	1	0,45%	84,82%
127	Korea Maritime and Ocean University	1	0,45%	85,27%
128	INRIA Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique	1	0,45%	85,71%
129	Brno University of Technology	1	0,45%	86,16%
130	National Cheng Kung University	1	0,45%	86,61%
131	Defence Research and Development Organisation India	1	0,45%	87,05%
132	SAIC	1	0,45%	87,50%
133	Institut National des Sciences Appliquées de Lyon	1	0,45%	87,95%
134	Philips Research	1	0,45%	88,39%
135	University of Toronto	1	0,45%	88,84%
136	BAE Systems Inc.	1	0,45%	89,29%
137	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	1	0,45%	89,73%
138	Università degli Studi di Napoli Federico II	1	0,45%	90,18%
139	Centro de Investigacion y de Estudios Avanzados	1	0,45%	90,62%
140	Defence Research and Development Canada	1	0,45%	91,07%

141	Universität der Bundeswehr München	1	0,45%	91,52%
142	Wright State University	1	0,45%	91,96%
143	Communications Research Centre	1	0,45%	92,41%
144	University of Science and Technology of China	1	0,45%	92,86%
145	Instituto Politécnico Nacional	1	0,45%	93,30%
146	Foundation for Research and Technology-Hellas	1	0,45%	93,75%
147	Thales Group	1	0,45%	94,20%
148	Technische Universität Graz	1	0,45%	94,64%
149	Binghamton University State University of New York	1	0,45%	95,09%
150	Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science	1	0,45%	95,54%
151	Universidade Federal do Ceara	1	0,45%	95,98%
152	University of Twente	1	0,45%	96,43%
153	Georgia Institute of Technology, School of Electrical and Computer Engineering	1	0,45%	96,87%
154	Anna University	1	0,45%	97,32%
155	Consiglio Nazionale delle Ricerche	1	0,45%	97,77%
156	International Business Machines	1	0,45%	98,21%
157	UCL	1	0,45%	98,66%
158	Politecnico di Milano	1	0,45%	99,11%
159	FH Joanneum	1	0,45%	99,55%
160	Nokia USA	1	0,45%	100,00%

Fonte: Elaboração própria com base no Scopus.

## APÊNDICE D – RELAÇÃO DOS 30 (TRINTA) ARTIGOS DO MOMENTO ATUAL

Nr Ord	Data de Publicação	Título
1	27-nov-18	Complex communications: Next-generation MANET solutions
2	17-out-18	Bittium wins orders for 'Tough SDR' on Spanish vehicles
3	29-ago-18	Well connected: US Army seeks an improved network with the future in mind
4	24-jul-18	R&S M3TR multiband, multimode, multirole software-defined radio (SDR) family for tactical applications
5	19-jul-18	Executive Overview
6	19-jul-18	Jaguar
7	19-jul-18	Next-generation satcom: enhancing satellite communications for current operations
8	7-jun-18	Eurosatory 2018: Elbit Systems to Present New Networked and Situational Awareness Capabilities
9	29-mai-18	Ultra Orion X500-G (AN/GRC-245C) and X505-G radio systems
10	15-mai-18	RUAG ARANEA networking system
11	9-mai-18	Bowman digital radio system
12	24-abr-18	Tactical comms: German Army relaunches trials to meet VJTF 2023 deadline
13	24-abr-18	X505-V vehicle-mounted radio system
14	11-out-17	SquadNet soldier radio
15	4-out-17	Bittium targets combat radio market with new SDRs
16	29-set-17	2020s vision: New tactical command systems begin to take shape
17	6-jun-17	Dismounted SA: pushing information at the lowest echelon
18	25-mai-17	MoTaKo/MoTIV: Digitising the Bundeswehr
19	5-mai-16	Radio repurposed: Reaping the benefits of RF technology
20	17-set-15	DSEI 2015: Thales SquadNet enters soldier radio market
21	10-set-15	More than meets the eye: small UASs become advanced assets
22	28-mai-15	Environmental study: understanding the human terrain
23	18-jun-14	Parting shot: Lockheed Martin Vector Hawk SUAS
24	10-mar-14	Thales reveals radio innovations
25	4-mar-14	Communication is key: future radio programmes strive for greater coverage
26	29-out-13	Rohde & Schwarz tops two billion euro mark in incoming orders
27	23-fev-12	Rafael reveals new broadband radio
28	21-nov-11	Harris multiplies PRC-152 radio missions
29	30-ago-11	Digital delights: commercial wireless communications on the battlefield
30	4-mai-10	NCW part 1 - Tactical data systems: Radio activity

Fonte: Elaboração própria com base na Jane's.

