



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Química

Patrícia Alexandra Félix de Souza

**Elaboração do Mapa Tecnológico (*Technology Roadmap*) para Fertilizantes  
Nitrogenados Suportados de Liberação Lenta ou Controlada**

Rio de Janeiro

2019

Patrícia Alexandra Félix de Souza

**Elaboração do Mapa Tecnológico (*Technology Roadmap*) para Fertilizantes  
Nitrogenados Suportados de Liberação Lenta ou Controlada**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Novos materiais.

Orientadores: Prof. Dr. Marco Antônio Gaya de Figueiredo  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Márcia França Ribeiro

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/Q

S729	<p>Souza, Patrícia Alexandra Félix de. Elaboração do Mapa Tecnológico (<i>Technology Roadmap</i>) para Fertilizantes Nitrogenados Suportados de Liberação Lenta ou Controlada / Patrícia Alexandra Félix de Souza. – 2019. 265 f.</p> <p>Orientador: Marco Antonio Gaya de Figueiredo Orientadora: Márcia França Ribeiro Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Química.</p> <p>1. Mapa Tecnológico – Teses. 2. Fertilizantes – Teses. I. Figueiredo, Marco Antonio Gaya de. II. Ribeiro, Márcia França. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Química. III. Título.</p> <p>CDU 531.8</p>
------	--

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Patrícia Alexandra Félix de Souza

**Elaboração do Mapa Tecnológico (*Technology Roadmap*) para Fertilizantes  
Nitrogenados Suportados de Liberação Lenta ou Controlada**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Novos materiais.

Aprovada em 18 de março de 2019.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Marco Antônio Gaya de Figueiredo, D. Sc. (Orientador)  
Instituto de Química - UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Márcia França Ribeiro, D. Sc. (Orientadora)  
IBGE

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Maria Furtado de Sousa  
Instituto de Química – UERJ

---

Prof. Dr. Heraldo Namorato de Souza.  
Cenpes - Petrobras

---

Prof. Dr. Fabio Leal Mendes  
Cenpes - Petrobras

Rio de Janeiro

2019

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus e minha família, os pilares da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Deus, obrigada pela força e companherismo, principalmente, nos momentos difíceis, nos momentos que pensei em desistir. Toda honra e glória ao teu nome. *“Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas. A ele seja a glória para sempre!”* Romanos 11:36. Sem você, meu amado amigo e pai, não teria conseguido chegar até o fim. *“Mas graças a Deus, que nos dá a vitória por meio de nosso Senhor Jesus Cristo.”* 1Coríntios 15:57.

Ao meu amado filho, Thiago, que tão pacientemente entendeu esse momento da minha vida, sem seus beijos e abraços não teria chegado até o fim. Ao meu amado marido Flávio, companheiro leal e amigo, te agradeço por toda paciência e compreensão. Te agradeço por todo apoio ao longo dessa fase.

A minha família tão amada que demandam da minha atenção, mas pacientemente, entendem esse momento. Um especial obrigada ao meu irmão Rodrigo e meu sobrinho João Pedro, os quais foram tão parceiros do meu filho. Quantos finais de semana, meu amado irmão fazia companhia ao meu filho e meu marido para eu ficar em casa estudando ou escrevendo. Minha mãezinha, Creusa, tão querida também sempre apoiando na logística dos finais de semana ou com palavras tão sábias. Ao meu paizinho Rui e meu irmão Ricardo, obrigada pela paciência e parceria. Obrigada a todos vocês familiares pela paciência extra, pois sei que fiquei bem rabugenta, principalmente no final. A querida Selma, avó emprestada do meu filho, muito obrigada por toda a paciência e apoio.

Às minhas amadas avós (Maria e Lucinda) e aos meus amados avôs (Carlos e José) que deixaram um vazio enorme em meu coração, um eterno obrigada por sempre incentivarem meus estudos.

Ao meu orientador, querido Gaya, um agradecimento mais que especial, primeiro, por identificar um tema que englobasse minha especialização (patentes). Segundo pela paciência, pois trabalhando e cuidando de filho, demorei um pouco para entregar os capítulos. Essa demora foi percebida em alguns olhares apreensivos seus, mas sempre com palavras de apoio e palavras de direção para onde caminhar. Obrigada por compartilhar seu conhecimento e orientação. A minha querida co-orientadora Margarida, muito obrigada pelo material enviado e direção inicial, os dois primeiros

capítulos possuem muito do que conversamos. A minha querida co-orientadora Márcia, muito obrigada por me ensinar detalhes da metodologia *roadmapping* assim como construir um *roadmap*, estava precisando muito das dicas preciosas que você me deu para finalizar meu trabalho. Essa junção de conhecimentos de três doutores gerou a dissertação abaixo, por isso sou muito grata ao tempo dispensado comigo.

Aos professores da pós-graduação por todo o conhecimento passado com tanta dedicação, em especial a Dra. Fátima Zotin por transformar transferência de massa em uma matéria mais simples de compreensão.

A Dra. Lia e Daniela, minhas chefes, muito obrigada por me liberarem para as aulas assim como para as reuniões na UERJ. A paciência e o companheirismo de vocês foram fundamentais para finalização dessa caminhada. Um especial obrigada a Camila do RH, que todo mês precisava organizar meu ponto devido às inúmeras saídas para pesquisas e reuniões na UERJ.

Aos amigos da Custódio que compartilharam da minha caminhada, em especial a Rachel Cataldi, Renata Cunha e Ioná Loureiro, quantas vezes pararam para escutar pacientemente minhas lamentações e aflições. A querida Therezinha pelo apoio e atenção. As amigas de propriedade intelectual, principalmente, Flávia Lopes e Tatiana Kraichete, obrigada pela ajuda e compreensão.

Aos amigos que fiz na Pós-Graduação, sem vocês não teria tido a mesma graça, em especial, a querida amiga Joana Polycarpo, seu apoio e estudos compartilhados foram essenciais para conclusão do mestrado. A querida Luana Ventura, muito obrigada pelo apoio ao longo do mestrado e por ter me apresentado ao Gaya. Ao querido Wallace Carvalho por todo apoio e amizade.

E aos amigos que a vida me trouxe, um obrigada a todos vocês pelo apoio, paciência e amizade, vocês também fazem parte dessa caminhada. Um especial obrigada a minha amiga e irmã, Ana Beatriz Bastos, por todo apoio e palavras de incentivo.

Obrigada a todos!

## RESUMO

De Souza, Patrícia Alexandra Félix. *Elaboração do Mapa Tecnológico (Technology Roadmap) para Fertilizantes Nitrogenados Suportados de Liberação Lenta ou Controlada*. 2019 267f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Este estudo teve por objetivo a elaboração de um *roadmap*, uma representação gráfica da rota de evolução tecnológica para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada. O método *technology roadmapping* é uma ferramenta de tomada de decisão usada, principalmente, na indústria para o desenvolvimento de estratégias de planejamento de forma a alinhar mercado, produto e tecnologia em um horizonte temporal definido através do mapeamento das tendências científicas e tecnológicas. De forma geral, o presente estudo justifica-se pela necessidade de identificar, através de uma ferramenta de tomada de decisão, oportunidades de investimento em P&D para os próximos dez anos minimizando os efeitos negativos do aumento do custo dos fertilizantes devido ao aumento da demanda mundial por alimentos. De forma específica e concreta, a presente ferramenta de tomada de decisão viabilizará a priorização das possíveis linhas de pesquisas para implantação de laboratório para desenvolvimento de fertilizante através dos resultados encontrados no *roadmap* para os produtos. O estudo teve como foco os fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta (i) por seu desempenho aprimorado na liberação gradual dos nutrientes no solo ao longo do período vegetativo da planta, com auxílio de matrizes ou revestimentos, bem como (ii) pela redução dos danos ambientais em comparação com os fertilizantes convencionais. O desenvolvimento do *technology roadmapping* foi baseado no mapeamento do estado da técnica e dos principais avanços tecnológicos por meio de prospecção em fontes de informação científica e tecnológica, tais como documentos de patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos. A construção dos *roadmaps*, mostrado na forma gráfica no presente estudo, permitiu identificar, analisar e priorizar as inovações tecnológicas mais importantes do produto estudado em um espaço temporal de curto, médio e longo prazos. Os resultados demonstraram uma busca por matérias-primas menos agressivas ao meio ambiente e uma preocupação dos autores com os altos custos de produção do fertilizante de liberação lenta ou controlada em comparação com os fertilizantes convencionais. Neste sentido, projetos utilizando biopolímeros, sílica, argila e biomassa como matéria-prima para o suporte, são linhas promissoras de pesquisa nessa área. A metodologia desenvolvida neste trabalho poderá ser aplicada em outros setores industriais e instituições, consideradas as adaptações necessárias.

Palavras-chave: *Technology roadmapping*. *Roadmapping*. *Roadmap*. TRM. Planejamento. Fertilizantes.



## ABSTRACT

De Souza, Patrícia Alexandra Félix. *Drawing up of a Technology roadmap (Technology roadmap) for slow or controlled release supported Nitrogenated fertilizers*. 2019 267f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The objective of this study was the drawing up of a *roadmap*, a graphical representation of the technological evolution route for slow or controlled release supported fertilizers. The *technology roadmapping* method is a decision-making tool used mainly in the industry for the development of planning strategies in order to align market, product and technology in a defined time horizon through the mapping of scientific and technological tendencies. In general, the present study is justified by the need to identify, through a decision-making tool, investment opportunities in R&D over the next ten years, minimizing the negative effects of increasing fertilizer costs due to the increase in global demand for food. Specifically and concretely, the present decision-making tool will enable the prioritization of possible research lines for the implementation of a laboratory for fertilizer development through the results found in the roadmap for the products. The study focused on controlled or slow release supported fertilizers (i) for their improved performance in the gradual release of nutrients in the soil throughout the plant's vegetative period, with the aid of matrices or coatings, as well as (ii) for the decrease of the environmental damage compared to conventional fertilizers. The development of *technology roadmapping* was based on the mapping of the state of the art and the main technological advances through prospecting in sources of scientific and technological information, such as granted patent, patent application and scientific article documents. The construction of roadmaps, showed graphically in the present study, allowed to identify, analyze and prioritize the most important technological innovations of the product studied within a short-, medium- and long-term time frame. The results demonstrated a search for less aggressive raw materials to the environment and the concern of the authors with the high production costs of a slow or controlled release fertilizer compared to conventional fertilizers. In this regard, projects using biopolymers, silica, clay and biomass as raw material for the support, are promising lines of research in this area. The methodology developed in this work can be applied to other industrial sectors and institutions, considering the necessary adaptations.

Keywords: Technology roadmapping. Roadmapping. Roadmap, TRM. Planning. Fertilizers.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de fertilizantes por nutrientes no Brasil (milhões de toneladas) .....	31
Figura 2 - Consumo de fertilizantes por nutrientes no Mundo .....	31
Figura 3 - Uso do milho na produção de etanol nos EUA .....	34
Figura 4 - Área agricultável versus previsão de crescimento populacional.....	34
Figura 5 - Relação entre área cultivada e área com potencial para cultivo.....	35
Figura 6- Potencial de terra e água disponível no mundo.....	36
Figura 7 - Consumo de fertilizante por nutriente nitrogênio no Brasil (produção nacional e importação) .....	39
Figura 8 - Síntese da amônia e a rota para a produção de fertilizantes nitrogenados. ....	41
Figura 9 - Distribuição estimada de matéria-prima para a produção de amônia em alguns países selecionados.....	42
Figura 10 - <i>Ranking</i> Mundial de países produtores de amônia.....	43
Figura 11 - Uso agrícola Mundial de Ureia .....	46
Figura 12 - <i>Ranking</i> dos 10 maiores consumidores mundiais de ureia.....	46
Figura 13 - Ciclo de Nitrogênio.....	48
Figura 14 - Vendas de fertilizante por cultura .....	63
Figura 15 - Cenário Brasileiro de Produção de fertilizantes NPK.....	65
Figura 16 - Fertilizantes entregues ao mercado brasileiro.....	66
Figura 17 - Produção Nacional de Fertilizantes Intermediários .....	66
Figura 18 - Importação de Fertilizantes Intermediários.....	67
Figura 19 - Principais Exportações de Fertilizantes e Formulações NPK .....	67
Figura 20 - Principais produtores de fertilizantes nitrogenados do mundo .....	70
Figura 21 - Uso agrícola de nitrogênio N (total) como nutriente mundialmente.....	71
Figura 22 - Uso Agrícola de Nitrogênio N (Total) Compartilhado por Região.....	71
Figura 23 - <i>Ranking</i> dos 10 maiores países consumidores de N (total) como nutriente .....	71
Figura 24 - Uso Agrícola de Fertilizantes NPK.....	72
Figura 25 - Uso Agrícola Mundial – Ureia versus Fertilizantes NPK.....	72
Figura 26 - Comparação relacionada à evolução de consumo aparente de N, P, K e NPK Brasil versus mundo .....	73
Figura 27 – Demonstração do Foco das Abordagens .....	75
Figura 28– Arquitetura comum de um <i>roadmap</i> .....	81
Figura 29 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de Produtos .....	85
Figura 30 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de serviço e capacitação.....	85
Figura 31 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de estratégia .....	86
Figura 32 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de longo prazo.....	86
Figura 33 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de conhecimento .....	87
Figura 34 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de projeto .....	87
Figura 35 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de processos.....	88
Figura 36 - <i>Roadmap</i> conforme Planejamento de integração.....	88

Figura 37 - <i>Roadmap</i> com formato de múltiplas camadas .....	89
Figura 38 - <i>Roadmap</i> com formato de barras .....	89
Figura 39 - <i>Roadmap</i> com formato de tabelas .....	90
Figura 40 - <i>Roadmap</i> com formato de gráficos .....	90
Figura 41 - <i>Roadmap</i> com Formato de figuras .....	91
Figura 42- <i>Roadmap</i> com formato de fluxogramas .....	91
Figura 43 - Estrutura do <i>Roadmap</i> .....	92
Figura 44 - Arquitetura do <i>roadmap</i> utilizando as abordagens <i>market pull</i> e <i>technology push</i> .....	94
Figura 45 - Etapas do <i>roadmapping</i> segundo Phaal .....	96
Figura 46 - Etapas do <i>roadmapping</i> segundo Borschiver e da Silva .....	98
Figura 47 - Análise de <i>Roadmaps</i> por ano.....	104
Figura 48 - Análise de <i>roadmaps</i> por país.....	105
Figura 49 - Análise de <i>Roadmaps</i> por áreas .....	105
Figura 50 - Panorama dos <i>roadmaps</i> encontrados por área a partir de Phaal <i>et al.</i> (2008) .....	106
Figura 51 – Metodologia Adotada na Dissertação .....	112
Figura 52 - Horizonte temporal traçado nessa metodologia .....	114
Figura 53 - Classificação Internacional de Patentes relacionada à Fertilizante Nitrogenado. ....	116
Figura 54 - Análise por nível macro, meso e micro.....	117
Figura 55 - Banco de Dados Americano para Pesquisa de Patentes ou Pedidos de Patente.....	124
Figura 56 - Os 10 maiores países depositantes de pedidos PCT de acordo com dados disponibilizados pelo escritório internacional (OMPI) .....	125
Figura 57 - Patentes de Invenção (PI) vigentes por país do Titular Dados coletados até Dezembro de 2015.....	125
Figura 58 - Quantidade de Patentes por Ano da Concessão (USPTO).....	127
Figura 59 - Quantidade de Patentes por Ano do Depósito (USPTO) .....	128
Figura 60 - Quantidade em Percentual de Patentes por Continente (USPTO) .....	129
Figura 61 - Quantidade em Percentual de Patentes por Países (USPTO).....	129
Figura 62 - Quantidade em Percentual de Patentes por Tipo de Instituição (USPTO).....	130
Figura 63 - Quantidade de Patentes por tipo de Suporte de Fertilizante (USPTO) .....	132
Figura 64 - Quantidade de Patentes com Barreira Física por Ano de Concessão (USPTO).....	133
Figura 65 - Quantidade de Patentes com Matriz por Ano de Concessão (USPTO) .....	133
Figura 66 - Quantidade em Percentual de Patentes com Barreira Física por Tipo de Instituição (USPTO).....	134
Figura 67 - Quantidade em Percentual de Patentes com Matriz por Tipo de Instituição (USPTO) .....	134
Figura 68 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (USPTO).....	136
Figura 69 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação à Matéria-prima Empregada como Suporte (USPTO).....	138
Figura 70 - Análise de produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta e/ou controlada com relação ao arranjo dos polímeros e/ou resinas (USPTO) .....	139

Figura 71 - Análise de produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação ao arranjo da biomassa (USPTO) .....	139
Figura 72 - Análise de tecnologia de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação ao encapsulamento por camadas (USPTO).....	141
Figura 73 - Análise de tecnologia de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta e/ou controlada com relação à forma de inclusão da matéria-prima (USPTO).....	142
Figura 74 - Quantidade de Patentes por ano da Concessão (ESPACENET) .....	144
Figura 75 - Quantidade de Patentes por ano do Depósito (ESPACENET) .....	145
Figura 76 – Quantidade em Percentual de Patentes por Continente (ESPACENET).....	145
Figura 77 - Quantidade Percentual de Patentes por Países (ESPACENET).....	146
Figura 78 - Lista de documentos correspondentes à patente SK 288066 em outros países ou no sistema PCT e EP (ESPACENET) .....	147
Figura 79 - Quantidade em Percentual de Patentes por Tipo de Instituição (ESPACENET) .....	148
Figura 80 - Quantidade de Patentes por Tipo de Suporte de Fertilizante (ESPACENET) .....	150
Figura 81 - Quantidade de Patentes com Barreira Física e Matriz por Ano de Concessão (ESPACENET).....	151
Figura 82 - Quantidade em Percentual de Patentes com Barreira Física por Tipo de Instituição (ESPACENET).....	152
Figura 83 – Quantidade em Percentual de Patentes com Matriz por Tipo de Instituição (ESPACENET).....	152
Figura 84 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada (ESPACENET).....	153
Figura 85 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação à Matéria-prima Empregada como Suporte (ESPACENET).....	155
Figura 86 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros (ESPACENET) .....	156
Figura 87 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (ESPACENET) .....	156
Figura 88- Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (ESPACENET) .....	157
Figura 89 - Quantidade de Pedidos de Patente depositados nos Dez Principais Escritórios .....	161
Figura 90 - Quantidade de Depósito de Pedidos de Patente no INPI .....	162
Figura 91 - Pedidos de Patente por País de Origem de Depositante Não Residente, 2016.....	162
Figura 92 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Depósito (USPTO).....	165
Figura 93 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Publicação (USPTO).....	165
Figura 94 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Continente (USPTO).....	166
Figura 95 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Países (USPTO) .....	166
Figura 96 - Quantidade de Pedidos de Patente por Tipo de Instituição (USPTO).....	167
Figura 97 - Quantidade de Pedidos de Patente por tipo de Suporte de Fertilizante (USPTO).....	169

Figura 98 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Ano de Publicação (USPTO).....	170
Figura 99 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Ano de Depósito (USPTO).....	170
Figura 100 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Empresas (USPTO).....	171
Figura 101 - Análise de Mercado de Fertilizantes Nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (USPTO) .....	172
Figura 102 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação à matéria-prima (USPTO) .....	174
Figura 103 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas (USPTO).....	175
Figura 104 - Análise de Produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (USPTO) .....	175
Figura 105 - Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (USPTO).....	176
Figura 106 - Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Forma de Inclusão da Matéria-prima (USPTO).....	178
Figura 107 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Depósito (ESPACENET).....	180
Figura 108 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano da Publicação (ESPACENET).....	181
Figura 109 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Continente (ESPACENET).....	182
Figura 110 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Países (ESPACENET) .....	183
Figura 111 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Tipo de Instituição (ESPACENET) .....	184
Figura 112 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por tipo de Suporte de Fertilizante (ESPACENET).....	187
Figura 113 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz, Barreira Física e Misto por Ano de Publicação (ESPACENET).....	188
Figura 114 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz, Barreira Física e Misto por Tipo de Instituição (ESPACENET) .....	189
Figura 115 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (ESPACENET) .....	190
Figura 116 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Matéria-prima (ESPACENET) .....	191
Figura 117 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas (ESPACENET).....	193
Figura 118 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Arranjo da Biomassa (ESPACENET) .....	193
Figura 119 - Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Encapsulamento por Camadas (ESPACENET).....	194

Figura 120 - Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Forma de inclusão da Matéria-prima (ESPACENET) .....	195
Figura 121 - Quantidade de Artigos por Ano de Publicação (SCOPUS) .....	199
Figura 122 - Quantidade Percentual de Artigos por Continente (SCOPUS) .....	201
Figura 123 - Quantidade em Percentual de Artigos por Países (SCOPUS) .....	201
Figura 124 – Quantidade em Percentual de Artigos por Tipo de Instituição (SCOPUS) .....	202
Figura 125 - Quantidade em Percentual de Artigos por Tipo de Suporte de Fertilizante (SCOPUS) .....	206
Figura 126 - Quantidade de Artigos com Suporte do tipo Matriz, Barreira Física e Misto por Ano de Publicação (SCOPUS) .....	207
Figura 127 - Quantidade de Artigos por Tipo de Instituição (SCOPUS) .....	208
Figura 128 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (SCOPUS).....	209
Figura 129- Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Matéria-Prima (SCOPUS) .....	212
Figura 130 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas nos Revestimentos (SCOPUS) .....	214
Figura 131 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas nas Matrizes (SCOPUS)..	214
Figura 132 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (SCOPUS) .....	215
Figura 133 - Análise de Tecnologia de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (SCOPUS) .....	216
Figura 134 - <i>Roadmap</i> de curto prazo .....	224
Figura 135 - <i>Roadmap</i> de médio prazo .....	227
Figura 136 - <i>Roadmap</i> de longo prazo .....	230
Figura 137 - <i>Roadmap</i> de Parcerias.....	232
Figura 138– Análise de Mercado.....	233
Figura 139 – Análise de Produto .....	234
Figura 140 – Análise de Tecnologia.....	234

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Consumo de NPK no Brasil (2000-2016).....	32
Tabela 2 - Demanda Mundial para uso de nutriente de fertilizante (milhões de toneladas, 2015-2020)....	33
Tabela 3 - Consumo aparente de fertilizantes.....	68
Tabela 4 - Consumo aparente de matérias-primas.....	69
Tabela 5 - Fases do processo de aplicação do <i>technology roadmapping</i> Segundo Garcia & Bray (1997).	97
Tabela 6 - Ferramentas que podem ser aplicadas para complementar o resultado do <i>Roadmapping</i> .....	100
Tabela 7 - Classificação da pesquisa realizada .....	110
Tabela 8 – Taxonomia adotada na dissertação .....	119
Tabela 9 - Dados relacionados às patentes concedidas entre 2014-2016 e seu <i>backlog</i> (USPTO).....	128
Tabela 10 - Quantidade de Patentes por Empresas (USPTO).....	131
Tabela 11 - Quantidade de Patentes por empresas (ESPACENET) .....	149
Tabela 12 - Quantidade de Pedidos de Patente por Empresas (USPTO).....	168
Tabela 13 - Quantidade de Pedidos de Patente por Empresas (ESPACENET) .....	185
Tabela 14 - Quantidade de Artigos por Universidades (SCOPUS) (continua) .....	203

## ABREVIATURAS

AMA - Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos

ABMRA - Associação Brasileira de Marketing Rural e Agronegócio

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CEPEA- Centro De Estudos Avançados Em Economia Aplicada

CONAB - Companhia Nacional de abastecimento

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CRF – *Control Release Fertilizer*

DAP - Fosfato Diamônio

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA - *United States Environmental Protection Agency*

EPO - *European Patent Office*

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAFEN - Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados

FLC - Fertilizante de Liberação Controlada

FLL - Fertilizante de Liberação Lenta

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFA – *International Fertilizer Industry Association*

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial

IPNI (International Plant Nutrition Institute)

I PNFC A - I Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola

JPO - *Japan Patent Office*

KIPO - *Korean Intellectual Property Office*

MAP - Fosfato Monoamônio

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

NUE – Eficiência do Uso do nutriente

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

OCDE – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OMPI - Organização Mundial da Propriedade Intelectual



ONU – Organização das Nações Unidas

PCT- *Patent Cooperation Treaty*

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.

SIPO - *State Intellectual Property Office of the People's Republic of China*

SRF - *Slow Release Fertilizer*

TRM - *Technology RoadMapping*

USPTO - *United States Patent and Trademark Office*

WIPO - *World Intellectual Property Organization*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>APRESENTAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO</b> .....	21
<b>1 FERTILIZANTES</b> .....	30
1.1 <b>Definição de Fertilizantes</b> .....	30
1.2 <b>Demanda mundial por insumos agrícolas</b> .....	33
1.3 <b>Fertilizantes Nitrogenados</b> .....	38
1.3.1 <b>Panorama</b> .....	38
1.3.2 <b>Amônia</b> .....	40
1.3.3 <b>Ureia</b> .....	44
1.3.4 <b>Uso eficiente do nutriente nitrogênio (NUE)</b> .....	47
1.3.5 <b>Meio ambiente</b> .....	48
1.3.5.1 <b>Lixiviação</b> .....	49
1.3.5.2 <b>Volatilização</b> .....	50
1.3.5.3 <b>Emissão de óxido nitroso</b> .....	50
1.3.6 <b>Considerações relacionadas ao fertilizante nitrogenado</b> .....	51
1.4 <b>Fertilizantes de eficiência aprimorada ou inteligentes</b> .....	51
1.4.1 <b>Inibidores</b> .....	53
1.4.1.1 <b>Inibidores de Nitrificação</b> .....	53
1.4.1.2 <b>Inibidores de Urease</b> .....	53
1.4.2 <b>Fertilizantes de Liberação Lenta ou Controlada</b> .....	53
1.4.3 <b>Mecanismos</b> .....	57
1.4.3.1 <b>Materiais utilizados no revestimento ou encapsulamento</b> .....	58
1.4.3.1.1 <b>Polímeros</b> . .....	58
1.4.3.1.2 <b>Enxofre</b> .....	59
1.4.3.1.3 <b>Biocarvão</b> .. .....	60

1.5	<b>Mercado brasileiro de fertilizantes</b> .....	61
1.5.1	<b>Breve histórico</b> .....	61
1.5.2	<b>Panorama atual</b> .....	62
1.6	<b>Mercado internacional de fertilizantes nitrogenados</b> .....	69
1.7	<b>Considerações finais</b> .....	73
2	<b>INOVAÇÃO, GESTÃO DE INOVAÇÃO, PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E MÉTODO <i>TECNOLOGY ROADMAPPING</i></b> .....	74
2.1	<b>Inovação, gestão de inovação e prospecção tecnológica</b> .....	74
2.2	<b><i>Roadmapping</i> e <i>Roadmap</i>: Conceitos básicos e fundamentais</b> .....	78
2.3	<b>Arquitetura do <i>Roadmap</i></b> .....	81
2.4	<b>Tipos e formatos do <i>Roadmap</i></b> .....	82
2.4.1	<b>Garcia &amp; Bray (1997):</b> .....	82
2.4.2	<b>Garcia &amp; Bray (1997) e Kappel (2001):</b> .....	83
2.4.3	<b>Kappel (2001)</b> .....	83
2.4.4	<b>Albright e Kappel (2003):</b> .....	83
2.4.5	<b>Phaal <i>et al.</i> (2004):</b> .....	84
2.4.5.1	<b><i>Roadmaps</i> baseados nos propósito/motivação:</b> .....	85
2.4.5.2	<b><i>Roadmaps</i> baseados nos formatos:</b> .....	88
2.5	<b>Estrutura do <i>Roadmap</i></b> .....	92
2.6	<b>Processo de aplicação (metodologia adotada por diversos autores) e boas práticas do TRM</b> .....	94
2.6.1	<b>Metodologia adotada no Manual T-plan de Phaal <i>et al.</i> (2001 e 2004)</b> .....	95
2.6.2	<b>Metodologia adotada por Albright e Kappel (2003)</b> .....	96
2.6.3	<b>Metodologia adotada por Garcia e Bray (1997)</b> .....	97
2.6.4	<b>Metodologia adotada por Suzana Borschiver e Andrezza da Silva (2016)</b> ..	98
2.6.5	<b>Boas práticas de TRM</b> .....	98
2.7	<b>Benefícios do TRM</b> .....	100
2.8	<b>Desafios do TRM</b> .....	102

2.8.1	<b>Iniciar o método TRM:</b> .....	102
2.8.2	<b>Desenvolver um método TRM robusto com metodologias de pesquisa apropriada, planos de ação e estratégias bem definidas:</b> .....	103
2.8.3	<b>Implantar o método TRM:</b> .....	103
2.8.4	<b>Manter o método TRM ativo em uma base contínua, entre outros.</b> .....	103
2.9	<b>Evolução do <i>Roadmapping</i></b> .....	103
2.10	<b>Considerações Finais</b> .....	107
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	109
3.1	<b>Caracterização da pesquisa</b> .....	109
3.2	<b>Estratégia adotada para construção do <i>Roadmap</i></b> .....	111
4	<b>Resultados da Fase da Prospecção Tecnológica</b> .....	121
4.1	<b>Curto Prazo – Patentes</b> .....	122
4.1.1	<b>Análise Bibliométrica dos Documentos de Patentes no Banco de dados do USPTO</b> .....	123
4.1.1.1	<b>Análise Macro</b> .....	126
4.1.1.2	<b>Análise Meso</b> .....	132
4.1.1.3	<b>Análise Micro</b> .....	135
4.1.1.3.1	<b>Análise de Mercado</b> .....	135
4.1.1.3.2	<b>Análise de Produto</b> .....	137
4.1.1.3.3	<b>Análise de Tecnologia</b> .....	140
4.1.2	<b>Análise Bibliométrica dos Documentos de Patentes no Banco de Dados Europeu - ESPACENET</b> .....	143
4.1.2.1	<b>Análise Macro</b> .....	143
4.1.2.2	<b>Análise Meso</b> .....	150
4.1.2.3	<b>Análise Micro</b> .....	153
4.1.2.3.1	<b>Análise de Mercado</b> .....	153
4.1.2.3.2	<b>Análise de Produto</b> .....	154
4.1.2.3.3	<b>Análise de Tecnologia</b> .....	157

4.1.3	<b>Considerações Relacionadas ao Perfil Encontrado nas Patentes de ambas as bases de dados (USPTO e ESPACENET)</b> .....	158
4.2	<b>Médio Prazo - Pedidos de Patente</b> .....	160
4.2.1	<b>Análise Bibliométrica dos Documentos de Pedidos de Patente no Banco de Dados do USPTO</b> .....	163
4.2.1.1	<b>Análise Macro</b> .....	164
4.2.1.2	<b>Análise Meso</b> .....	169
4.2.1.3	<b>Análise Micro</b> .....	172
4.2.1.3.1	<b>Análise de Mercado</b> .....	172
4.2.1.3.2	<b>Análise de Produto</b> .....	173
4.2.1.3.3	<b>Análise de Tecnologia</b> .....	176
4.2.2	<b>Análise Bibliométrica dos Documentos de Pedidos de Patente no Banco de Dados Europeu - Espacenet</b> .....	178
4.2.2.1	<b>Análise Macro</b> .....	179
4.2.2.2	<b>Análise Meso</b> .....	186
4.2.2.3	<b>Análise Micro</b> .....	189
4.2.2.3.1	<b>Análise de Mercado</b> .....	189
4.2.2.3.2	<b>Análise de Produto</b> .....	191
4.2.2.3.3	<b>Análise de Tecnologia</b> .....	193
4.2.3	<b>Considerações relacionadas ao perfil encontrado nos pedidos de patente de ambas as bases de dados (USPTO e ESPACENET)</b> .....	195
4.3	<b>Longo Prazo – Artigos Científicos</b> .....	197
4.3.1	<b>Análise Bibliométrica dos Artigos Científicos no Banco de dados SCOPUS</b> .....	198
4.3.1.1	<b>Análise Macro</b> .....	199
4.3.1.2	<b>Análise Meso</b> .....	206
4.3.1.3	<b>Análise Micro</b> .....	208
4.3.1.3.1	<b>Análise de Mercado</b> .....	208

4.3.1.3.2	<b>Análise de Produto</b> .....	212
4.3.1.3.3	<b>Análise de Tecnologia</b> .....	215
4.3.2	Considerações Relacionadas ao Perfil Encontrado nos Artigos Científicos.....	217
5	<b>CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DO ROADMAP</b> .....	219
5.1	<b>Construção do ROADMAP</b> .....	219
5.2	<b>Análise do ROADMAP</b> .....	221
5.2.1	Curto prazo .....	221
5.2.2	Médio prazo .....	225
5.2.3	Longo prazo .....	228
5.2.4	Parcerias.....	231
5.3	<b>Considerações finais</b> .....	233
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	235
	<b>Recomendações</b> .....	237
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	239

## INTRODUÇÃO

### APRESENTAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

A discussão relacionada à necessidade de aumentar a produção de alimentos para atender à demanda crescente da população mundial é um tema de repercussão das últimas décadas. Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento<sup>1</sup>, essa temática teve destaque no capítulo 14 da agenda 21<sup>2</sup>, *in verbis*:

*“No ano 2025, 83 por cento da população mundial prevista, de 8,5 bilhões de habitantes, estarão vivendo nos países em desenvolvimento. Não obstante, permanece incerta a capacidade de que os recursos e tecnologias disponíveis satisfaçam às exigências de alimentos e outros produtos agrícolas dessa população em crescimento. A agricultura vê-se diante da necessidade de fazer frente a esse desafio, principalmente aumentando a produção das terras atualmente exploradas e evitando a exaustão ainda maior de terras que só marginalmente são apropriadas para o cultivo.”*  
(Ênfase da autora da dissertação)

A literatura pertinente ao abastecimento de alimentos, crescimento populacional e meio ambiente, evidencia a crescente necessidade do aumento da produção agrícola de forma sustentável devido ao crescimento populacional mundial. Diante deste contexto, a eficiência do uso e da produção de fertilizantes é uma condição necessária para obtenção de um maior rendimento agrícola através da melhoria das características dos solos (Isherwood, 2000; ANDA, 2017).

Diante desse cenário, destaca-se o importante papel do Brasil por possuir enorme potencial para aumentar sua produção agrícola através de sua produtividade ou expansão da área agrícola plantada. Com um clima diversificado, chuvas regulares, energia solar abundante e com reservatórios suficientes e disponíveis de água doce para a agricultura, o Brasil tem milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e de alta produtividade para obtenção do desenvolvimento sustentável<sup>3</sup> (Castro e Guedes, 2010).

---

<sup>1</sup> A Organização das Nações Unidas – ONU realizou, no Rio de Janeiro, em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD). A CNUMAD é mais conhecida como Rio 92, referência à cidade que a abrigou, e também como “Cúpula da Terra” por ter mediado acordos entre os Chefes de Estado presentes (MMA, 2017).

<sup>2</sup> Documento que serviu como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas conciliando os métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (MMA, 2017).

<sup>3</sup> Como sustentável entende-se a utilização de fertilizantes para manutenção da fertilidade do solo.

De fato, o agronegócio<sup>4</sup> brasileiro tem grande potencial em termos de solo, clima e recursos naturais a fim de garantir o crescimento sustentável do setor. Aliado a esses fatores territoriais, o investimento em tecnologia, responsável pelo aumento da produtividade, tem sido um dos agentes propulsores do crescimento dos saldos da balança comercial do agronegócio por proporcionar competitividade ao setor (De Menezes e Pinheiro, 2005).