**APÊNDICE E – RELAÇÃO DAS 112 (CENTO E DOZE) PATENTES DO ESTÁGIO  
TEMPORAL DE CURTO PRAZO**

Nº Ord	Nº Processo	Título	Titulares
1	CN204733386	Stranded personnel search positioning system	Tsinghua University
2	KR101582410	Vehicle remote control system and vehicle remote control method through mobile communication network	KUMOH NAT INST TECH ACAD COOP
3	US9516132	Method and apparatus for managing communication activities of a communication device	AT&T Intellectual Property I, Lp
4	US9295028	Detection and mitigation of denial-of-service attacks in wireless communication networks	AT&T Intellectual Property I, Lp
5	US9232376	Concurrent voice and data service on a same digital radio channel	Motorola Solutions, Inc.
6	US9369921	Network assisted bonding	Liveu Ltd.
7	US9369171	Multi-standard in building mobile radio access network	Key 2 Mobile LLC
8	US9148792	Dynamic certification system for wireless spectrum sharing	Intel Corporation
9	EP2770789	Contextual and predictive prioritization of spectrum access	Deutsche Telekom AG
10	US9065699	Methods and systems for a distributed radio communications network	Cognoscos, Inc.
11	US9420043	System and method for wireless packet capture using mobile communication devices	Northrop Grumman Systems Corporation
12	US9055350	Method and apparatus for communicating emergency information	AT&T Intellectual Property I, Lp
13	US9167315	Method and apparatus for communicating emergency information	AT&T Intellectual Property I, Lp
14	US9171090	Method and apparatus for sharing media content	Skyhook Holding, Inc.
15	US8908591	Wireless access and networking system and method for spacecraft	Boeing Co
16	EP2717630	System and method of wireless access and networking for spacecraft	Boeing Co
17	US9386469	Method and apparatus for rf performance metric estimation	Telefonaktiebolaget Lm Ericsson (publ)
18	EP2904721	Method and apparatus for rf performance metric estimation	Telefonaktiebolaget Lm Ericsson (publ)
19	US9439166	Technique for adapting an rf receiver configuration	Telefonaktiebolaget L M Ericsson (publ)
20	EP2904833	Method and apparatus for adapting an rf receiver configuration	Telefonaktiebolaget Lm Ericsson (publ)
21	US8879416	Heterogeneous mesh network and a multi-rat node used therein	Parallel Wireless Inc.
22	EP2693795	Wireless performance testing onboard a complex system	Boeing Co
23	US9204326	Onboard wireless performance testing	Boeing Co
24	US9473916	Public safety service	Nokia Technologies Oy

25	US9071976	Communication network device, communication device, method for managing communication resource allocation and method for communication resource allocation	Intel Deutschland Gmbh
26	US9293016	Method and apparatus for processing sensor data of detected objects	AT&T Intellectual Property I, Lp
27	US9110101	Method and system for packet acquisition, analysis and intrusion detection in field area networks	Perspecta Labs Inc
28	EP2795844	Radio communication module for a household device with adaptable communication standard and a household device comprising the module	BSH Hausgeraete GmbH
29	US9369421	Method and apparatus for managing communication exchanges	AT&T Intellectual Property I, Lp
30	US8762468	Method and apparatus for managing communication exchanges	AT&T Intellectual Property I, Lp
31	JP5403441	Optimization of dynamic spectrum access	Toyota Infotechnology Center Co Ltd
32	US9215598	Optimizing dynamic spectrum access	Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha
33	US8839368	Acquiring a trusted set of encoded data slices	International Business Machines Corporation (IBM)
34	US9158625	Acquiring a trusted set of encoded data slices	International Business Machines Corporation (IBM)
35	US9189076	Method and apparatus for controlling multi-experience translation of media content	AT&T Intellectual Property I, Lp
36	US9430048	Method and apparatus for controlling multi-experience translation of media content	AT&T Intellectual Property I, Lp
37	US8942412	Method and apparatus for controlling multi-experience translation of media content	AT&T Intellectual Property I, L.p.
38	CN102279818	Vector data access and storage control method supporting limited sharing and vector memory	Pla National University Of Defense Technology
39	US9400714	Wirelessly communicating a data file	International Business Machines Corporation (IBM)
40	US8340630	Remotely activatable locator with backchannel	Skyhook Holding, Inc. (Trueposition, Inc.)
41	US9166631	Software-defined radio terminal apparatus, and method for distributing and installing radio applications	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
42	US8909282	Systems and methods for dynamic transmission power limit back-off for specific absorption rate compliance	Qualcomm Incorporated
43	US8781437	Systems and methods for dynamic transmission power limit back-off for specific absorption rate compliance	Qualcomm Incorporated
44	JP5960169	System and method for dynamic transmit power limit backoff for sar compliance	Qualcomm Incorporated

45	JP5755762	System and method for dynamic transmit power limit back-off for specific absorption rate of compliance	Qualcomm Incorporated
46	US8767849	Method and device for inter-chip and inter-antenna interference cancellation	Futurewei Technologies, Inc.
47	US9021467	Software-defined radio terminal device and method for distributing and installing radio application	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
48	CN103250133	Software-defined radio terminal device and method for distributing and installing radio application	Industry-university Cooperation Foundation Of Hanyang University
49	US9239376	Doppler aided inertial navigation	Telecommunication Systems, Inc.
50	US9042303	Smart antenna software definition radio terminal device and method of distributing and installing software definition radio terminal application	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
51	US9508269	Remote guidance system	Echo-Sense Inc
52	JP5911149	Neutral host architecture for distributed antenna system	Dali Systems Co. Ltd.
53	US9131356	System and method for administration and operation of one or more mobile electronic communications devices	Zipit Wireless, Inc.
54	KR101647567	Method and apparatus for providing security to devices	Interdigital Patent Holdings, Inc.
55	JP5870368	Component that handles the wideband analog radio frequency	Newlans, Inc.
56	ES2372080	2g method for processing a call, device and software.	Vodafone Espana S.a.u.
57	KR101038501	Apparatus for controlling clock tree in software based wireless communication system, and apparatus for transmitting or receiving data with the said apparatus	Lig Nex1 Co., Ltd.
58	US9144077	Radio resource manager devices and radio communication devices	Intel Deutschland Gmbh
59	US8442440	Hierarchical spectrum sensing for cognitive radios	Empire Technology Development LLC
60	US8385831	Secure cognitive radio transmissions	Empire Technology Development LLC
61	US9402187	Apparatus, method, computer program for communication and system thereof	Nokia Technologies Oy
62	KR101385609	Coexistence manager for controlling operation of multiple radios	Qualcomm Incorporated
63	KR100947089	Method for controlling a plurality of modem devices in communication system based on sdr, and sca therefor, and the recording media storing the program performing the said method	Lig Nex1 Co., Ltd.
64	US8213957	Network autonomous wireless location system	Skyhook Holding, Inc.
65	KR101571899	That the channel selection apparatus and method in a wireless system	Lg Electronics Inc.