Ao longo das duas últimas décadas, o agronegócio brasileiro tem impactado de forma positiva a economia brasileira. De acordo com dados disponibilizados pelo CEPEA (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA), de 2000 a 2017, o saldo comercial<sup>5</sup> do agronegócio brasileiro, apresentou crescimento surpreendente de 447% (CEPEA, 2017).

De acordo com levantamento da CNA (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL), em meio a uma retração da economia, em 2016, o agronegócio representou 48% das exportações totais brasileiras e a participação no PIB (Produto Interno Bruto<sup>6</sup>) do agronegócio brasileiro demonstrou crescimento acumulado de 4,48%, representando um aumento de 21,5% para 23% (CNA, 2016 A, B, C).

Em 2017, a participação do agronegócio nas exportações totais do país foi de 44% e ficou um pouco abaixo da participação de 2016 (CEPEA, 2017). O agronegócio foi responsável por 23,5% do PIB do Brasil em 2017, sendo a maior participação em 13 anos, de acordo com levantamento da CNA.

Até o terceiro trimestre (janeiro a setembro) de 2018, o volume exportado cresceu pouco mais de 1% frente ao mesmo período de 2017 (CEPEA, 2018). De acordo com o IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), o PIB total brasileiro cresceu 0,8% no terceiro trimestre em relação ao segundo trimestre de 2018. Na comparação com o terceiro trimestre de 2017, o PIB cresceu 1,3% no terceiro trimestre deste ano (IBGE, 2018).

Como grande produtor agrícola, o Brasil depende imensamente da utilização de fertilizantes de forma a obter uma maior produtividade, sem aumentar as terras

---

<sup>4</sup> No Brasil, o agronegócio contempla o pequeno, o médio e o grande produtor rural e reúne atividades de fornecimento de bens e serviços à agricultura, produção agropecuária, processamento, transformação e distribuição de produtos de origem agropecuária até o consumidor final (MAPA, 2017).

<sup>5</sup> Saldo comercial = receitas das exportações menos gastos com importações em dólares (CEPEA, 2017).

<sup>6</sup> No Brasil, O PIB relacionado ao agronegócio mede a geração de riquezas em todas as cadeias do setor agropecuário, desde a produção de insumos até as indústrias de alimentos, passando pela produção nas fazendas (CNA, 2017).



cultivadas<sup>7</sup>. No entanto, a produção nacional só atinge, em média, 30% de seu consumo total, estando o Brasil sujeito às importações<sup>8</sup> para suprir sua necessidade. Desta forma, embora o Brasil seja o quarto maior consumidor mundial desse produto, ainda apresenta uma grande dependência das importações de matéria-prima e fertilizantes<sup>9</sup> (Saab e De Almeida, 2008; FIESP, 2012).

Face ao exposto acima, tem-se que o uso eficiente dos fertilizantes promove o aumento da produtividade agrícola, protegendo e preservando milhares de hectares de área de cultivo, sendo ferramenta indispensável na luta mundial contra a fome e a subnutrição. Por sua vez, o uso ineficiente dos fertilizantes aumenta o impacto negativo sobre o meio ambiente, o desperdício dos recursos naturais e a perda econômica decorrente deste.

Os fertilizantes são compostos minerais ou orgânicos fornecedores de um ou mais nutrientes vegetais visando suprir as deficiências do solo no fornecimento de nutrientes essenciais para o metabolismo das plantas. No geral, os fertilizantes são aplicados ao solo de forma manual ou mecanizada com o intuito de aumentar a produção agrícola. Desta forma, o fertilizante desempenha um importante papel na produção agrícola por proporcionar maior produtividade, assim, garantindo uma produção eficiente por hectare com o mínimo de perda de nutrientes, agregando valor ao produto agrícola (Lapido Loureiro *et al.*, 2009).

Nas práticas agrícolas eficientes, o agricultor deve escolher a quantidade exata de fertilizantes e o momento certo para aplicação deste com intuito de fornecer de forma eficiente os nutrientes essenciais para as plantas. No entanto, ocorre que para aumentar sua produtividade, o agricultor nem sempre recorre à fertilização do solo e à nutrição correta das plantas resultando nos manejo e controle insuficientes dos nutrientes (FAO<sup>10</sup>, 2002; ANDA, 2017).

A aplicação de doses excessivas de fertilizantes acarreta em elevadas perdas ambientais e econômicas assim como constitui sério risco à saúde. A dissolução deste produto no solo é mais rápida do que sua absorção pelas plantas, tornando a eficiência

---

<sup>7</sup> Vale notar que a disponibilidade de terras cultivadas fica menor com o aumento populacional. Dessa forma, faz-se necessário o aumento da produtividade no mesmo espaço cultivado.

<sup>8</sup> Em média 70% das matérias-primas são importadas. Sendo o enxofre praticamente 100% importado. O enxofre produzido pela Petrobrás destina-se, usualmente, à indústria química, de cosméticos e de papel e celulose (Saab e Almeida, 2008). A alíquota de PIS e COFINS na importação de fertilizantes é zero (Lei No. 10.925/2004) e as importações não são tributadas em ICMS (Súmula No. 575 do STF).

<sup>9</sup> O produtor nacional importa minérios, matérias-primas intermediárias, fertilizantes simples e complexos (NPK) (Saab e Almeida, 2008).

<sup>10</sup> FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

do uso do nutriente (NUE<sup>11</sup>) relativamente baixa, especialmente, N e P (Shaviv, 2000, 2005; Trenkel, 2010).

A indústria de fertilizantes busca continuamente aprimorar o uso e a produção dos nutrientes das culturas agrícolas de forma eficiente e responsável através de estudos com o intuito de aumentar a produtividade agrícola sustentável, através do correção do solo, e preservação do meio ambiente evitando, assim, a poluição de solos, águas de superfície e subterrânea. Nesse cenário, surgem os fertilizantes de eficiência aprimorada com o objetivo de liberar os nutrientes de forma mais eficiente e de minimizar os impactos ambientais adversos (Trenkel, 2010).

Neste grupo de fertilizantes de eficiência aprimorada encontram-se os fertilizantes de liberação lenta (SRF ou FLL) ou controlada (CRF ou FLC)<sup>12</sup> e os fertilizantes estabilizados<sup>13</sup>, os quais liberam os nutrientes de acordo com a necessidade das plantas com uma única aplicação por serem materiais menos solúveis em água e mais ricos em nitrogênio<sup>14</sup>, reduzindo as perdas por lixiviação, imobilização e volatilização. Isto é feito ou através do aprimoramento dos fertilizantes convencionais ou através de novos tipos de fertilizantes específicos.

Como uma visão geral, para Trenkel (2010), os FLL e FLC são fertilizantes com a liberação de nutrientes ocorrendo ao longo de vários meses, já os fertilizantes estabilizados são fertilizantes associados com inibidores de nitrificação ou urease, atrasando ou a reação de nitrificação da amônia ou a hidrólise enzimática da ureia, respectivamente (Trenkel, 2010).

Os fertilizantes de eficiência aprimorada (Blaylock, 2007; Valderrama e Buzetti, 2017) ou fertilizantes inteligentes (Trenkel, 2010) contribuem para o aperfeiçoamento de NUE, uma vez que combinam doses equilibradas de nutrientes com a demanda da planta, mantendo a disponibilidade dos nutrientes durante todo o ciclo da cultura agrícola. Desta forma, esses produtos minimizam as perdas ambientais, econômicas e os danos à saúde dos animais e seres humanos.

---

<sup>11</sup> NUE – Nutrient Use Efficiency (Shaviv, 2000) – quantidade de nutrientes absorvidos do solo pelas plantas dentro de certo período de tempo comparada com a quantidade de nutrientes disponíveis do solo ou aplicados durante o mesmo período de tempo.

<sup>12</sup> SRF – Slow Release Fertilizer e CRF - Controlled Release Fertilizer (Trenkel, 2010).

<sup>13</sup> FLL ou FLC serão definidos em maiores detalhes no capítulo de fertilizantes (Capítulo 1).

<sup>14</sup> Os fertilizantes devem oferecer às plantas micronutrientes e macronutrientes. Os micronutrientes são aqueles necessários em menor quantidade, e os macronutrientes são aqueles necessários em maior quantidade. Os macronutrientes mais importantes são o nitrogênio (N), Fósforo (P) e potássio (K). Entre os macronutrientes, o nitrogênio é o elemento mais exigido pela planta (Trenkel, 2010).

Neste sentido, Shaviv (2000, 2005) divulga os danos e perdas associadas à saúde e ao meio ambiente derivadas da lixiviação de nitrogênio, volatilização da amônia e emissões de óxido nitroso. Ao meio ambiente, a redução da volatilização da amônia reduziria a formação de chuva ácida, a qual causa danos à vegetação e acidificação de rios e lagos, induzindo, assim, a toxicidade de alumínio em peixes e plantas. A agência de proteção ao meio ambiente americana (EPA<sup>15</sup>, 2018) destaca os efeitos negativos à saúde humana do gás tóxico N<sub>2</sub>O, uma vez que este é um gás irritante para os pulmões e diminui a resistência às infecções respiratórias. Como consequência, todos esses efeitos adversos impactam diretamente em perdas econômicas.

Quando comparados aos fertilizantes convencionais, os fertilizantes de eficiência aprimorada são mais vantajosos por eliminar os parcelamentos das aplicações, reduzir a mão-de-obra, minimizar a compactação de solo<sup>16</sup>, evitar danos à cultura, diminuir a contaminação dos mananciais de água, reduzir custos operacionais, entre outros (Trenkel, 2010).

A eficiência aprimorada desses fertilizantes é de extrema importância quando se considera que, no Brasil, os fertilizantes totalizam de 25% a 40% do custo variável dos principais sistemas agrícolas de produção, sendo a perda desses fertilizantes um dos agentes propulsores dessa variável (Silva, 2017). Portanto, a indústria nessa área ciente da importância de evitar perdas de insumo, busca fertilizantes que tragam benefícios ao agricultor, de forma, que este considere seu produto.

Como uma leitura da problemática levantada, tem-se que a indústria química é um instrumento fundamental para o desenvolvimento e crescimento do país, contribuindo para as conquistas, desafios e competitividade na globalização. Portanto, sendo uma fonte de contribuição na agregação de valor à economia brasileira. Neste sentido, o crescimento da economia demanda um enorme esforço do progresso da indústria química através do aumento em investimentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) como fonte de inovação (Wongtschowski, 2012; Muniz, 2000).

Dentro do contexto atual de um mundo globalizado, a proliferação ilimitada de novas tecnologias resultando em curtos ciclos de vida de produtos nasce da competição acirrada entre as empresas no intuito de oferecer produtos mais diversificados e inovadores. Neste sentido, a informação competitiva se constitui em uma ferramenta

---

<sup>15</sup> *United States Environmental Protection Agency - EPA.*

<sup>16</sup> *Processo de aumento da densidade do solo, onde ocorre aumento da resistência do solo, redução da porosidade, redução da permeabilidade e redução da disponibilidade de nutrientes e água (Machado, 2003).*

fundamental e valiosa em uma era digital por auxiliar na utilização do conhecimento de forma sistematizada e direcionada (Tavares *et al.*, 2015).

O principal desafio da gestão de informação é conectar o planejamento tecnológico com o planejamento de negócio. Uma das ferramentas desenvolvidas para abordar essa problemática é *Technology Roadmapping* (TRM), que integra e comunica as estratégias de desenvolvimento de mercado, produto e tecnologia com a meta de negócio em um horizonte temporal, em que os procedimentos de planejamento dependem da expertise técnica de especialistas da área (Groenveld (1997); Albright & Kappel, 2003).

No atual cenário econômico brasileiro, é primordial identificar linhas de pesquisas em áreas de interesse do pesquisador ou inventor nacional evitando, assim, desperdícios de tempo e capital. Neste intuito, o presente estudo justifica-se pela necessidade de identificar, através de uma ferramenta de tomada de decisão, oportunidades de investimento em P&D para os próximos dez anos minimizando os efeitos negativos do aumento do custo dos fertilizantes, devido ao aumento da demanda mundial por alimentos.

O estudo terá como foco os fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta por seu desempenho aprimorado na eficiência de uso do nutriente assim como redução dos danos ambientais em comparação com os fertilizantes convencionais, principalmente, em consequência da redução do número de intervenções na plantação, ou seja, aplicações adicionais de cargas de fertilizantes.

O presente trabalho propõe e descreve a elaboração de *Technology Roadmap* (ou simplesmente, *roadmap*), uma representação gráfica da rota de evolução tecnológica para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada, o qual conecta mercado, produto e tecnologia em um espaço temporal predefinido. Na estruturação do referido *roadmap*, foram utilizadas metodologias bem conhecidas na literatura, a saber: aplicação segundo Garcia e Bray (1997 A e B) e aplicação segundo Borschiver e Da Silva (2016). Dentre as metodologias existentes, essas metodologias foram escolhidas por serem de simples compreensão uma vez que contam com um roteiro detalhado.

A relevância da dissertação está na metodologia proposta para construção do *technology roadmap* a partir do mapeamento do estado da técnica/arte e dos principais avanços tecnológicos do mercado de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta de modo a identificar oportunidades de investimento em P&D. Este

estudo tem como foco a realização do *roadmapping* orientado pela tecnologia, por avaliar as tendências ao longo de um tempo definido demonstrando a dinâmica do setor por meio de prospecção em fontes de informação científica e tecnológica, tais como documentos de patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos.

Ademais, o desconhecimento da existência de um método *technology roadmapping* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta assim como a escassez de referências teóricas nacionais tratando desta ferramenta de decisão legitimam a relevância desta pesquisa voltada à inovação e desenvolvimento tecnológico de novos produtos na área de fertilizantes.

## **Objetivos do estudo**

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos que conduziram a realização da Dissertação.

### **Geral**

Estudo de prospecção tecnológica sobre fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta através da ferramenta de tomada de decisão *technology roadmapping* (TRM) de modo a compreender o estado da técnica/arte do setor ao longo do tempo.

## Específicos

A elaboração de uma metodologia utilizando a ferramenta *technology roadmapping* adaptada para mapear o direcionamento do avanço tecnológico de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta no setor agrícola envolveu os seguintes objetivos específicos:

- I. Identificar, analisar e priorizar os dados tecnológicos coletados mais importantes no setor de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada, ao longo de um horizonte temporal de dez anos, a partir do levantamento de documentos de patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos;
- II. Elaborar e analisar um *Technology roadmap* a fim de identificar as tendências tecnológicas dos produtos com as necessidades do mercado; e
- III. Identificar as possíveis linhas de pesquisas para recomendação de novos projetos.

## Estrutura do estudo

A fim de atingir os objetivos estabelecidos, este estudo encontra-se organizado em seis capítulos:

No primeiro capítulo aborda-se o estado da técnica/arte referente aos fertilizantes de eficiência aprimorada focando os fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta retratando, assim, um panorama geral do produto, tecnologia e mercado existentes encontrados na revisão bibliográfica.

No segundo capítulo apresenta-se a ferramenta de tomada de decisão *technology roadmapping* (TRM) através de sua definição, tipos, formatos, arquitetura, processos de operacionalização e adaptação do método propostos na literatura, benefício e vantagens do método, exemplos de aplicação e sucesso do método.

No terceiro capítulo detalham-se os procedimentos metodológicos utilizados através da caracterização da pesquisa, sua estratégia e metodologia do tratamento da informação tecnológica.

No quarto capítulo são mostrados e analisados os resultados obtidos a partir da prospecção tecnológica realizada através de documentos de patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos, respectivamente, referentes ao desenvolvimento tecnológico que fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta podem alcançar nos próximos dez anos.

No quinto capítulo consolidam-se os resultados obtidos nos capítulos anteriores nos *roadmaps* dos produtos através da construção, análise e comparação destes de acordo com a metodologia definida no capítulo 3.

No sexto capítulo apresentam-se as conclusões gerais e as limitações do presente estudo, assim como propostas para continuidade dessa pesquisa tecnológica.

## 1 FERTILIZANTES

### 1.1 Definição de Fertilizantes

Os fertilizantes são materiais orgânicos ou inorgânicos, de origem natural ou sintética, que são adicionados ao solo para fornecer um ou mais nutrientes necessários para a nutrição das plantas (definição adotada pela autora<sup>17</sup>). Os fertilizantes têm sido usados para fornecer nutrientes aos solos, seja por corrigir deficiências naturais ou por suplementar nutrientes essenciais presentes em baixa quantidade.

Os fertilizantes podem apresentar-se em formas variadas, tais como: granulados, pastilhas ou em pó, líquidos, semissólidos, e até na forma gasosa, sendo a forma granulada mais comum uma vez que é benéfica do ponto de vista da capacidade de armazenamento e de disseminação. Essa variação de formas possibilita a absorção de nutrientes pela planta através das raízes ou da folhagem da planta (Trenkel, 2010).

Os fertilizantes minerais, em geral, podem ser diretamente extraídos da natureza ou produzidos como subprodutos da extração de elementos minerais, como o gás natural e o petróleo. Os nutrientes essenciais para a planta são absorvidos em quantidades específicas e podem ser divididos em macronutrientes e micronutrientes (primários e secundários). Dentre os elementos do grupo de macronutrientes, três precisam ser aplicados em grandes quantidades: N, P, K, sendo estes conhecidos como macronutrientes primários (Malavolta, 2006). Os outros elementos dos macronutrientes (K, Ca, Mg (metais) e N, P e S (não metais)), assim, como os elementos dos micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Co e Ni (metais) e B, Cl e Se (não metais)), também são essenciais para o crescimento das plantas. A deficiência de qualquer desses nutrientes compromete o desenvolvimento das plantas, uma vez que cada um deles possui uma variedade de funções essenciais para a planta (Trenkel, 2010).