66	US8964868	Method and apparatus for uplink power control in multiple-input multiple-output	Interdigital Patent Holdings, Inc.
67	US9510294	Base station for controlling uplink power	Interdigital Patent Holdings, Inc.
68	US8326309	Resource allocation in co-existence mode	United States Of America As Represented By The Secretary Of The Army
69	JP5453461	H (e) nb integrity verification and method and apparatus for validation	Interdigital Patent Holdings, Inc.
70	KR101607363	Method and apparatus for h(e)nb integrity verification and validation	Interdigital Patent Holdings, Inc.
71	KR101649465	Method and apparatus for h(e)nb integrity verification and validation	Interdigital Patent Holdings, Inc.
72	US9253643	Method and apparatus for h(e)nb integrity verification and validation	Interdigital Patent Holdings, Inc.
73	KR101691603	Method and apparatus for h(e)nb integrity verification and validation	Interdigital Patent Holdings, Inc.
74	US9374746	Systems/methods of spatial multiplexing	Odyssey Wireless, Inc.
75	US7940198	Amplifier linearizer	V Corp Technologies, Inc.
76	US9020362	Digital radio frequency transceiver system and method	Hypres, Inc.
77	US8260144	Digital radio frequency transceiver system and method	Hypres, Inc.
78	US8260143	Digital radio frequency transceiver system and method	Hypres, Inc.
79	US8867931	Digital radio frequency transceiver system and method	Hypres, Inc.
80	US8918865	System and method for protecting data accessed through a network connection	Wontok Inc
81	US8005456	Remotely activatable locator with voice/data relay	Skyhook Holding, Inc.
82	US8792880	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
83	US8521156	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
84	US8880060	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
85	US8442520	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
86	US8509765	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
87	US9312947	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
88	US8311533	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
89	US8254913	Terrestrial based high speed data communications mesh network	Smartsky Networks, LLC
90	US8811502	Systems and/or methods of wireless communications	Odyssey Wireless, Inc.
91	US9392451	Systems/methods of conducting a financial transaction using a smartphone	Odyssey Wireless, Inc.

92	US9185553	Systems/methods of preferential communications	Odyssey Wireless, Inc.
93	US8855230	Systems/methods of transmitting information via baseband waveforms comprising frequency content agility and an orthogonality therebetween	Odyssey Wireless, Inc.
94	US8879606	Systems/methods of transmitting information via baseband waveforms comprising agility in frequency content and an orthogonality therebetween	Odyssey Wireless, Inc.
95	US9332429	Systems/methods of adaptively varying a spectral content of communications	Odyssey Wireless, Inc.
96	US8891645	Systems/methods of carrier aggregation providing increased capacity communications	Odyssey Wireless, Inc.
97	US9124381	Systems/methods of carrier aggregation	Odyssey Wireless, Inc.
98	US9312929	System and methods to compensate for doppler effects in multi-user (mu) multiple antenna systems (mas)	Rearden, LLC
99	US7406328	System and method for configuring a software radio	Harris Global Communications, Inc.
100	EP1515448	System and method for configuring a software radio	Harris Global Communications, Inc., Albany, Us
101	US7280623	Digital rf correlator for multipurpose digital signal processing	GOVERNMENT OF UNITED STATES US Government Hypres Inc
102	US7404074	Self-booting software defined radio module	SCA Technica Inc
103	US7839169	Programmable logic device with embedded switch fabric	SCA Technica Inc
104	US7733125	Programmable logic device with embedded switch fabric	SCA Technica Inc
105	US8270973	Advanced multi-network client device for wideband multimedia access to private and public wireless networks	incNETWORKS Inc
106	US8254986	Seamless multistage handoff algorithm to facilitate handoffs between heterogeneous wireless networks	incNETWORKS Inc
107	US8155642	Advanced multi-network client device for wideband multimedia access to private and public wireless networks	incNETWORKS Inc
108	US7437158	Advanced multi-network client device for wideband multimedia access to private and public wireless networks	incNETWORKS Inc
109	US7987491	Method and apparatus for browsing using alternative linkbases	Convergent Media Solutions LLC
110	US9143839	Method and apparatus for browsing using multiple coordinated device sets	Convergent Media Solutions LLC
111	US8161172	Method and apparatus for browsing using multiple coordinated device sets	Convergent Media Solutions LLC
112	US9485063	Pre-coding in multi-user mimo	Genghiscomm Holdings, LLC

Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

**APÊNDICE F – RELAÇÃO DOS 36 (TRINTA E SEIS) PEDIDOS DE PATENTES DO  
ESTÁGIO TEMPORAL DE MÉDIO PRAZO**

Nº Ord	Nº Processo	Título	Titulares
1	EP3090583	Methods, apparatus, systems and mechanisms for secure attribute based friend find and proximity discovery	lot Holdings, Inc.
2	US20160323248	Methods, apparatus, systems and mechanisms for secure attribute based friend find and proximity discovery	lot Holdings, Inc.
3	US20160262113	Multi-standard in building mobile radio access network	Key2mobile LLC
4	US20160255618	System and methods to compensate for doppler effects in multi-user (mu) multiple antenna systems (mas)	Rearden, LLC
5	CA3009710	Space network node receiving data from terrestrial and space nodes	Airbus Defence And Space Limited
6	CN105744633	Radio resource manager device and radio communication device	Infineon Technologies Ag
7	CA2967353	Autonomous systems and methods for secure access	Temporal Defense Systems, LLC
8	US20160131751	Doppler aided inertial navigation	Telecommunication Systems, Inc.
9	US20160127403	Sensor mesh and signal transmission architectures for electromagnetic signature analysis	Bastille Networks, Inc.
10	SG10201601953S	Systems and methods to exploit areas of coherence in wireless systems	Rearden, LLC
11	IN2015KN01906	Methods and systems for a distributed radio communications network	Cognoscos, Inc.
12	IN2015KN01096	Heterogeneous mesh network and a multi-rat node used therein	Parallel Wireless Inc.
13	CN105144835	Heterogeneous mesh network and multi-rat node used therein	Parallel Wireless Inc
14	IN2015DN02307	Method and apparatus for rf performance metric estimation	Ericsson Telefon Ab L M
15	EP2904814	Systems and methods for wireless backhaul in distributed-input distributed-output wireless systems	Rearden LLC
16	JP2015520957	For mobile communication devices, sending and receiving messages that you reduce the waiting time	Zipit Wireless, Inc.
17	CN104603853	System and methods for coping with doppler effects in distributed-input distributed-output wireless systems	Rearden LLC
18	EP2845178	System and methods for coping with doppler effects in distributed-input distributed-output wireless systems	Rearden LLC
19	US20150063214	Heterogeneous mesh network and a multi-rat node used therein	Parallel Wireless, Inc.

20	EP2815282	Method and system for packet acquisition, analysis and intrusion detection in field area networks	Vencore Labs, Inc.
21	CA2854216	Wide tuning range receiver	Pc-tel, Inc.
22	US20140282608	Mobile applications architecture	Northrop Grumman Systems Corporation
23	IN2013MN01581	Systems and methods for dynamic transmission power limit back off for specific absorption rate compliance	Qualcomm Incorporated
24	IN2013CN08475	Horizontal cabling system for in building applications	3m Innovative Properties Company
25	MX2014002900	Systems and methods to exploit areas of coherence in wireless systems.	Rearden, LLC.
26	CA2885817	Systems and methods for wireless backhaul in distributed-input distributed-output wireless systems	Rearden, LLC
27	EP2709341	Software-defined radio terminal apparatus, and method for distributing and installing radio applications	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
28	CA2872502	System and methods for coping with doppler effects in distributed-input distributed-output wireless systems	Rearden, LLC
29	DE102013207600	Method and apparatus for display of player - power in social networks	Steelseries Aps
30	EP2657835	Software-defined radio terminal device and method for distributing and installing radio application	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
31	EP2627149	Smart antenna software definition radio terminal device and method of distributing and installing software definition radio terminal application	Industry-university Cooperation Foundation Hanyang University
32	CA2848355	Systems and methods to exploit areas of coherence in wireless systems	Rearden, LLC
33	US20120093078	System and methods for planned evolution and obsolescence of multiuser spectrum	Rearden, LLC
34	KR20120005525	Network autonomous wireless location system	Trueposition, Inc.
35	IN2010DE00801	Pbxs bundled with wireless handheld devices as wireless extensions	Coral Telecom Ltd.
36	DE102010037215	Radio resources manager device and radio communication in front of directions	Intel Mobile Communications Gmbh

Fonte: Elaboração própria com base no LexisNexis.

**APÊNDICE G – RELAÇÃO DOS 57 (CINQUENTA E SETE) ARTIGOS  
CIENTÍFICOS DO ESTÁGIO TEMPORAL DE LONGO PRAZO**

Nº Ord	DOI	Título	Instituição dos Autores do Artigo (Principais)
1	10.1109/ICUMT.2016.7765230	An SDR platform using direction finding and statistical analysis for the detection of interferers	Department of Electrical and Computer Engineering, American University of Beirut, Lebanon
2	10.1109/IEMCON.2016.7746272	A practical modulation recognition algorithm for HF signals and beyond	Ebor Computing Pty Ltd, Australia
3	10.1109/COBCOM.2016.7593502	Communication techniques for Remotely Piloted Aircraft with Integrated Modular Avionics	FH JOANNEUM, University of Technology, University of Applied Sciences, Graz, Austria
4	10.1109/COMST.2016.2519148	Signal identification for multiple-antenna wireless systems: Achievements and challenges	Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada
5	10.1109/ICMCIS.2016.7496561	Software-defined networking for low-latency 5G core network	Université libre de Bruxelles (ULB)
6	10.1016/j.phycom.2016.01.007	From conceptual to operational: Over-the-air-programming of land mobile radios	School of Public and Environmental Affairs, Indiana University-Purdue University Indianapolis, United States
7	10.1007/s11277-015-3052-4	Novel Design of a Low Cost Flexible Transceiver Based on Multistate Digitally Modulated Signals Using Wi-Fi Protocol for Software Defined Radio	Electronics and Communication Engineering Department, University Institute of Engineering and Technology, Kurukshetra University, Kurukshetra, India
8	10.1109/CCIntelS.2015.7437888	Low cost implementation of software defined radio for improved transmit quality of 4G signals	Department of Electronics and Communication, IIT, Roorkee, India
9	10.1109/ICT-DM.2015.7402056	Towards efficient disaster management: 5G and Device to Device communication	CERI/LIA, University of Avignon, France
10	10.1016/j.optlaseng.2016.03.027	New challenges in wireless and free space optical communications	Lab STIC - ENSTA Bretagne, France
11	10.1109/WINCOM.2015.7381336	New algorithm for blind recognition of OFDM based systems using second-order statistics	LIMS, Faculté de Sciences Dhar EL Mehraz, USMBA, Fès, Morocco
12	10.1007/978-3-319-40352-6_45	On the FPGA-based implementation of a flexible waveform from a high-level description: Application to LTE FFT case study	IRISA, University of Rennes 1, Lannion, France

13	10.1109/ACCESS.2016.2606486	A Look at the Recent Wireless Positioning Techniques with a Focus on Algorithms for Moving Receivers	LaCIME Laboratory, Department of Electrical Engineering, École de Technologie Supérieure, University of Quebec, Montreal, Canada
14	10.1002/wcm.2443	Evolution and future trends of research in cognitive radio: a contemporary survey	University of Manitoba, Winnipeg, Canada
15	10.1109/CHINACOM.2014.7054285	LTE physical layer implementation based on GPP multi-core parallel processing and USRP platform	College of Electronics and Information Engineering, Tongji University, China
16	10.1109/RADIOELEK.2015.7129060	Experimental study of wireless transceiver authentication using carrier frequency offset monitoring	Department of Radio Electronics, Brno University of Technology, Czech Republic
17	10.2200/S00646ED1V01Y201505CNT016	A Primer on Physical-Layer Network Coding	Department of Information Engineering, Chinese University of Hong Kong (CUHK), Hong Kong
18	10.2200/S00646ED1V01Y201505CNT016	A primer on physical-layer network coding	Chinese University of Hong Kong, Hong Kong
19	10.1109/ICSPCS.2014.7021088	Downlink LTE synchronization: A software defined radio approach	Cyber and Electronic Warfare Division, Defence Science and Technology Organisation, Australia
20	-	Towards tactical military software defined radio	Research and Development Division, Army Academy, Lappeenranta, Finland
21	10.1109/IHTC.2014.7147521	A general perspective on software-hardware defined cognitive radio based on emergency ad-hoc network topology	University of Bradford, School of Engineering, Design and Technology, Bradford, United Kingdom
22	-	Fast-convolution filter bank approach for non-contiguous spectrum use	Department of Electronics and Communications Engineering, Tampere University of Technology, Finland
23	10.1109/MILCOM.2013.298	Government reference architecture extensions for application to base stations	SAIC, United States
24	10.1109/COMCAS.2013.6685294	Slotted adaptive frequency hopping and rolling scheme for multi-net cognitive radio with experimental result	Yuan Ze University, Chung-Li, Taiwan
25	10.1109/MILCOM.2013.71	Security challenges with LTE-advanced systems and military spectrum	Hume Center for National Security and Technology, Virginia Tech, United States
26	10.1109/MILCOM.2013.285	Spectrum coexistence issues: Challenges and research directions	Booz Allen Hamilton, United States
27	10.4028/www.scientific.net/AMR.753-755.3125	A high speed and compact data acquisition and storage system	National University of Defense Technology, China

28	10.1007/s11390-013-1343-3	GPP-based soft base station designing and optimization	Key Lab of Universal Wireless Communications of Ministry of Education, Beijing University of Posts and Telecommunications, China
29	10.1109/ChinaCom.2012.6417446	GPP-based soft base station designing and optimization (invited paper)	Wireless Technology Innovation Institute, Beijing University of Posts and Telecommunications, China
30	10.1109/ICTC.2012.6386779	Low complexity SDR transceiver design using Simulink, Matlab and Xilinx	Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi MARA, Malaysia
31	10.1186/1687-1499-2012-317	A comparison between APSK and QAM in wireless tactical scenarios for land mobile systems	Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica Delle Marche, Italy
32	10.1109/ICACCCT.2012.6320740	Managing software defined radio through cloud computing	Dept. of CSE, REVA ITM, Bengaluru, India
33	-	Modulation techniques for RFID transceiver using software defined radio	Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
34	10.1109/TWC.2012.060412.110460	Automatic modulation classification using combination of genetic programming and KNN	Department of Electrical Engineering and Electronics, University of Liverpool, United Kingdom
35	10.1109/AERO.2012.6187130	Implementation of a low-cost reconfigurable antenna array for SDR-based communication systems	University of Trento, Dept. of Information Engineering and Computer Science (DISI), Italy
36	10.1109/TWC.2012.041612.111488	Classification of space-time block codes based on second-order cyclostationarity with transmission impairments	Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University, Canada
37	10.1145/2093256.2093296	Physical-layer security challenges of DSA-enabled TD-LTE	Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, Arlington, VA, United States
38	10.1109/MILCOM.2011.6127435	A practical approach for channel problem detection and adaptation in tactical radio systems	Graduate School of Information and Communication, Ajou University, South Korea
39	10.1186/1687-1499-2011-13	Ubiquitous robust communications for emergency response using multi-operator heterogeneous networks	Institute of Computer Science of the Foundation for Research and Technology-Hellas (FORTH), Greece
40	10.1002/mop.26211	Broadband planar antenna with T-shaped strip and capacitively coupled shorted strip	Department of Electronic Engineering, Inha University, South Korea