O consumo de fertilizantes está intimamente ligado à atividade agrícola em cada país, ou seja, quanto maior a produção agrícola de um país, maior sua dependência por

---

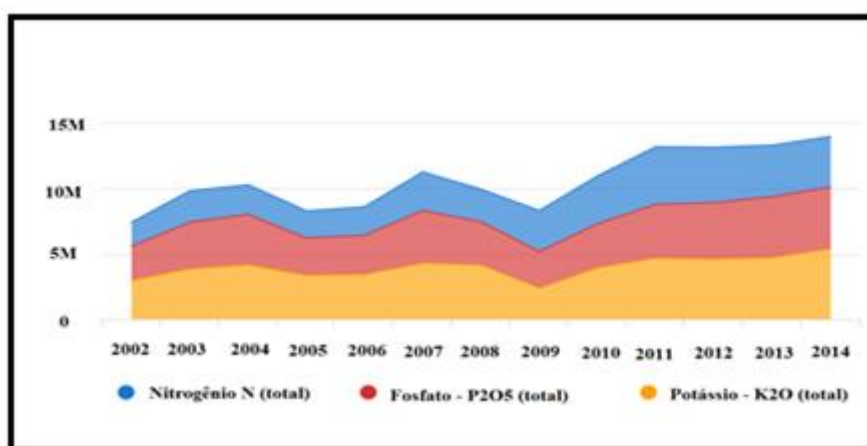
<sup>17</sup> A interpretação foi baseada em duas definições: (i) fertilizante é a substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas (decreto 86.955/82) e (ii) um fertilizante é qualquer substância que é adicionada ao solo para fornecer aqueles elementos que são requeridos para a nutrição de plantas, extraído de FAO (2002) -Texto original em inglês: a fertilizer is any substance that is added to the soil to supply those elements which are required for the nutrition of plants.



fertilizantes para garantir nutrientes, manutenção da fertilidade do solo e, conseqüente, produtividade. Como grande produtor de *commodities*, o Brasil tem forte dependência de fertilizantes para suprir a demanda de produção (Rodrigues *et al.*, 2015).

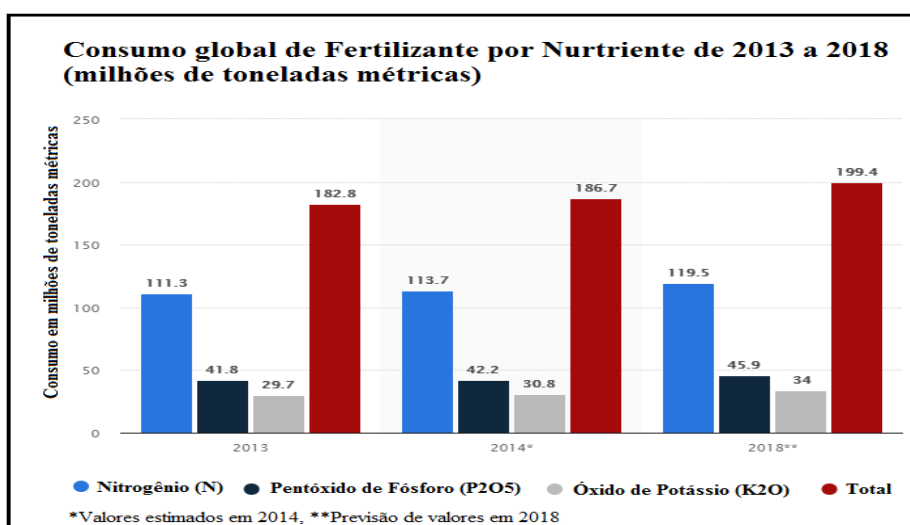
O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, principalmente, dos três principais nutrientes (formulações NPK), representando quase 6% do consumo mundial de fertilizantes, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos (Da Costa e Silva, 2012). As Figuras 1 e 2 ilustram a distribuição do consumo por macronutrientes primários no Brasil e no mundo, respectivamente.

Figura 1 - Consumo de fertilizantes por nutrientes no Brasil (milhões de toneladas)



Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2018).

Figura 2 - Consumo de fertilizantes por nutrientes no Mundo



Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2018).

A Tabela 1 ilustrando o consumo de NPK no Brasil nas últimas décadas mostra a variação do consumo do fertilizante contendo os nutrientes NPK misturados. Nos últimos anos (2010-2016) há um aumento crescente do consumo, com exceção do ano de 2015 que teve um pequeno decréscimo com relação ao ano anterior.

Tabela 1. Consumo de NPK no Brasil (2000-2016)

Produto Consumido no Brasil – N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	
Ano	Consumo (Mil toneladas de nutrientes)
2000	7301,8
2001	7089,7
2002	7550,7
2003	10141,0
2004	10654,8
2005	8719,9
2006	8906,1
2007	10585,0
2008	9387,0
2009	9045,0
2010	10133,0
2011	11656,5
2012	12604,4
2013	13433,6
2014	14019,0
2015	13095,7
2016	15068,0

Fonte: Elaboração própria da tabela baseada nos dados apresentados no website da IFA (Disponível em: <https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition>, 2018).

Uma projeção apresentada no relatório disponível da FAO (2017A) demonstra uma expectativa de aumento da demanda mundial de uso de nutriente, conforme ilustrado na Tabela 2:

Tabela 2 - Demanda Mundial para uso de nutriente de fertilizante (milhões de toneladas, 2015-2020)

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nitrogênio (N)	110.027	111.575	113.607	115.376	117.116	118.763
Fosfato (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	41.151	41.945	43.195	44.120	45.013	45.858
Potássio (K <sub>2</sub> O)	32.838	33.149	34.048	34.894	35.978	37.042
Total da combinação dos 3 nutrientes	184.017	186.668	190.850	194.390	198.107	201.663

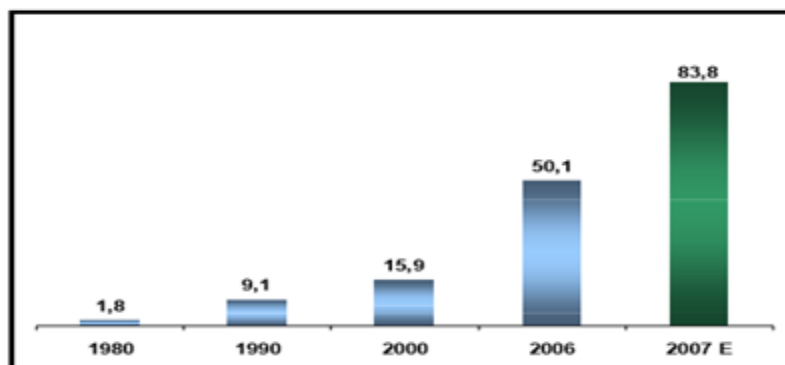
Fonte: Elaboração própria da tabela baseada nos dados apresentados no relatório da FAO (2017A).

## 1.2 Demanda mundial por insumos agrícolas

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (doravante, FAO), a humanidade terá cerca de 9 bilhões de habitantes até o ano de 2050, demandando, assim, um aumento da produção de alimentos. Concomitante ao aumento populacional mundial, o aumento da renda em mercados emergentes e sua consequente mudança nos hábitos alimentares das populações, a urbanização e sua diversificação alimentar, o crescimento do interesse por biocombustíveis e fontes renováveis, a redução de terras cultivadas<sup>18</sup>, entre outros aspectos impactam na crescente necessidade do aumento da produção agrícola (FAO, 2014, 2015, 2016, 2017 A, B, C e D). Neste sentido, a Figura 3 ilustra o crescimento do uso de milho na produção de etanol nos EUA a fim de exemplificar o aumento na utilização de culturas vegetais na fabricação de biocombustíveis.

<sup>18</sup> Com o aumento populacional tem-se a redução da disponibilidade de terras cultiváveis. Consequentemente, existe uma necessidade do aperfeiçoamento do uso dos recursos disponíveis para a agricultura.

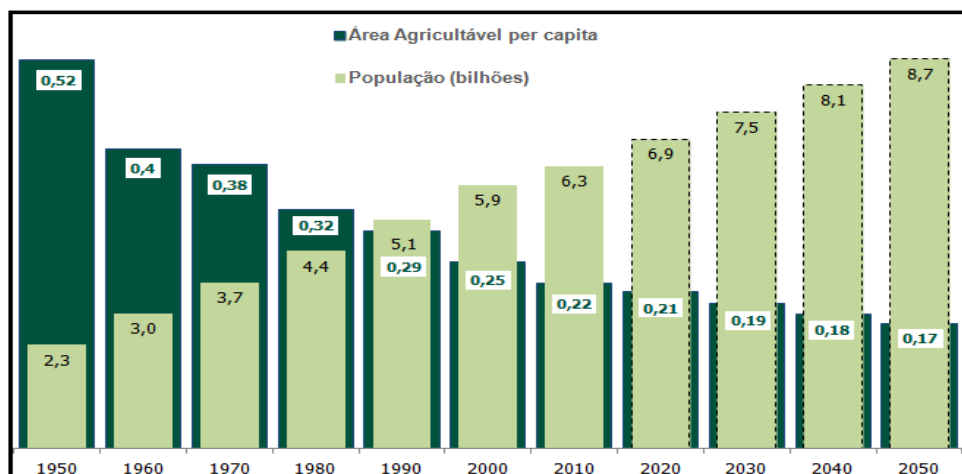
Figura 3 - Uso do milho na produção de etanol nos EUA (milhões de t)



Fonte: MBAgro (2007), encontrado no site da Associação Brasileira de Marketing Rural e Agronegócio – ABMRA.

Numa perspectiva mais ampla, a demanda pelo aumento da produção de alimentos nas terras atualmente exploradas esbarra na limitação evidente da quantidade de terra disponível para cultivo, assim como na disponibilidade limitada de água e em uma crescente pressão ambiental. Desta forma, a otimização da capacidade de produção das terras agricultáveis é uma variável essencial para o equacionamento dessa demanda. Em outras palavras, neste cenário, o aumento sustentável da produção e produtividade agrícola é uma opção muito mais viável e realista do que a expansão de áreas disponíveis para agricultura (FAO, 2014, 2015, 2016, 2017A, B e C). A Figura 4 exhibe esse cenário conflitante entre área disponível para cultivo e crescimento populacional, onde existe uma projeção decrescente de área agricultável para 2050.

Figura 4 - Área agricultável versus previsão de crescimento populacional

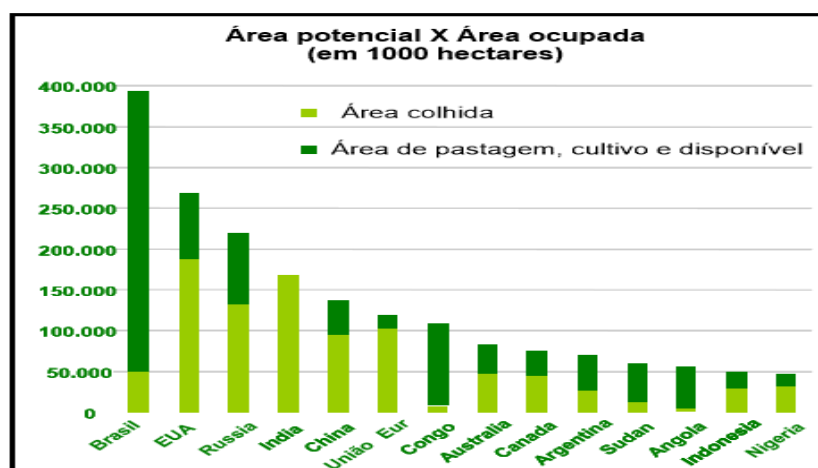


Fonte: site da SLC agrícola (2018).

No entanto, o Brasil é apontado como uma exceção nessa conjuntura adversa. De acordo com o Relatório de Perspectivas Agrícolas 2017-2026 (OECD/FAO, 2017), elaborado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (doravante, OCDE) e pela FAO, na última década, o Brasil teve um aumento de 10 milhões de hectares de terras cultivadas. O mesmo relatório ainda prevê um papel estratégico para o Brasil no cenário global de suprimento de alimentos, uma vez que entende que o país seguirá caminhando na contramão mundial registrando aumento em suas terras cultiváveis, dessa forma, possibilitando elevar a produção agrícola.

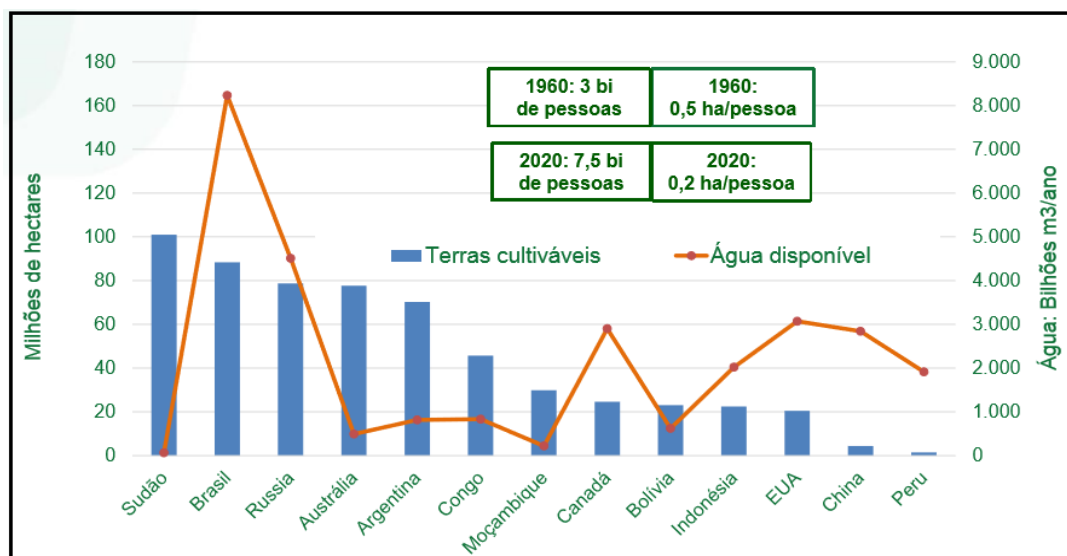
Segundo dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2018), as maiores áreas cultivadas estão na Índia (179,8 milhões de hectares), nos Estados Unidos (167,8 milhões de hectares), na China (165,2 milhões de hectares) e na Rússia (155,8 milhões de hectares) totalizando 36% da área cultivada do planeta, o Brasil (cerca de 64 milhões de hectares) segue ocupando o 5º lugar nesta lista seleta de países com potencial para produção agrícola. A Figura 5 mostra a relação entre área cultivada e área com potencial para cultivo de alguns países selecionados, expondo, assim, a extensão de área com potencial para cultivo de cada um desses países. A Figura 6 também exhibe o potencial de cultivo brasileiro ao ilustrar os recursos naturais abundantes pertencentes ao país. Neste sentido, destaca-se que o Brasil poderá desempenhar um papel importante no futuro, uma vez que esses recursos naturais abundantes no país serão cada vez mais demandados, pois com o aumento populacional automaticamente será necessário mais comida, mais energia e mais água.

Figura 5 - Relação entre área cultivada e área com potencial para cultivo



Fonte: OECD/FAO (2017) – Relatório de Perspectivas Agrícolas 2017-2026.

Figura 6- Potencial de terra e água disponível no mundo



Fonte: Fischer e Shah (2010).

O Brasil foi apontado pelo relatório da FAO (Relatório de Perspectivas Agrícolas 2017-2026) como o segundo<sup>19</sup> maior fornecedor mundial de alimento e produtos agrícolas, mas com total capacidade de tornar-se o maior fornecedor a fim de satisfazer a demanda mundial. O relatório da FAO aponta, ainda, no capítulo 2, características que favorecem a agricultura brasileira como pode ser notada na tradução literal do texto<sup>20</sup>:

*O clima variado do Brasil leva a uma agricultura diversificada de produtos de clima temperado e tropical. As regiões Sul e Centro-Oeste do país têm maior pluviosidade, melhores solos e infraestrutura mais desenvolvida. Fazendas nessas regiões usam insumos comprados mais intensivamente e estão equipadas com tecnologias superiores. O Brasil Central contém substancial áreas de pastagens degradadas com potencial para produção de*

<sup>19</sup> EUA sendo o maior fornecedor mundial de alimento e produtos agrícolas.

<sup>20</sup> Texto original em inglês do relatório: "Brazil's varied climate leads to diversified agriculture of both temperate and tropical products. The South and Centre-West regions of the country have higher rainfall, better soils and more developed infrastructure. Farms in these regions use purchased inputs more intensively and are equipped with higher technologies. Central Brazil contains substantial areas of degraded grassland with potential for crop production. Most of Brazil's grains, oilseeds and other export crops are produced in the South and Centre-West regions, although soybean production is increasing in the MaToPiBa region, containing the states of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia. The North-East and the Amazon basin area lack well distributed rainfall and good soils, while infrastructure and capital markets remain less developed than in the South and Centre-West regions. Livestock production is an important economic activity in the Centre-West and Amazon regions where production and exports of tropical horticultural products have also increased."

*culturas. A maioria dos grãos do Brasil, oleaginosas e outras culturas de exportação são produzidas nas regiões Sul e Centro-Oeste, embora a produção de soja esteja aumentando na região de MaToPiBa, contendo os estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O Nordeste e a bacia amazônica carecem de distribuição distribuída chuvas e bons solos, enquanto os mercados de infraestrutura e de capital permanecem menos desenvolvido do que nas regiões Sul e Centro-Oeste. A produção de gado é uma importante atividade econômica nas regiões Centro-Oeste e Amazônia, onde a produção e exportação de produtos da horticultura tropicais também aumentaram. (Tradução livre da autora)*

As melhorias contínuas na produtividade, a conversão de áreas de pastagens em terra de cultivo e uma produção pecuária mais intensiva foram aspectos salientados como uns dos atores que desempenham um importante papel no aumento da capacidade de abastecimento brasileiro (Relatório de Perspectivas Agrícolas 2017-2026, FAO).

Segundo dados disponíveis pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2017) e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2018), o Brasil teve um crescente desempenho na produção de grãos nas últimas décadas tanto pela otimização da produtividade quanto pelo aumento em sua área plantada.

Levando em consideração as informações expostas acima, tem-se que, numa visão mais ampla, o cenário mundial tende para a indisponibilidade das áreas de cultivo, tornando-se cada vez mais insuficientes com o crescente aumento populacional. Em consequência, existe uma necessidade de otimizar o uso dos recursos disponíveis para a agricultura a fim de aumentar a produtividade das plantações.