41	10.1016/j.engappai.2010.08.008	Blind digital modulation classification in software radio using the optimized classifier and feature subset selection	Faculty of Electrical and Computer Engineering, Babol University of Technology, Babol, Iran
42	10.1109/PIMRCW.2010.5670513	ETSI RRS - The standardization path to next generation cognitive radio systems	Infineon Technologies AG, Germany
43	10.1109/SURV.2010.032910.00019	Software defined radio: Challenges and opportunities	UniK, University Graduate Center, University of Oslo, Norway
44	10.1109/ICCS.2010.5686531	RSQ-MAC: A robust self-organising hybrid TDMA/OFDMA medium access protocol for vehicular sensor and tactical ad-hoc networks	Faculty of Informatics, Universität der Bundeswehr, München, Germany
45	10.1109/MILCOM.2010.5680232	Automatic digital modulation classification using genetic programming with K-nearest neighbor	Department of Electrical Engineering and Electronics, University of Liverpool, Brownlow Hill, Liverpool, United Kingdom
46	10.1109/ICCCE.2010.5556800	Optimized configurable architecture of modulation techniques for SDR applications	ASIC Division, Einfochips Pvt. Ltd., Ahmedabad, Gujarat, India
47	10.1109/TVT.2010.2041805	Software-defined radio equipped with rapid modulation recognition	New Jersey Institute of Technology, United States
48	10.1109/ICCES.2009.5383234	Identification of linear bi-dimensional digital modulation schemes via clustering algorithms	Electronics and Communications Department, Engineering Faculty, Mansura University, Egypt
49	10.1109/IPDPS.2009.5161197	The radio virtual machine: A solution for SDR portability and platform reconfigurability	Citi, Insa-Lyon, Villeurbanne Cedex, France
50	-	Modulation identification algorithm for adaptive demodulator in software defined radios using wavelet transform	Center for Advanced Research, Department of Electronics and Communication Engineering, Muthayammal Engineering College, India
51	-	FPGA implementation of software defined radio model based 16QAM	School of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Sains Malaysia Eng. Campus, Malaysia
52	-	Implementation of digital modulation identification on signal processing platform for software defined radio extended	Department of Computer and Communication Systems Engineering, University of Putra Malaysia, Serdang, Malaysia
53	10.1109/JSTSP.2007.897061	Communication waveform design using an adaptive spectrally modulated spectrally encoded (SMSE) framework	Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson AFB, United States
54	10.1109/LISAT.2006.4302646	Dual-use of modulation recognition techniques for digital communication signals	U.S. Army CERDEC, United States

55	10.1109/IMOC.2005.1579992	A multiband fractal antenna array to software defined radio	Engineering Department ENE, College of Technology, University of Brasilia - UnB, Brazil
56	10.1109/APCC.2003.1274374	Detection of modulation scheme for software defined radio systems in 4th generation mobile network	DSP Research Group, Center of Multimedia Communication, Faculty of Engineering, Multimedia University, Malaysia
57	-	Introducing software defined radio to 4G wireless: Necessity advantage and impediment	Design Center Manager, IBM Microelectronics, Encinitas Blvd, Encinitas, United States

Fonte: Elaboração própria com base na Scopus.

**APÊNDICE H – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS  
PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO MOMENTO  
ATUAL**

Nº Ord	Taxonomias Micro (Ordenadas do maior para o menor percentual de citações)	% Citação	% Acumulada
1	LTE	17,93%	17,93%
2	Sistemas de Localização	8,97%	26,90%
3	Veicular	8,28%	35,17%
4	3G	6,90%	42,07%
5	Handheld	6,90%	48,97%
6	Wi-Fi (IEEE 802.11)	5,52%	54,48%
7	Mecanismos de Transmissão Segura	4,83%	59,31%
8	MANETs	4,14%	63,45%
9	Mecanismos de Transmissão Digital	4,14%	67,59%
10	SATCOM	3,45%	71,03%
11	MIMO	3,45%	74,48%
12	2G	2,76%	77,24%
13	Manpack	2,76%	80,00%
14	WiMax (IEEE 802.16)	2,07%	82,07%
15	IEEE 802.15 (Bluetooth)	2,07%	84,14%
16	Estação Base/Femtocell	2,07%	86,21%
17	Line-of-sight (LOS)	2,07%	88,28%
18	Atualização e Gerenciamento Remotos	2,07%	90,34%
19	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	1,38%	91,72%
20	Adaptável em Veículo Não Tripulado	1,38%	93,10%
21	5G	0,69%	93,79%
22	Backhaul	0,69%	94,48%
23	CDMA/WCDMA	0,69%	95,17%
24	OFDM/OFDMA	0,69%	95,86%
25	Acesso Dinâmico ao Espectro	0,69%	96,55%
26	Time Division Duplex (TDD)	0,69%	97,24%
27	Frequency Division Duplex (FDD)	0,69%	97,93%
28	Multicast	0,69%	98,62%
29	Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna	0,69%	99,31%
30	Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio	0,69%	100,00%
31	LTE-Advanced	0,00%	100,00%
32	IEEE 802.22	0,00%	100,00%
33	DVBT	0,00%	100,00%
34	Virtualização de rede (VLAN)/Componente	0,00%	100,00%
35	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	0,00%	100,00%
36	Implementação por FPGA/GPP	0,00%	100,00%
37	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	0,00%	100,00%
38	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	0,00%	100,00%

39	TDMA	0,00%	100,00%
40	FDMA	0,00%	100,00%
41	Cancelamento de Interferência	0,00%	100,00%
42	SC-FDMA	0,00%	100,00%
43	MMSE-(FDE/TDE)	0,00%	100,00%
44	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)	0,00%	100,00%
45	Monitoramento do Estado do Canal	0,00%	100,00%
46	Identificação por Radiofrequência (RFID)	0,00%	100,00%
47	Exploração de Areas de Coerência em Canais Sem Fio	0,00%	100,00%
48	Algoritmos de Detecção	0,00%	100,00%
49	Interface de Programação de Aplicativos (API)	0,00%	100,00%
50	Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência	0,00%	100,00%
51	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM)	0,00%	100,00%

Fonte: Elaboração Própria.

## APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO CURTO PRAZO

Nº Ord	Taxonomias Micro (Ordenadas do maior para o menor percentual de citações)	% Citação	% Acumulada
1	LTE	8,08%	8,08%
2	3G	6,48%	14,55%
3	Mecanismos de Transmissão Digital	6,38%	20,94%
4	2G	5,82%	26,76%
5	WiMax (IEEE 802.16)	5,35%	32,11%
6	CDMA/WCDMA	5,35%	37,46%
7	Estação Base/Femtocell	4,32%	41,78%
8	Wi-Fi (IEEE 802.11)	4,13%	45,92%
9	OFDM/OFDMA	4,04%	49,95%
10	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	3,76%	53,71%
11	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)	3,29%	57,00%
12	IEEE 802.15 (Bluetooth)	3,19%	60,19%
13	TDMA	2,91%	63,10%
14	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	2,63%	65,73%
15	Sistemas de Localização	2,54%	68,26%
16	Mecanismos de Transmissão Segura	2,35%	70,61%
17	MIMO	2,35%	72,96%
18	FDMA	2,25%	75,21%
19	Time Division Duplex (TDD)	1,97%	77,18%
20	Frequency Division Duplex (FDD)	1,97%	79,15%
21	Implementação por FPGA/GPP	1,88%	81,03%
22	Identificação por Radiofrequência (RFID)	1,78%	82,82%
23	Veicular	1,69%	84,51%
24	SATCOM	1,41%	85,92%
25	LTE-Advanced	1,31%	87,23%
26	Multicast	1,22%	88,45%
27	Cancelamento de Interferência	1,03%	89,48%
28	Monitoramento do Estado do Canal	1,03%	90,52%
29	SC-FDMA	0,94%	91,46%
30	Acesso Dinâmico ao Espectro	0,85%	92,30%
31	Line-of-sight (LOS)	0,85%	93,15%
32	Interface de Programação de Aplicativos (API)	0,75%	93,90%
33	Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio	0,66%	94,55%
34	Handheld	0,66%	95,21%
35	Adaptável em Veículo Não Tripulado	0,66%	95,87%
36	MANETs	0,47%	96,34%
37	Backhaul	0,47%	96,81%
38	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	0,47%	97,28%
39	Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna	0,47%	97,75%

40	IEEE 802.22	0,38%	98,12%
41	Exploração de Areas de Coerência em Canais Sem Fio	0,38%	98,50%
42	Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência	0,38%	98,87%
43	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM)	0,38%	99,25%
44	Atualização e Gerenciamento Remotos	0,28%	99,53%
45	MMSE-(FDE/TDE)	0,19%	99,72%
46	Algoritmos de Detecção	0,19%	99,91%
47	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	0,09%	100,00%
48	5G	0,00%	100,00%
49	DVBT	0,00%	100,00%
50	Virtualização de rede (VLAN)/Componente	0,00%	100,00%
51	Manpack	0,00%	100,00%

Fonte: Elaboração Própria.