Neste sentido, o êxito do desenvolvimento agrícola depende diretamente da eficiência do uso e da produção de fertilizantes por proteger e preservar milhares de hectares de área de cultivo melhorando as características dos solos. A aplicação eficiente dos fertilizantes é um fator primordial para alcançar a produtividade desejada. Por sua vez, o uso ineficiente dos fertilizantes aumenta o impacto negativo sobre o meio ambiente, o desperdício dos recursos naturais e a perda econômica decorrente deste (Trenkel, 2010).

O aumento da produtividade implica em maior consumo de fertilizantes, sendo estes produtos aplicados ao solo com a finalidade de fornecer os nutrientes necessários para seu desenvolvimento às plantas. Em consequência, a utilização de fertilizantes torna possível uma maior rentabilidade no cultivo, pois garante uma melhor produção

por hectare com redução de perdas (Inácio, 2013 *apud* Heringer, 2011). Estima-se que entre 30% e 50% de todo o rendimento agrícola seja atribuído aos benefícios fornecidos pelos fertilizantes (Patente americana US 9,012,363, 2013).

Cabe ainda ressaltar que a utilização de algumas técnicas apropriadas de cultivo e manejo, como a utilização de agricultura de precisão, rotação de culturas, correção de acidez do solo, manejo integrado de pragas e uso de defensivos agrícolas também auxiliam no aumento da produtividade. Na última década, a nova tendência para elevação da produtividade na agricultura está relacionada às pesquisas direcionadas às sementes geneticamente modificadas (Da Costa e Silva, 2012).

### 1.3 Fertilizantes Nitrogenados

#### 1.3.1 Panorama

Os fertilizantes são divididos em nitrogenados, fosfatados ou potássicos de acordo com a quantidade de nutrientes usados na mistura (geralmente, NPK). Os fertilizantes nitrogenados são, particularmente, importantes, pois o nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos quantitativamente para o desenvolvimento e o crescimento da maioria das plantas (Trenkel, 2010).

O nitrogênio que desempenha um importante papel na manutenção do crescimento da planta, ainda, é componente presente em aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, fito-hormônios, entre outros (Hawkesford *et al.*, 2012). Na agricultura, sua importância também está no fato de que o nitrogênio é matéria-prima básica na fabricação de fertilizantes nitrogenados, como amônia e ureia (Park, 2001). Cerca de 99% do abastecimento do nitrogênio é proveniente da amônia (Isherwood, 2000). Ureia, amônia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, entre outros, são as fontes de nitrogênio mais utilizadas como fertilizantes nitrogenados (Giracca e Nunes, 2016).

As características mais comuns dos fertilizantes nitrogenados são: aumentam a acidez do solo; possuem um índice salino relativamente elevado; apresentam alta solubilidade em água; são isentos de macronutrientes secundários; e possuem baixa retenção nos solos (Giracca e Nunes, 2016).



Embora ainda crescente a demanda mundial de fertilizantes nitrogenados, como demonstrado na Tabela 2, estes possuem algumas desvantagens: impacto negativo ao meio ambiente, como a volatilização de  $\text{NH}_3$ , lixiviação de nitratos, contribuição no desequilíbrio do efeito estufa devido ao aumento na emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  e aumento de emissão de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) provenientes das matérias-primas de origem fóssil usada na produção de nitrogenados, como gás natural e o carvão mineral (Shaviv, 2000); custos elevados na produção, armazenamento e aplicação; e responsável por cerca de 94% do consumo de energia de toda produção de fertilizantes (IFA, 2013).

Dados do IPNI demonstram o aumento expressivo, nas últimas décadas, no consumo de nitrogênio no Brasil, como pode ser observado na Figura 7. Entre as culturas que possuem elevada demanda de fertilizantes nitrogenados, destacam-se o milho (Frazão *et al.*, 2014) e o café (Guerreiro Filho *et al.*, 2014).

Figura 7 - Consumo de fertilizante por nutriente nitrogênio no Brasil (produção nacional e importação)



Fonte: IPNI (<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>), 2017.

No entanto, tal aumento no consumo não é acompanhado pelo aumento da produção nacional de fertilizantes nitrogenados, pelo contrário. As empresas produtoras de fertilizantes nitrogenados, no geral, estão localizadas próximas aos polos petroquímicos. Esse tópico será tratado mais detalhadamente no item 1.5 relacionado ao mercado brasileiro.

A ureia e a amônia são substâncias, contendo nitrogênio, largamente empregadas na indústria de fertilizantes assim como são importantes matérias-primas básicas na produção de diferentes compostos químicos, como será demonstrado nos próximos tópicos.

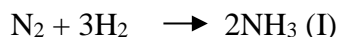
### 1.3.2 Amônia

Inicialmente, convém destacar algumas características e propriedades notórias da amônia, sendo elas: (i) apresenta-se na forma gasosa, em condições normais de temperatura e pressão, e na forma líquida, quando submetida à pressão elevada ou baixa temperatura; (ii) considerada um produto tóxico, corrosivo e nocivo ao meio ambiente; e (iii) possui uma concentração de nitrogênio de 82,2% (dados retirados do site da PETROBRAS, 2018).

As matérias-primas básicas para fertilizantes nitrogenados são: gás natural e petróleo, sendo a amônia uma matéria-prima intermediária para fertilizantes nitrogenados, tais como MAP, DAP, sulfato de amônio, nitrato de amônia e ureia (dados retirados do site da PETROBRAS, 2018). Portanto, a amônia por ser uma substância química precursora de uma variedade de diferentes produtos contendo nitrogênio desempenha um importante papel na indústria de fertilizantes.

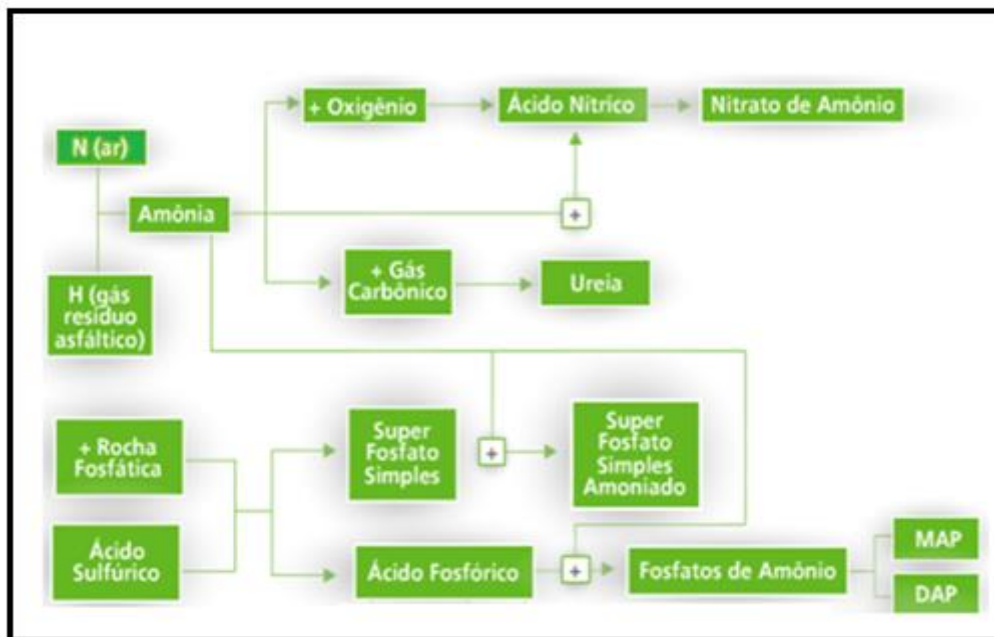
A amônia é fabricada através da reação do nitrogênio, disponível no ar, com o hidrogênio através da reforma a vapor de hidrocarbonetos. No geral, o gás natural, o gás gerado a partir da gaseificação de carvão, o gás de refinaria, o óleo pesado, a nafta e o coque são as fontes mais utilizadas como matérias-primas na síntese da amônia (MEESSEN, 2011).

A Equação I abaixo ilustra a reação de síntese da amônia, também denominada síntese de Haber-Bosh.



A Figura 8 mostra um esquema simplificado para a produção de alguns fertilizantes nitrogenados a partir da síntese da amônia.

Figura 8 - Síntese da amônia e a rota para a produção de fertilizantes nitrogenados.



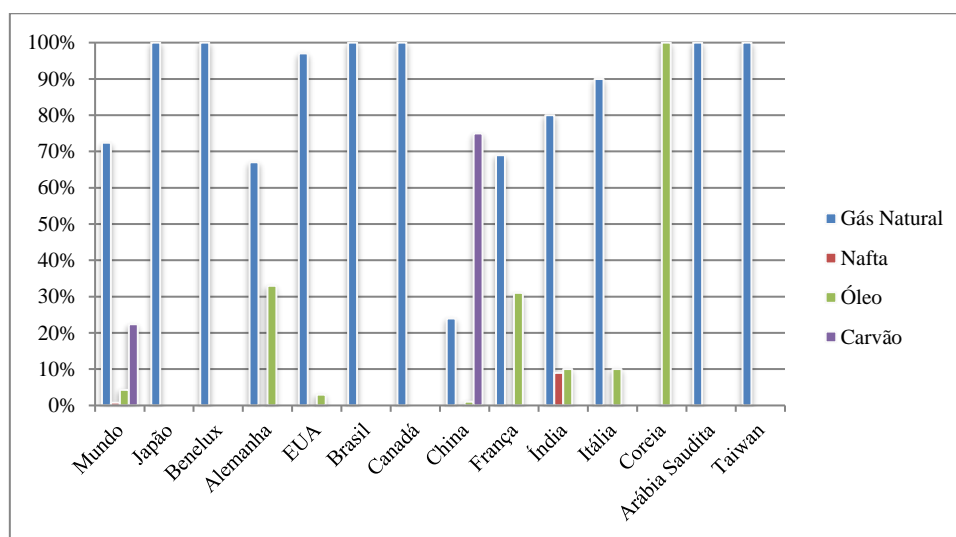
Fonte: Lapido Loureiro e Neto *apud* Fosfertil, 2009.

Da amônia produzida, cerca de 80% é direcionada para produção de fertilizantes para serem aplicados nas culturas agrícolas (IFA, 2013). A amônia pode ser aplicada diretamente como fertilizante ou pode ser matéria-prima intermediária para outros fertilizantes nitrogenados. No solo, a amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) é rapidamente convertida em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) através do processo de nitrificação. O nitrato é extremamente vulnerável a lixiviação no solo e a amônia, a volatilização (Trenkel, 2010). De acordo com estudos levantados em Cantarella *et al.* (2008), as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia podem chegar a valores de aproximadamente 60%, sendo a volatilização a maior via de perda de nitrogênio (N) pela agricultura (Shaviv, 2001), como será aprofundado no item relacionado ao meio ambiente mais abaixo.

A amônia pode ainda ser empregada como matéria-prima básica na fabricação de diferentes compostos químicos, tais como, plásticos, explosivos, matéria-prima para petroquímicos (ácido nítrico, acrilonitrila, entre outros), aminas, amidas, entre outros. Os principais produtos provenientes da síntese da amônia são ureia, ácido nítrico e cianeto de sódio (Institute for Industrial Productivity, 2018). Portanto, as principais aplicações da amônia estão ligadas às indústrias de fertilizante, farmacêutica, têxtil e refrigeração industrial (dados retirados do site da PETROBRAS, 2018).

No Brasil, a única fonte de hidrogênio é o gás natural, o qual possui um valor menos competitivo quando comparado ao restante do mundo. Na China, por exemplo, utiliza-se o gás gerado a partir da gaseificação de carvão como principal fonte de hidrogênio (Da Costa e Silva, 2012), considerada uma base de produção “suja”. A Figura 9 ilustra a distribuição estimada das principais matérias-primas para a produção de amônia em alguns países selecionados (Da Costa e Silva, 2012).

Figura 9 - Distribuição estimada de matéria-prima para a produção de amônia em alguns países selecionados



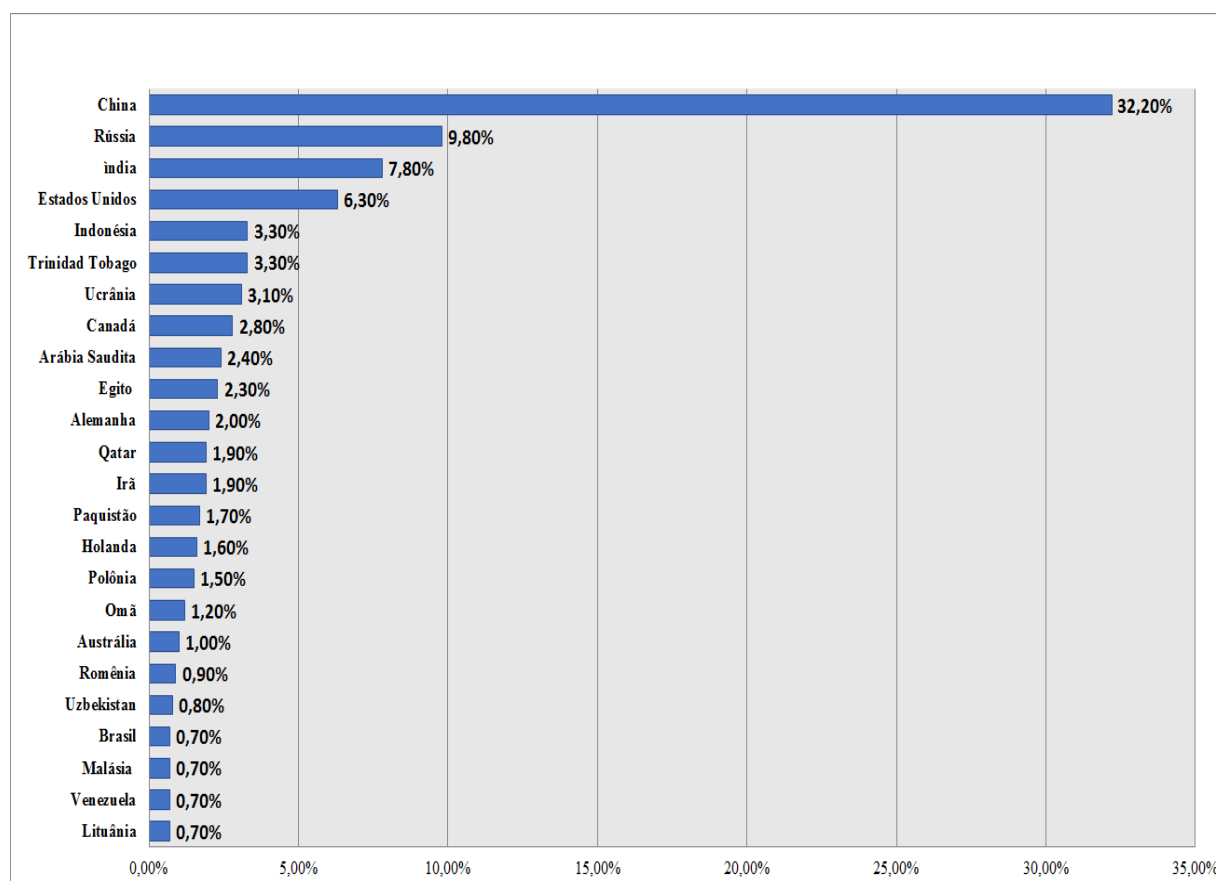
Fonte: Gráfico baseado nos dados encontrados no site do Institute for Industrial Productivity (<http://ietd.iipnetwork.org/content/ammonia#key-data>, 2018)

Como pode ser observado na Figura 9, Japão, Benelux (bloco econômico: Bélgica, Luxemburgo e Holanda), Brasil, Canadá, Arábia Saudita e Taiwan utilizam 100% de gás natural como matéria-prima na produção da amônia. Embora use o gás

natural como sua maior fonte de matéria-prima na produção da amônia, Alemanha, EUA, Índia, França e Itália também fazem uso de óleo e nafta, essa última usada apenas pela Índia. Na contramão desses países, a China utiliza o carvão como sua maior fonte de matéria-prima para síntese da amônia, embora também utilize outras fontes, tal como, por exemplo, o gás natural.

De acordo com o anuário da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2012), China, Rússia, Índia e EUA, respectivamente, são os maiores produtores de amônia para ser usada na produção de fertilizantes nitrogenados, como pode ser observado na Figura 10 relacionada ao *ranking* de países produtores de amônia.

Figura 10 - *Ranking* Mundial de países produtores de amônia



Fonte: Gráfico baseado no Anuário ANDA (2012).

Como pode ser observado na Figura 10, a participação brasileira na parcela de produção de amônia mundial não alcança 1%. O Brasil divide posições com Malásia, Venezuela e Lituânia, países que não possuem o potencial agrícola brasileiro.

### 1.3.3 Ureia

De acordo com dados disponíveis da PETROBRAS (2018), a ureia fertilizante é um produto solúvel em água contendo uma concentração em torno de 46% em peso de nitrogênio e está presente, predominantemente, na forma sólida perolada (menor) e na forma sólida granulada<sup>21</sup> (maior).

Entre algumas características vantajosas desse fertilizante destacam-se: menor custo de unidade de nitrogênio (Cantarella, 2007), fertilizante nitrogenado com menor grau acidificante, maior concentração de nitrogênio, possibilitando redução dos custos de adubação, transporte, armazenamento e aplicação, muito eficiente na aplicação via irrigação, inclusive por aspersão, grande eficiência em aplicações foliares (dados retirados do site da PETROBRAS, 2018). Por estes benefícios, a ureia, cuja fórmula química é  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ , é o fertilizante nitrogenado mais comercializado no mundo (IFA, 2013), representando 57,6% do consumo mundial de fertilizantes nitrogenados em 2014 (IFA, 2017 A, B, C).