## APÊNDICE J – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO MÉDIO PRAZO

Nº Ord	Taxonomias Micro (Ordenadas do maior para o menor percentual de citações)	% Citação	% Acumulada
1	LTE	8,59%	8,59%
2	Mecanismos de Transmissão Digital	6,93%	15,51%
3	Wi-Fi (IEEE 802.11)	6,65%	22,16%
4	CDMA/WCDMA	6,37%	28,53%
5	Estação Base/Femtocell	4,71%	33,24%
6	OFDM/OFDMA	4,71%	37,95%
7	3G	4,16%	42,11%
8	Monitoramento do Estado do Canal	4,16%	46,26%
9	MIMO	4,16%	50,42%
10	2G	3,88%	54,29%
11	WiMax (IEEE 802.16)	3,88%	58,17%
12	TDMA	3,88%	62,05%
13	FDMA	3,60%	65,65%
14	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	3,05%	68,70%
15	IEEE 802.15 (Bluetooth)	2,22%	70,91%
16	Backhaul	2,22%	73,13%
17	Time Division Duplex (TDD)	2,22%	75,35%
18	Mecanismos de Transmissão Segura	1,94%	77,29%
19	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	1,94%	79,22%
20	Frequency Division Duplex (FDD)	1,94%	81,16%
21	LTE-Advanced	1,66%	82,83%
22	Sistemas de Localização	1,66%	84,49%
23	MANETs	1,39%	85,87%
24	Cancelamento de Interferência	1,39%	87,26%
25	Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio	1,39%	88,64%
26	Implementação por FPGA/GPP	1,11%	89,75%
27	Acesso Dinâmico ao Espectro	1,11%	90,86%
28	SC-FDMA	1,11%	91,97%
29	Exploração de Areas de Coerência em Canais Sem Fio	1,11%	93,07%
30	Interface de Programação de Aplicativos (API)	1,11%	94,18%
31	Multicast	0,83%	95,01%
32	Identificação por Radiofrequência (RFID)	0,83%	95,84%
33	Line-of-sight (LOS)	0,83%	96,68%
34	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	0,55%	97,23%
35	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)	0,55%	97,78%
36	Atualização e Gerenciamento Remotos	0,55%	98,34%
37	SATCOM	0,28%	98,61%
38	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	0,28%	98,89%
39	Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna	0,28%	99,17%

40	Algoritmos de Detecção	0,28%	99,45%
41	Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência	0,28%	99,72%
42	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM)	0,28%	100,00%
43	IEEE 802.22	0,00%	100,00%
44	5G	0,00%	100,00%
45	DVBT	0,00%	100,00%
46	Virtualização de rede (VLAN)/Componente	0,00%	100,00%
47	MMSE-(FDE/TDE)	0,00%	100,00%
48	Veicular	0,00%	100,00%
49	Handheld	0,00%	100,00%
50	Adaptável em Veículo Não Tripulado	0,00%	100,00%
51	Manpack	0,00%	100,00%

Fonte: Elaboração Própria.

## APÊNDICE K – RELAÇÃO DAS TAXONOMIAS MICRO COM AS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE CITAÇÕES NO ESTÁGIO TEMPORAL DO LONGO PRAZO

Nº Ord	Taxonomias Micro (Ordenadas do maior para o menor percentual de citações)	% Citação	% Acumulada
1	LTE	12,59%	12,59%
2	Mecanismos de Transmissão Digital	9,84%	22,43%
3	Mecanismos de Identificação e Detecção (Sinal/Energia)	5,49%	27,92%
4	OFDM/OFDMA	4,58%	32,49%
5	Mecanismos de Alocação de Recursos de Rede	4,58%	37,07%
6	Wi-Fi (IEEE 802.11)	3,89%	40,96%
7	3G	3,66%	44,62%
8	Implementação por FPGA/GPP	3,66%	48,28%
9	WiMax (IEEE 802.16)	3,43%	51,72%
10	2G	3,20%	54,92%
11	Estação Base/Femtocell	2,52%	57,44%
12	CDMA/WCDMA	2,52%	59,95%
13	Acesso Dinâmico ao Espectro	2,29%	62,24%
14	Identificação por Radiofrequência (RFID)	2,29%	64,53%
15	Mecanismos de Transmissão Segura	2,06%	66,59%
16	MIMO	2,06%	68,65%
17	Gestão do Estado Operacional do Rádio para Coexistência	2,06%	70,71%
18	Gestão Hierárquica de Recursos de Rádio (HRRM)	2,06%	72,77%
19	MANETs	1,60%	74,37%
20	Monitoramento do Estado do Canal	1,60%	75,97%
21	Interface de Programação de Aplicativos (API)	1,60%	77,57%
22	IEEE 802.15 (Bluetooth)	1,37%	78,95%
23	TDMA	1,37%	80,32%
24	SATCOM	1,14%	81,46%
25	IEEE 802.22	1,14%	82,61%
26	Virtualização de rede (VLAN)/Componente	1,14%	83,75%
27	Sistemas de Localização	1,14%	84,90%
28	Cancelamento de Interferência	1,14%	86,04%
29	Handheld	1,14%	87,19%
30	LTE-Advanced	0,92%	88,10%
31	5G	0,92%	89,02%
32	Ajuste Dinâmico da Potência de Transmissão	0,92%	89,93%
33	Estimativa de Direção de Chegada (DOA)	0,92%	90,85%
34	Processamento Paralelo (multi-core)/SIMD	0,92%	91,76%
35	Time Division Duplex (TDD)	0,92%	92,68%
36	Line-of-sight (LOS)	0,92%	93,59%
37	Sistemas de Antena Adaptativa/ Smart Antenna	0,92%	94,51%
38	DVBT	0,69%	95,19%
39	Backhaul	0,69%	95,88%

40	SC-FDMA	0,69%	96,57%
41	Frequency Division Duplex (FDD)	0,69%	97,25%
42	Atualização e Gerenciamento Remotos	0,69%	97,94%
43	FDMA	0,46%	98,40%
44	Adaptável em Veículo Não Tripulado	0,46%	98,86%
45	MMSE-(FDE/TDE)	0,23%	99,08%
46	Multicast	0,23%	99,31%
47	Algoritmos de Detecção	0,23%	99,54%
48	Veicular	0,23%	99,77%
49	Manpack	0,23%	100,00%
50	Exploração de Areas de Coerência em Canais Sem Fio	0,00%	100,00%
51	Distribuição e Instalação de Aplicação Rádio	0,00%	100,00%

Fonte: Elaboração Própria.