De acordo com Costa *et al.* (2013), a ureia é o fertilizante mais utilizado mundialmente devido a algumas de suas características importantes, tais como elevado teor de nutriente (46,6% em peso de nitrogênio), baixo custo de produção, boa solubilidade em água, propriedades não corrosivas e facilmente misturada a outros componentes.

Adicionalmente, ressalta-se que ureia é o fertilizante nitrogenado menos oneroso por compreender um teor de nitrogênio mais alto do que os outros fertilizantes nitrogenados, proporcionando, assim, um menor preço por tonelada de nitrogênio (N). Conseqüentemente, a ureia apresenta menor custo de transporte e armazenamento por unidade de N contido (Blaylock, 2007).

---

<sup>21</sup> A ureia granulada possui maior granulometria e maior resistência dos grãos (Franco e Saraiva Neto, 2007).

Como desvantagens, destacam-se as exigências excessivas de energia provenientes das plantas industriais que produzem fertilizantes à base de ureia (IFA, 2013); o impacto negativo ao meio ambiente através das emissões de  $\text{NH}_3$  e  $\text{N}_2\text{O}$  (Shaviv, 2001); e a absorção de N nas plantações a partir da ureia é frequentemente muito baixa, na faixa de 30-50%, devido às perdas de N via volatilização  $\text{NH}_3$ , lixiviação  $\text{NO}_3^-$  e emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  dependendo do solo, clima, entre outros fatores (Swantomo *et al.*, 2014).

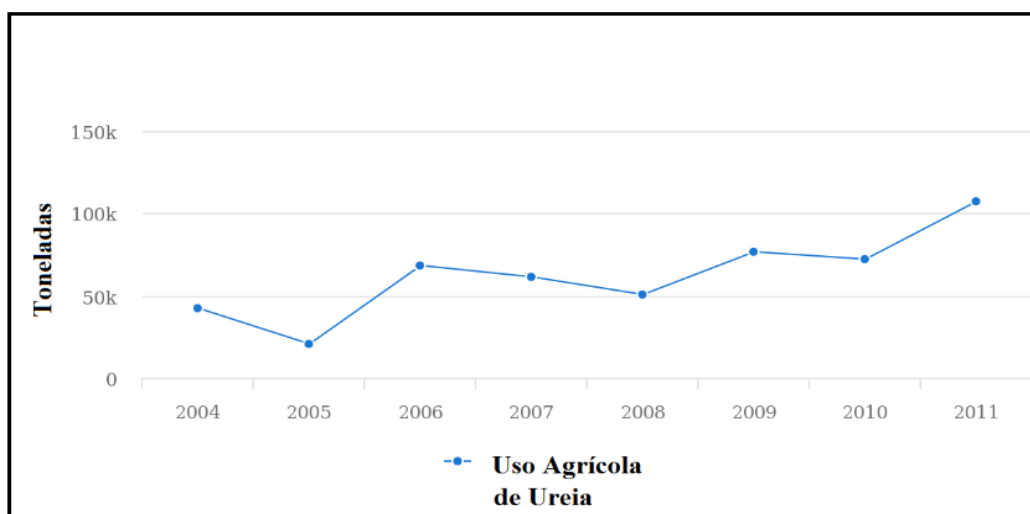
Ainda, cabe ressaltar que a aplicação de ureia diretamente sobre a superfície dos solos pode resultar em perdas mais substanciais de nitrogênio por volatilização, lixiviação e desnitrificação, fazendo com que o aproveitamento e a recuperação deste nutriente sejam insuficientes para o desenvolvimento das plantas, principalmente, por volatilização, pois diminuem a chance de  $\text{NH}_3$  ser retido no solo.

Segundo Cantarella *et al.* (2007), a forma de aplicação da ureia influencia tanto na eficiência do uso do nitrogênio pelo milho quanto na perda desse nutriente por volatilização. Quando lançada no solo, a ureia apresenta pior desempenho. O autor ainda ressalta que solos cobertos de resíduos de culturas aumentam a chance de perdas de  $\text{NH}_3$  devido a maior presença de urease. Sangoi, *et al.* (2003) também relatam que a aplicação superficial de ureia em solos arenosos e argilosos aumentam a perda de nitrogênio por volatilização quando comparado aos incorporados no solo.

Sintetizada a partir da amônia e do gás carbônico, sob condição de temperatura e pressão elevadas, cerca de 90% da produção mundial de ureia é usada em fertilizantes (IFA, 2013). A ureia, ainda, é uma matéria-prima importante na indústria farmacêutica e química (produção de plásticos, resinas e colas). Na indústria alimentícia atua como um importante produto para alimentação de animais ruminantes (Pereira *et al.*, 2008).

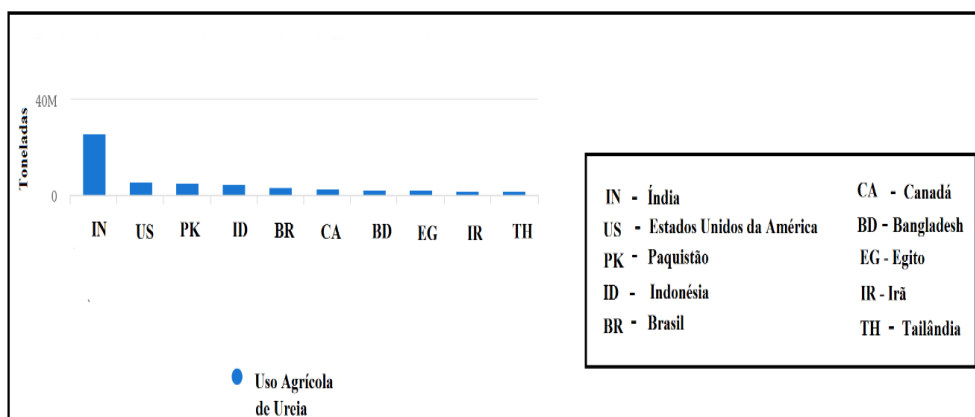
No Brasil, a ureia é o fertilizante nitrogenado mais usado, principalmente, devido ao seu baixo custo unitário de nitrogênio (Civardi *et al.*, 2011), alta solubilidade e maior concentração de nitrogênio (Rojas *et al.*, 2012). As empresas brasileiras de maior destaque na produção da ureia são a Petrobrás e a Vale Fertilizantes (Anuário Anda, 2013). A Figura 11 demonstra o aumento de consumo mundial de ureia ao longo dos anos (FAO, 2017A).

Figura 11 - Uso agrícola Mundial de Ureia



Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2018).

De acordo com os dados encontrados na website da FAO (2018), Índia, EUA, Paquistão, Indonésia e Brasil, respectivamente, são os maiores consumidores de ureia, como pode ser observado na Figura 12 relacionada ao *ranking* de países consumidores de ureia.

Figura 12 - *Ranking* dos 10 maiores consumidores mundiais de ureia

Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2018).



Nos próximos tópicos serão abordados às questões relacionadas ao uso de eficiência de nitrogênio (tanto amônia quanto ureia) e questões relacionadas ao meio ambiente devido à perda de nitrogênio.

#### 1.3.4 Uso eficiente do nutriente nitrogênio (NUE)

No geral, as plantas absorvem o nitrogênio em suas formas iônicas, ou seja, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) através das raízes por intermédio do solo (Trenkel, 2010), no geral, 5% do total de N total no solo (FAO, 2006). O íon amônio possui a desvantagem de ficar retido nos constituintes do solo, gerando, assim, uma disputa entre a planta e o solo, o que não ocorre com o nitrato. Portanto, quando na forma de íon amônio, apenas certa quantidade de N é absorvida pela planta para seu desenvolvimento. Embora o íon nitrato não seja absorvido pelas partículas do solo, ele está vulnerável a lixiviação no solo por estar livre (não retido nos constituintes do solo) (Amberger, 1986).

De acordo com Trenkel (2010), a definição de eficiência do uso de nutrientes (termo em inglês Nutrient Use Efficiency – NUE) é “*a quantidade de nutrientes absorvidos por intermédio do solo pela planta e plantações dentro de um determinado período de tempo em comparação com a quantidade de nutrientes disponíveis no solo ou aplicado durante o mesmo período de tempo* (tradução livre da autora da definição encontrada no livro)”. O equilíbrio ideal é a disposição do nutriente para absorção da planta tanto em curto como longo períodos.

Aspectos como espécies cultivadas, fatores climáticos, quantidade de nitrogênio presente no solo, entre outros, afetam diretamente na eficiência no uso do nitrogênio na planta (Cantarella *et al.*, 2007).

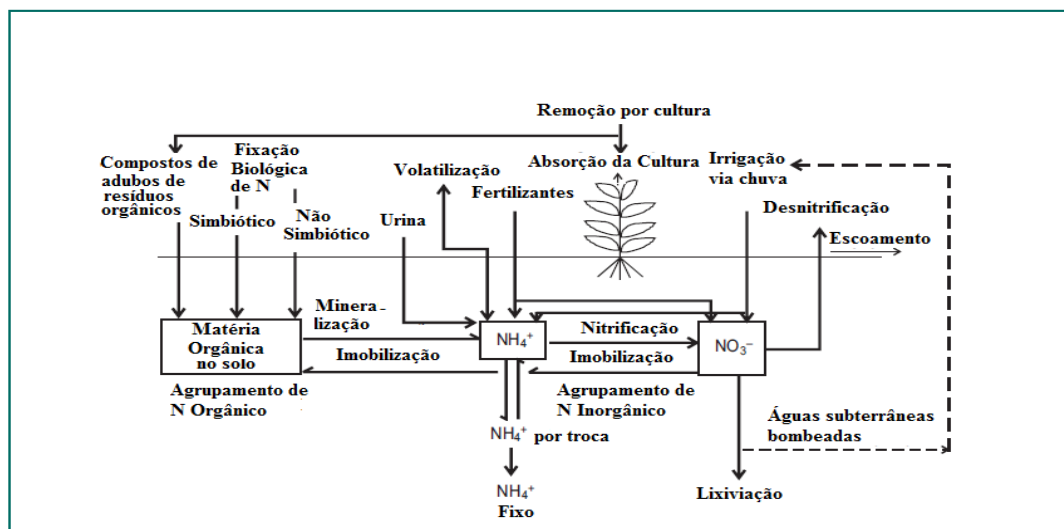
Como será apresentado no próximo tópico, o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados pode gerar diversos impactos negativos ao meio ambiente por meio dos processos de lixiviação do nitrato, volatilização da amônia, desnitrificação e erosão do solo (Shaviv, 2000; Civardi, 2011).

Outro problema decorrente da aplicação de doses excessivas de nitrogênio é o alto custo gerado para a produção do plantio. Em função disso, é essencial que a adubação nitrogenada seja eficiente.

### 1.3.5 Meio ambiente

A dinâmica de nitrogênio no solo é extremamente complexa, como pode ser observada na Figura 13 relacionada ao ciclo de nitrogênio.

Figura 13 - Ciclo de Nitrogênio



Fonte: FAO (2006).

O ciclo de nitrogênio é uma sequência de reações de oxirredução intermediada por micro-organismos buscando energia. As plantas são decompostas por organismos presentes no solo, os quais transformam nitrogênio orgânico em inorgânico (processo de mineralização), mais precisamente em amônio, o qual pode ser transformado em nitrato através do processo de nitrificação. As duas formas inorgânicas podem ser absorvidas pelas plantas ou podem ser lixiviadas (nitrato) ou volatilizadas (amônia) (Carvalho e Zabet, 2012).

A Figura 13 ilustra o trajeto, pelo qual podem ocorrer as perdas de nutrientes, os quais não foram absorvidos pela planta permanecendo, assim, no solo/solução do solo. Os nutrientes excedentes podem sofrer três tipos de reação, sendo elas: físicas (como escoamento, volatilização ou lixiviação), microbianas (como nitrificação, desnitrificação ou imobilização), e químicas (como hidrólise, troca iônica ou fixação).

Neste sentido, com relação à ureia e seu comportamento no solo/solução do solo, destaca-se que quando aplicada ao solo, esta é rapidamente hidrolisada (hidrólise enzimática) em íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). O íon amônio pode ser absorvido diretamente pelas raízes das plantas ou convertido através do processo de nitrificação em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), e este também pode ser absorvido pelas raízes. Se a ureia for deixada na superfície do solo pode ser imobilizada pela microflora do solo ou pode ser perdida facilmente por volatilização, podendo esta retornar ao solo através da chuva. O pH, umidade elevada do solo e temperatura são algumas das condições favoráveis à hidrólise enzimática por urease (Cantarella *et al.*, 2007). O nitrato, por sua vez, pode ser lixiviado ou desnitrificado, sob condições anaeróbicas, retornando a forma gasosa. O nitrato localizado em águas subterrâneas pode ser recuperado por bombeamento para irrigação. Os próximos tópicos tratam de outros aspectos relacionados à lixiviação, volatilização e emissão de óxido nitroso, importantes processos relacionados ao meio ambiente (Carvalho e Zobot, 2012).

#### 1.3.5.1 Lixiviação

A nitrificação, além de acidificar o solo, tende a aumentar o processo de lixiviação devido à retenção do íon amônio nas cargas negativas presentes no solo, enquanto o  $\text{NO}_3^-$  permanece na solução do solo. O nitrato por não ser retido nos constituintes do solo é mais vulnerável ao processo de lixiviação, principalmente, em regiões com altas precipitações pluviométricas e solos arenosos (Mantovani *et al.*, 2007).

Devido às elevadas quantidades geradas de nitrato, frações substanciais de nitrogênio podem ser lixiviadas ou removidas a partir da zona de raízes para água superficial ou subterrânea. Portanto, parte dos nutrientes dos fertilizantes nitrogenados não absorvidos pelas plantas contaminam as águas subterrâneas ou superficiais por lixiviação levando à eutrofização<sup>22</sup> e, conseqüentemente, gerando grande risco ao ecossistema. Os efeitos adversos ocasionados pelo excesso de formação de nitrato

---

<sup>22</sup> A Eutrofização consiste no enriquecimento por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, em um ecossistema aquático levando ao aumento da produtividade e, conseqüentemente, a alteração em todo referido ecossistema. Entre os principais impactos causados pelo aumento da produtividade está o aumento da contaminação dos corpos hídricos por toxinas produzidas por algas. (Wiegand, 2016).

precisam ser contidos através de sistemas de monitoramento de nutrientes (Shaviv, 2000; Entry e Sojka, 2008).

#### 1.3.5.2 Volatilização

De acordo com Cantarella *et al.* (2007), as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  em solos dependem do pH. Em solos ácidos, há predominância da espécie química  $\text{NH}_4^+$ , enquanto em solos alcalinos, o nitrogênio amoniacal derivado dos fertilizantes nitrogenados está sujeito à volatilização de  $\text{NH}_3$ . De acordo com os autores Dias e Fernandes (2006), os solos brasileiros são extremamente ácidos, o que dificulta a absorção dos nutrientes.

Outras condições do solo favoráveis à volatilização de  $\text{NH}_3$  são: capacidade reduzida de troca de íons, altas temperaturas, baixa umidade do solo, doses elevadas de nitrogênio aplicadas ao solo entre outras (Andrade *et al.*, 2012).

De acordo com Shaviv (2000),  $\text{NH}_3$  pode ser convertido em ácido nítrico que juntamente com ácido sulfúrico, proveniente da indústria, formam a chuva ácida.

A perda de nitrogênio por volatilização da amônia ainda é considerada um dos maiores problemas no sistema agrícola mundial, causando baixa eficiência de uso do nutriente, problemas de saúde e ambientais na água, ar e solos, assim como emissão direta e indireta de óxido nitroso. Estima-se que cerca de 40% do nitrogênio aplicado seja perdido por emissão de  $\text{NH}_3$  (Pan *et al.*, 2016 e Andrade *et al.*, 2010). Neste sentido, destaca-se que a ureia, por exemplo, ao perder o N para o ar através da volatilização, reduz a eficiência de uso do nutriente.

#### 1.3.5.3 Emissão de óxido nitroso

As emissões de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dos solos são provenientes, principalmente, da desnitrificação do nitrato através de um processo microbiano gerando, assim, os gases NO,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{N}_2$ , os quais são comumente perdidos para a atmosfera. No entanto,

uma pequena fração de amônia também é convertida em NO e N<sub>2</sub>O no processo de nitrificação (Shaviv, 2000).

De acordo com o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA (UNEP, 2013) referente ao óxido nitroso, este é o terceiro gás antropogênico que mais contribui para o aquecimento global, e o gás com maior efeito na degradação da camada de ozônio. Dentre os setores que mais emitem o óxido nitroso, a agricultura é o maior responsável pela emissão anual com cerca de 66% da emissão total, contabilizando a emissão direta de N<sub>2</sub>O proveniente da aplicação de fertilizantes assim como as emissões diretas e indiretas a partir do processo de produção de fertilizantes sintéticos, de esterco animal, animais criados em pastos, lixiviação e manejo de esterco.

Segundo dados disponíveis da FAO (2017B), em 2011, quarenta e cinco por cento das emissões de gases com efeito estufa relacionadas com a produção agrícola ocorreram na Ásia, Américas, África, Europa e Oceania, respectivamente.

### 1.3.6 Considerações relacionadas ao fertilizante nitrogenado

Para diminuir perdas de nutrientes e, conseqüente, aumento da eficiência no uso destes, melhorar a qualidade dos fertilizantes aumentando a absorção de nutrientes dentro de um determinado período de tempo e proteger o meio ambiente e seu ecossistema, nas últimas décadas na área de fertilizantes, surgiram novos produtos no mercado assim como novas pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que fornecem nutrientes de forma lenta ou controlada no solo (Trenkel, 2010).

De uma forma mais generalizada, nas últimas décadas, ocorreu o aparecimento dos produtos genericamente denominados de fertilizantes de eficiência aprimorada (Blaylock, 2007) ou fertilizantes inteligentes (Trenkel, 2010), os quais serão descritos detalhadamente abaixo.

## 1.4 **Fertilizantes de eficiência aprimorada ou inteligentes**

Um aumento da produtividade agrícola é proporcionalmente exigido com o crescimento acelerado da população mundial, o qual é normalmente alcançado através da adição de fertilizantes, considerado produto essencial para a produção de culturas sustentáveis. A maioria dos fertilizantes sólidos consiste em compostos orgânicos e inorgânicos com elevada solubilidade, a qual reduz a eficiência desses compostos que são perdidos pela chuva ou água de irrigação muito rapidamente. Portanto, o fertilizante é dissolvido no solo muito mais rapidamente do que as plantas podem absorvê-lo, e o consequente escoamento resulta na perda de fertilizantes e na contaminação do meio ambiente (Trenkel, 2010).

O controle insuficiente da aplicação de nutrientes e abastecimento de água representam sérias preocupações em relação ao meio ambiente, saúde, aspectos de conservação de energia e perdas econômicas. Para minimizar essas perdas, algumas técnicas são aplicadas, tais como boa prática de manuseio, uso eficiente de água, modificação genética e tecnologias como de fertilizantes de eficiência aprimorada ou inteligentes, os quais, idealmente, devem possuir as seguintes características: (1) aplicação única deve suprir nutriente suficiente ao longo do período vegetativo da planta para satisfazer a demanda da planta; (2) maior retorno econômico possível para custear os investimentos; e (3) minimização dos efeitos adversos no meio ambiente (Trenkel, 2010).

Portanto, a fim de melhorar a eficiência dos fertilizantes e reduzir a perda dos nutrientes que fornecem, a indústria de fertilizante focou sua atenção em fertilizantes de eficiência aprimorada ou inteligentes possuindo diferentes modos de ação, sendo os mais importantes: fertilizantes de liberação lenta (FLL) ou controlada (FLC), fertilizantes com inibidores de nitrificação e urease, os quais tentam minimizar essa diferença entre perda e absorção, como poderá ser notado abaixo.

Neste sentido, o pedido de patente americano US 2016340265 revela que diferentes abordagens foram propostas para reduzir a perda de nitrogênio, entre elas o encapsulamento do fertilizante retardando a liberação de fertilizante, de modo que as plantas teriam mais tempo para assimilação dos nutrientes; e a utilização de inibidor de urease e/ou nitrificação retardando a atividade da enzima particular ou do micro-organismo. De acordo com o depositante desse pedido, ambas as abordagens têm sido amplamente exploradas para desenvolver fertilizantes de eficiência aprimorada, porém a aplicação de inibidores é limitada devido a sua instabilidade no solo em várias condições, tais como pH, temperatura, precipitação, entre outros.

### 1.4.1 Inibidores

#### 1.4.1.1 Inibidores de Nitrificação

Durante certo período de tempo, os inibidores de nitrificação atrasam a oxidação bacteriana do íon amônio ao minimizar a atividade das bactérias *Nitrosomonas* no solo. Desta forma, esses inibidores controlam a perda de nitrato por lixiviação ou a produção de óxido nitroso por desnitrificação, mantendo, assim, o nitrogênio na forma de amônio. Conseqüentemente, ocorre um aumento da eficiência de uso do nutriente (NUE) nesse processo de inibição (Trenkel, 2010).

#### 1.4.1.2 Inibidores de Urease

Durante certo período de tempo, os inibidores de urease previnem ou inibem a transformação de nitrogênio na forma amida da ureia para hidróxido de amônio e amônio, que ocorre através da hidrólise enzimática da ureia. O inibidor inativa a enzima urease retardando o início da hidrólise, reduzindo, assim, a concentração de amônia presente na superfície do solo. Conseqüentemente, ocorre uma diminuição da propensão de volatilização da amônia (Contin, 2007 e Cantarella *et al.*, 2008).

Portanto, os inibidores de urease aumentam a eficiência de uso do nutriente (NUE) e reduzem perda de volatilização da amônia para a atmosfera (Trenkel, 2010).

### 1.4.2 Fertilizantes de Liberação Lenta ou Controlada

Não existe um consenso na literatura com relação a uma definição “universal” para fertilizantes de liberação lenta e de liberação controlada, como poderá ser notado a seguir:

O fertilizante de liberação controlada (FLC) é aquele em que os parâmetros dominantes da liberação, tais como taxa, padrão e duração são conhecidos em um determinado período de tempo (Borsari, 2013; Shaviv, 2005) e controláveis durante a

preparação de FLC (Shaviv, 2005). O padrão de liberação dos fertilizantes de liberação lenta (FLL), por sua vez, é dependente do solo e das condições climáticas, portanto, não pode ser previsto ao longo do tempo (Borsari, 2013). Para Shaviv (2005), o FLL envolve a liberação de nutrientes em taxas reduzidas, mas os parâmetros de liberação dos nutrientes (taxa, padrão e duração) não podem ser controlados.

Trenkel (2010) menciona algumas definições encontradas na literatura, mas conclui que não existe diferenciação oficial entre FLL e FLC. Entre uma dessas definições apresentadas está que fertilizantes de liberação lenta ou controlada são aqueles com a capacidade de retardar a disponibilidade do nutriente para absorção da planta e usar após aplicação, ou estender sua disponibilidade por um período de tempo maior do que um fertilizante tradicional.

Fertilizante de liberação lenta é aquele em que a liberação de nutriente é gradual no solo ao longo do período vegetativo e a maioria dos nutrientes é proporcionada à planta sem perdas por lixiviação (Fernández-Escobar *et al.*, 2004).

Fertilizante de liberação controlada é aquele em que a liberação de nutriente é controlada atendendo a taxa de liberação definida e o tempo de liberação definido em uma temperatura específica, geralmente, são fertilizantes revestidos com polímeros. Nos fertilizantes de liberação lenta, os nutrientes disponíveis para a planta são distribuídos ao longo do tempo por hidrólise e/ou por biodegradação e/ou por solubilidade limitada através do uso de nutrientes menos solúveis em água e/ou compostos que são degradados no solo durante certo tempo (IFA, 2014). De acordo com esse entendimento emitido pela IFA, foi concluído no relatório que a ureia não poderia ser considerada como fertilizantes de liberação lenta, pois esta se hidrolisa rapidamente em amônia (IFA, 2014).

Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada compreendem os fertilizantes de baixa solubilidade assim como os fertilizantes solúveis recobertos ou encapsulados com compostos de baixa solubilidade como resinas e polímeros sintéticos (Cantarella e Montezano, 2010; Trenkel, 2010).

Em linha de raciocínio similar, Shaviv (2000) classifica os FLL ou FLC em três grupos: **(1)** Compostos de baixa solubilidade de nitrogênio orgânico; **(2)** Fertilizantes com controle de barreira física; e **(3)** Compostos de baixa solubilidade de nitrogênio inorgânico; e estes ainda se subdividem:

- O primeiro grupo, acima indicado, é ainda dividido em dois subgrupos de compostos: **(1.1)** compostos de decomposição biológica, como formaldeído ureia; e



(1.2) compostos de decomposição química (essencialmente), como isobutiledeno-diureia.

- Com relação ao segundo grupo, acima indicado, Shaviv (2000) destaca o uso de (2.1) revestimentos de polímeros hidrofóbicos protegendo os grânulos de fertilizantes ou o uso de (2.2) matrizes, nas quais o fertilizante solúvel encontra-se disperso. No caso dos revestimentos, Shaviv ainda os classifica em dois subgrupos: (2.1.1) revestimentos com polímeros orgânicos (termoplásticos ou resinas) e (2.1.2) revestimentos com materiais inorgânicos (revestimentos com enxofre ou a base de materiais inorgânicos). Com relação às matrizes, estas são divididas em dois subgrupos de materiais para preparação das mesmas: (2.2.1) materiais hidrofóbicos, como poliolefinas e borracha; (2.2.2) materiais hidrofílicos, como hidrogéis (Shaviv, 2000).

- Como exemplos de compostos de baixa solubilidade inorgânicos (grupo 3 acima mencionado), destacam-se os fosfatos de amônio metálico e rochas de fosfatos parcialmente aciduladas (Shaviv, 2000).

Trenkel (2010) destaca três grupos principais de materiais para preparação de revestimentos de fertilizantes revestidos/encapsulados: (1) enxofre; (2) enxofre juntamente com polímeros, incluído materiais poliméricos cerosos; e (3) materiais poliméricos/poliolefina.

Segundo Borsari (2013), os principais produtos fabricados no mercado atual com seus diferentes mecanismos são: (i) fertilizantes de baixa solubilidade com uma estrutura química complexa, dependentes da ação microbiana, tal como ureia-formaldeído, (ii) fertilizantes com barreiras físicas, como fertilizantes revestidos com enxofre, minerais ou polímeros orgânicos; e (iii) fertilizantes com matriz à base de gel ou matéria orgânica com ou sem revestimento.

Na presente dissertação foi adotada uma definição ampla de que tanto os fertilizantes de liberação lenta quanto os fertilizantes de liberação controlada atrasam a disponibilidade inicial dos nutrientes ou a estendem em certo período para a absorção da planta. No geral, essa redução ou extensão ocorre devido aos mecanismos de suportes de fertilizantes solúveis tradicionais, como encapsulamento, revestimento, camada, cobertura ou matriz.

Cabe ressaltar que essa definição mais ampla é devido à constatação da autora às seguintes particularidades da literatura pertencente à área de fertilizantes de liberação lenta ou controlada, sendo elas: (i) não há um consenso entre os autores com relação ao conceito exato e definitivo de FLL e FLC tanto na literatura científica como na

patentária; (ii) alguns autores não apresentam uniformidade ao longo do texto alternando, assim, os termos FLC e FLL como se possuíssem a mesma definição; e (iii) os documentos de pedido de patentes e patentes concedidas trabalham com faixas preferenciais de valores ao invés de valores específicos de taxa (essencial para constatação de fertilizantes de liberação controlada, cujas taxas deveriam ser previsíveis).

Devido aos aspectos mencionados acima, a autora utilizou uma definição mais ampla de forma que no momento da busca pelos documentos prospectivos (fonte de informação deste estudo), as palavras chaves escolhidas estariam de acordo com o entendimento da autora assim como não se perderiam documentos relevantes devido à falta de consenso com relação aos termos FLC e FLL.

Ao buscar a tendência do mercado no segmento de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada, torna-se importante para essa dissertação entender quais os materiais usados e a tecnologia envolvida como suporte para fertilizantes solúveis, de preferência a ureia, de maneira que o agricultor tenha um aumento da produção agrícola de forma sustentável com a redução de parcelamento das aplicações de fertilizantes, o que envolveria um ganho tanto econômico como ambiental.

Segundo Shaviv (2001), as principais vantagens dos fertilizantes de liberação lenta ou controlada são: (1) fornecimento constante e regular de nutrientes no período necessário, ou seja, número reduzido de aplicações; (2) redução das perdas de nutrientes via lixiviação, volatilização, escoamento, desnitrificação; (3) maior facilidade no manuseio dos fertilizantes; (4) atribuição do valor ecológico, por exemplo, com a redução de contaminação de águas subterrâneas e superficiais; entre outros. De acordo com Borsari (2013), destacam-se, ainda como vantagens desse tipo de fertilizantes, a redução das perdas de nutrientes com consequente aumento da eficiência de uso dos nutrientes; redução mínima de 20% - 30% (ou superior) da taxa de aplicação recomendada de fertilizante tradicional com o mesmo rendimento; redução da toxicidade e do teor salino em substratos, redução do parcelamento das aplicações de fertilizantes e economia significativa no trabalho, tempo e energia.

Entre os benefícios provenientes dos fertilizantes de liberação controlada de nutrientes destacam-se eficiência e economia de uso dos nutrientes, redução do impacto negativo ambiental, capacidade de empregar uma única aplicação da composição, redução da exposição do usuário às composições.

Com relação ao aumento de parcelamento de aplicação de fertilizantes tradicionais como uma alternativa para aumentar a eficiência, cabe ressaltar que esta prática aumenta significativamente o custo operacional devido ao aumento de custo de energia e manutenção a cada aplicação; dependência das condições climáticas e de solo, aumento do custo com mão de obra, risco de perder o tempo certo para a aplicação, desgaste do solo, entre outros (Borsari, 2013; Brondani *et al.*, 2008; Scivittaro, 2002, 2004). Por esses motivos, a redução desses custos é essencial para contrabalancear com os elevados custos da produção de FLC e FLL.

#### 1.4.3 Mecanismos

A literatura prevê diversos mecanismos para controlar a liberação de nutrientes de forma mais eficiente, ou seja, retardar sua liberação ou estender por um período de tempo maior, entre eles, destacam-se:

Alguns dos mecanismos conhecidos na técnica são o controle de solubilidade de água dos fertilizantes através de revestimentos semipermeáveis e a hidrólise reduzida por compostos de baixo peso molecular solúvel em água (Trenkel, 2010).

Dentre as formas usadas para diminuir os efeitos adversos das reações sofridas pela ureia no solo estão o uso de inibidores químicos da atividade enzimática e revestimentos com polímeros ou resinas sintéticas que controlam a velocidade da hidratação dos grânulos de fertilizantes ou modificam o meio de aplicação dos fertilizantes (Cantarella *et al.*, 2008).

Os fertilizantes recobertos, conhecidos como fertilizantes de liberação controlada, compreendem compostos solúveis cobertos por uma membrana semipermeável a fim de controlar a liberação de nutrientes ao solo (Bennett, 1996).

Os meios de produzir ou sintetizar fertilizantes de liberação controlada ou lenta compreendem processos físicos, tais como dispersar fertilizante comum através da matriz e processos químicos, como encapsulamento ou microencapsulamento, recobrimento e revestimento de materiais insolúveis com poros ou semisolúveis do fertilizante tradicional após a granulação, compressão ou cristalização deste; ambos os processos tentam diminuir a liberação de nutrientes através da difusão. Entre os materiais usados como revestimentos nos grânulos de fertilizantes, destacam-se enxofre, polímeros sintéticos, ceras, resinas, biocarvão, argila, entre outros (Trenkel, 2010).

De uma forma geral, o agravamento de diversos problemas ambientais assim como a crescente necessidade do aumento da produção agrícola de forma sustentável impulsionou os recobrimentos usados em fertilizantes granulados, como o uso de enxofre elementar e o processo de encapsulamento de polímeros (Cantarella *et al.*, 2007), polímeros biodegradáveis, enxofre/polímero entre outros (Trenkel, 2010). Materiais mais adequados para fins de encapsulamento ou revestimento, de acordo com Trenkel (2010) incluem cera, enxofre, polímeros orgânicos, como acetato de celulose, alginato de sódio, entre outros, bem como polímeros biodegradáveis.

Abaixo seguem alguns documentos encontrados relacionados a três materiais para revestimento de fertilizantes, sendo dois deles extensamente aplicados em FLL ou FLC (enxofre e polímero) assim como biocarvão, produto de interesse da autora por ser uma possível matéria-prima para ecofertilizantes.

#### 1.4.3.1 Materiais utilizados no revestimento ou encapsulamento

##### 1.4.3.1.1 Polímeros

O uso de polímeros em fertilizantes de liberação lenta ou controlada é extensivamente conhecido, como exemplificado abaixo:

Jarosiewicz e Tomaszewska (2002) relataram que fertilizantes com revestimento de polímero, tais como polissulfona, poliacrilonitrila, e acetato de celulose, diminuíram a taxa de liberação dos nutrientes.

Hadi *et al.* (2008) relataram redução de 91% de emissão de N<sub>2</sub>O no tratamento com fertilizante revestido com polímero quando comparado com fertilizante tradicional em plantio de milho. Também para o plantio de milho, Halvorson *et al.* (2010) relataram redução de 49% de emissão de N<sub>2</sub>O no tratamento utilizando fertilizante recoberto com polímero em relação à ureia comum.

Gagnon *et al.* (2012) relataram que a ureia revestida com polímero testada teve bons desempenhos apenas nos anos chuvosos.

Nash *et al.* (2013) avaliaram a produtividade de milho em diferentes formas de aplicações (fertilizante embutido ou arremessado no solo). Os autores concluíram que a

ureia revestida com polímero embutida ao solo teve aumento da produtividade na faixa de 12% a 14% comparada à ureia sem revestimento, no entanto, mesmo desempenho não foi alcançado com o fertilizante revestido arremessado no solo.

Zavaschi *et al.* (2014) avaliaram a volatilização de  $\text{NH}_3$  em três doses de nitrogênio comparando ureia comum e ureia de liberação controlada com grânulos revestidos com polímero e minerais em dupla membrana na cultura do milho, e concluíram que a ureia protegida não reduziu a volatilização de amônia nem alterou as características agronômicas do milho.

Faez *et al.* (2015) estudaram a utilização de hidrogéis poliméricos (biopolímeros de quitosana/argila na forma de microesferas) contendo fertilizantes e concluíram que os biopolímeros liberaram o conteúdo de fertilizantes de forma gradativa no solo.

Diversos exemplos de fertilizantes revestidos/cobertos/encapsulados/aprisionados com polímeros podem ser encontrados na literatura patentária, tais como, por exemplo, US 5,089,041, US 4,851,027 (resina), US 4,568,559, US 4,055,974, entre outros.

No geral, pode-se concluir que os fertilizantes revestidos/cobertos/encapsulados/aprisionados com polímeros permitem reduzir as perdas de nitrogênio atuando como uma barreira física protetora dos fertilizantes solúveis aumentando, assim, a eficiência dos fertilizantes. A partir da leitura dos documentos acima mencionados, observou-se que a concentração do nitrogênio e a taxa de liberação dependem da espessura do revestimento dos polímeros usados.

#### 1.4.3.1.2 Enxofre

Por ser um material de baixo custo e, ainda, ser um macronutriente útil para a planta, o enxofre é um revestimento bastante conhecido no mercado de fertilizantes de liberação controlada ou lenta. O revestimento de enxofre é uma membrana impermeável que degrada lentamente através de processos biológicos, químicos e físicos. No entanto, esse tipo de revestimento possui microporos e imperfeições (rachaduras e cobertura incompleta do enxofre) adquiridas no seu processo de fabricação.

A dissolução da ureia ocorre dentro da solução do solo através da degradação hidrolítica e microbiana do revestimento de enxofre. Por possuir imperfeições ou

microporos, a água passa através destes e dissolve a ureia. Devido a esses revestimentos danificados, também é comum nessa área revestir a ureia com polímeros, conhecidos como revestimentos híbridos (Shaviv, 2000).

Algumas vantagens são mencionadas em Trenkel (2010) com relação ao uso de enxofre como revestimento de ureia, entre elas, a ureia com revestimento de enxofre contém cerca de 30-40% de teor de nitrogênio e o aproveitamento de enxofre como um nutriente secundário.

Assim como nos polímeros, a concentração do nitrogênio e a taxa de liberação dependem da espessura da camada de enxofre assim como a qualidade do revestimento.

#### 1.4.3.1.3 Biocarvão

O biocarvão é um material rico em carbono obtido da combustão incompleta de biomassa residual lignocelulósica (matéria-prima) na ausência de oxigênio e de baixas temperaturas (pirólise). O Biocarvão possui porosidade interna e elevada área superficial proporcionando espaço para atuação de micro-organismos no solo assim como auxilia no aumento da capacidade da troca iônica tendo grupamentos químicos polares e não polares<sup>23</sup> (Laird *et al.*, 2008, 2009, 2010).

Zhang (2014) demonstraram que a matéria-prima e a temperatura da pirólise dos biocarvões determinam as propriedades físico-químicas destes influenciando, assim, a renovação do teor de carbono (C) no solo e propriedades associadas ao solo.

Nos últimos anos, houve um crescente interesse agrônômico pelo biocarvão na aplicação como corretivo de solo ou substrato para fertilizantes de liberação controlada por proporcionar benefícios em termos de agente intensificador no aumento do teor de matéria orgânica, aumento da fertilidade do solo e da produção de culturas (Rehman & Razzaq, 2017).

Importante notar que o aumento da utilização de matéria orgânica, parte integrante da maioria dos solos, também está ligado à proteção da ureia contra a ação oxidante de bactérias do solo (Lehmann *et al.*, 2011).

Com relação ao meio ambiente, o biocarvão atua na restrição da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir da decomposição orgânica e sequestra CO<sub>2</sub> a partir da

---

<sup>23</sup> Característica estrutural intrínseca da lignina da biomassa.

atmosfera promovendo sua dissipação em ecossistemas terrestres (Vaccari *et al.*, 2011; Sohi *et al.*, 2010). O biocarvão atua ainda no controle da emissão de metano e dióxido de nitrogênio ao adsorver e reter a amônia no solo reduzindo o processo de desnitrificação (Rehman & Razzaq, 2017).

Alguns estudos demonstram que a adição de biocarvão no solo resulta em melhor textura de solo, aumento da porosidade, melhora na distribuição de densidade e tamanho de partícula. O uso de biocarvão juntamente com o fertilizante favorece a decomposição do filme de revestimento pelos microrganismos dos solos devido sua propriedade biodegradável (Rehman & Razzaq, 2017).

Diante do exposto, verificam-se estudos recentes tendendo para a produção de fertilizantes à base de biocarvão incorporando nitrogênio em um processo de mistura direta, encapsulamento e/ou peletização (BR 11201513462-9). Labbé *et al.* (2014) relataram que *pellets* de biocarvão embebido com fertilizantes produzidos por pirólise rápida contribuíram para liberação lenta dos nutrientes por um período maior de tempo.

## 1.5 Mercado brasileiro de fertilizantes

### 1.5.1 Breve histórico

Na década de 70 iniciou-se uma fase de incentivos do governo, através do I Plano Nacional de Fertilizante e Calcário Agrícola (I PNFC), na tentativa de construir, com capital estatal, uma forte indústria nacional de matérias-primas básicas e intermediárias. Neste período, iniciou-se a utilização do gás natural como matéria-prima na produção nacional de amônia e ureia impulsionando a demanda<sup>24</sup> por fertilizantes (Dias e Fernandes, 2006).

Nos anos 80, observa-se a consolidação da indústria nacional de fertilizantes (capital estatal) com destaque ao segmento dos fosfatados. No entanto, nos anos 90, esse setor deixa de ser visto como estratégico para o país e surge uma política econômica de privatizações, fusões e aquisições. Assim, o cenário nacional de capital estatal passa por uma mudança de paradigma dando lugar a uma liberalização

---

<sup>24</sup> Restringida pela necessidade de importações com elevados custos.

econômica (capital privado) dos setores produtores de matérias-primas básicas e intermediárias de fertilizantes. (Taglialegna *et al.*, 2001; Kulaif e Fernandes, 2010 – CETEM – Centro de Tecnologia Mineral)

Em 2010, a Vale adquiriu a Fosfértil e outros ativos da Bunge na área de matérias-primas para fertilizantes, formando a Vale Fertilizantes, a qual mantém projetos e operações nesta área na Argentina, Canadá, Moçambique e Peru (Da Costa e Silva, 2012).

Dentre as empresas que ainda atuam nesse mercado, duas ainda possuem uma quantidade respeitável de matéria-prima e intermediários:

A Petrobras: única fornecedora de gás natural como matéria-prima para a indústria de fertilizantes e a principal produtora de amônia destinada à produção de fertilizantes.

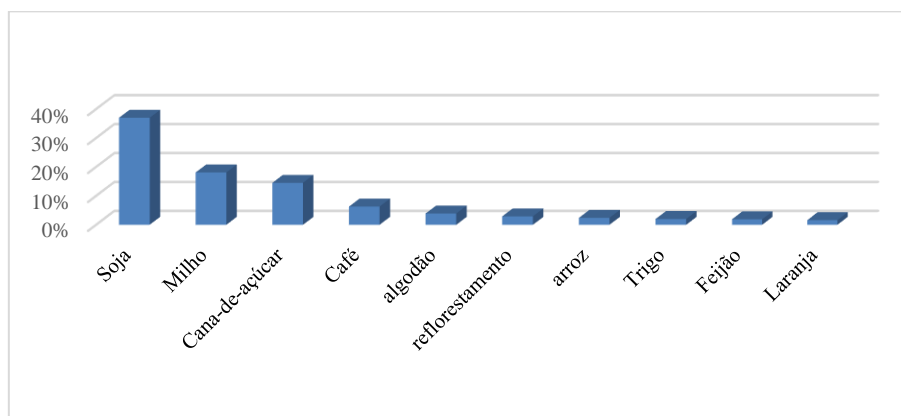
Vale Fertilizantes: divide a produção de amônia com a Petrobrás; e atua no mercado de fertilizante de fósforo e potássio (Da Costa e Silva, 2012).

### 1.5.2 Panorama atual

No Brasil, cerca de 77% do consumo de fertilizantes está concentrado em quatro culturas: soja, milho, cana de açúcar e café (vide Figura 14), as quais estão localizadas na região centro-sul do país. De acordo com o anuário ANDA (2013), cerca de 31,7% das vendas de fertilizantes estão localizadas no Centro Oeste brasileiro, 27,5% no Sul, 26,4% no Sudeste, 12,6 % no Nordeste e 1,7% no Norte. A maior demanda por esses produtos ocorre nos meses de julho e novembro devido ao período de plantio de grãos (Companhia Nacional de abastecimento CONAB e Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA).



Figura 14 - Vendas de fertilizante por cultura



Fonte: Anuário ANDA (2012).

O Brasil representa quase 6% do consumo mundial de fertilizantes, sendo o quarto maior demandante de fertilizantes do mundo. Apesar dessa demanda, a produção nacional de matérias-primas e fertilizantes básicos e intermediários é insuficiente para atender ao consumo interno, sendo cerca de 70% de sua demanda dependente de importações. Na outra extremidade dessa cadeia está a elevada produção interna de produtos finais misturados (geralmente, NPK). De acordo com o relatório do BNDES (Da Costa e Silva, 2012), existe apoio financeiro ao setor de fertilizantes finais, ou seja, as empresas fornecedoras de mistura NPK, no entanto, esse investimento não é percebido no setor de fertilizantes na área de produção de insumos.

Portanto, no Brasil, observam-se dois tipos de empresa de fertilizantes: (i) as mineradoras/produzoras de matérias-primas e de produtos intermediários (fertilizantes simples); e (ii) as empresas misturadoras que preparam a formulação NPK, sendo estas constituídas pela Associação dos Misturadores de Adubos do Brasil – AMA (Lapido Loureiro, 2009).

As maiores produtoras de matérias-primas e de produtos intermediários, em 2013, de acordo com dados da ANDA, foram as empresas Vale Fertilizantes e Petrobrás. No entanto, atualmente, 85% da demanda brasileira de fertilizantes nitrogenados são importados, de acordo com Jorge Celestino Ramos, diretor de refino de gás natural da PETROBRAS (Declaração dada ao Valor Econômico, (Gutierrez e Polito, 2018)). No caso do enxofre, a situação é mais grave, pois o enxofre (fertilizante) é 100% importado no Brasil.

Essa dependência de importações gera alto risco de escassez de insumos, assim como deixa o país vulnerável às flutuações de câmbio e preços do mercado internacional (Inácio, 2013). De acordo com o relatório do BNDES (Da Costa e Silva, 2012), as importações de intermediários para fertilizantes são os principais responsáveis pelo déficit no setor de fertilizantes, sendo necessários maiores investimentos na produção a fim de melhorar a balança comercial, assim como investimentos em inovação, entre outros fatores, para acompanhar o crescimento da agroindústria brasileira.

Embora os preços nacionais sejam determinados pelos preços internacionais das matérias-primas importadas dependentes da indústria petroquímica e do câmbio, este último não tem influência direta no volume de importação, este é determinado pela demanda interna agrícola. Um agravante ao estímulo a importação da matéria-prima, é a falta de isonomia na tributação do ICMS entre o produto nacional e o importado uma vez que o produto importado é isento de ICMS, no entanto, o produto nacional é tributado nas operações interestaduais em alíquotas variantes. Além disso, o setor de fertilizantes é dependente da renda agrícola e do pacote de benefícios do governo (Da Costa e Silva, 2012).

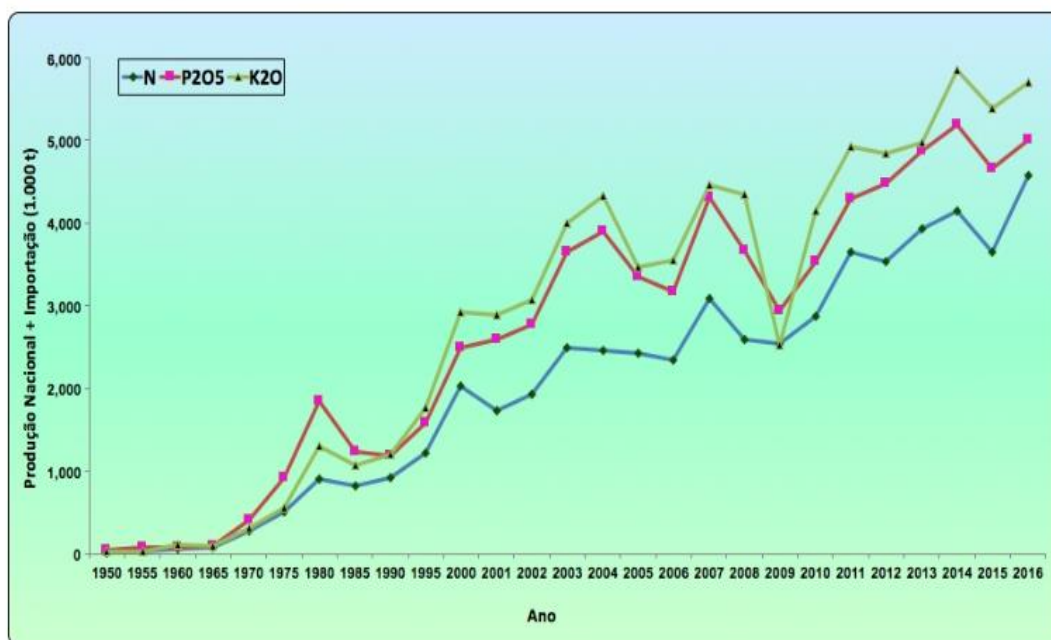
Custos de fretes e logísticas também interferem na vulnerabilidade do setor, por exemplo, produtos como amônia e ácido nítrico estão sujeitos às normas especiais de transportes. Esses custos elevados são repassados ao produto final e representam elevação expressiva no orçamento final do produtor. Estima-se que o gasto do produtor brasileiro com fertilizantes seja 5% do gasto total com a produção agrícola (Da Costa e Silva, 2012).

No caso dos fertilizantes nitrogenados, o preço do gás natural ainda é elevado no Brasil uma vez que varia de acordo com o preço do petróleo. Desta forma, o elevado preço no país em relação a outras regiões do mundo torna o país menos competitivo (Da Costa e Silva, 2012).

De acordo com o relatório do BNDES (Da Costa e Silva, 2012), a América do Norte e a União Europeia são os principais fornecedores de insumos para fertilizantes para o Brasil, a Ásia ocupando a terceira posição. Já com relação às exportações, os países do Mercosul são os maiores clientes seguidos da União Europeia e América do Norte.

A Figura 15 ilustra a configuração do cenário brasileiro no setor de fertilizantes, sendo este Balanço de Nutrientes apresentado para as 18 principais culturas agrícolas brasileiras.

Figura 15 - Cenário Brasileiro de Produção de fertilizantes NPK



Fonte: IPNI (<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>), 2017.

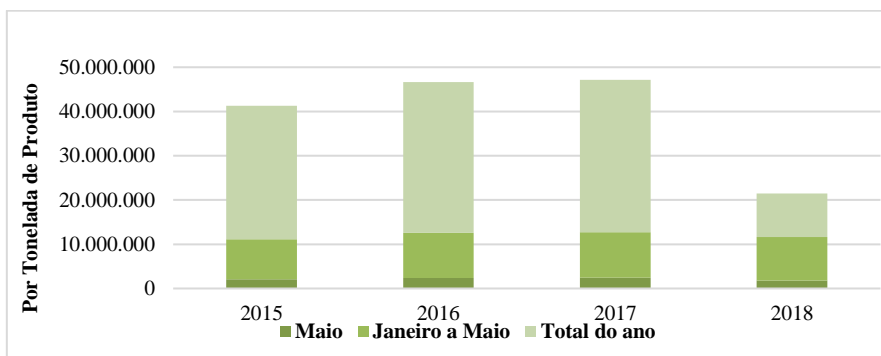
A demanda crescente de  $K_2O$  ilustrada na Figura 16 está relacionada à demanda de potássio no plantio da soja (Vitti e Trevisan, 2000). A cultura de soja representa uma das maiores áreas cultivadas no Brasil, superando as culturas de milho e cana-de açúcar (Dall'Agnol, 2017).

A partir das Figuras de 16 até 19, as quais são provenientes das tabelas disponíveis no site da ANDA (disponível em: <http://anda.org.br/estatisticas/>), será possível observar que a produção nacional de fertilizantes intermediários, de janeiro a maio de 2018, apresentou uma queda de 5,2% em relação ao mesmo período de 2017, sendo registrada uma queda de 6,2% na produção dos nitrogenados em relação ao mesmo período de 2017.

Com relação à importação, no período de janeiro a maio de 2018, registrou-se uma queda de 11,5% em relação ao mesmo período de 2017, e 15% em relação aos nitrogenados no mesmo período comparado ao período equivalente de 2017.

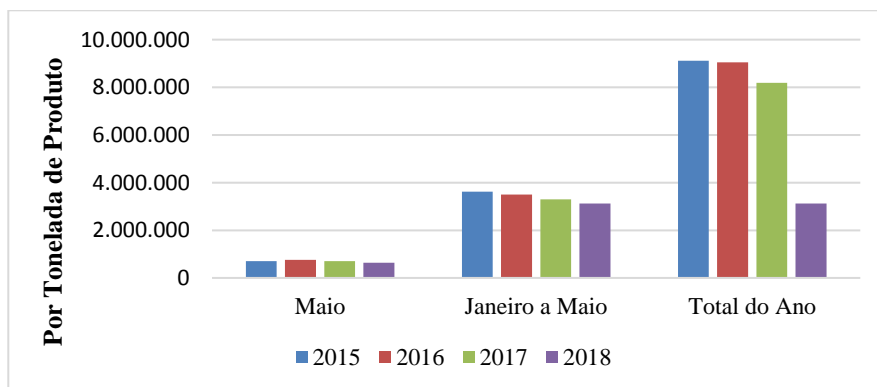
De acordo com dados da ANDA (2018), as culturas mais demandantes foram soja e cana de açúcar, e o estado líder nas entregas ao mercado foi Mato Grosso, seguido por Paraná, São Paulo. Goiás e Minas Gerais, respectivamente.

Figura 16 - Fertilizantes entregues ao mercado brasileiro



Fonte: Elaboração própria com base nos dados das tabelas da ANDA (2018).

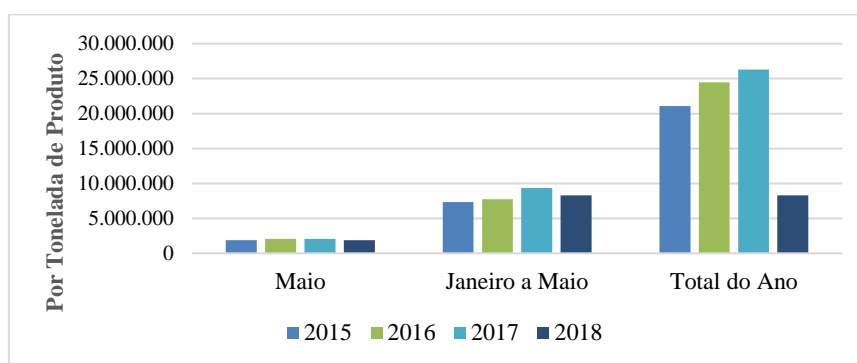
Figura 17 - Produção Nacional de Fertilizantes Intermediários



Fonte: Elaboração própria com base nos dados das tabelas da ANDA (2018).

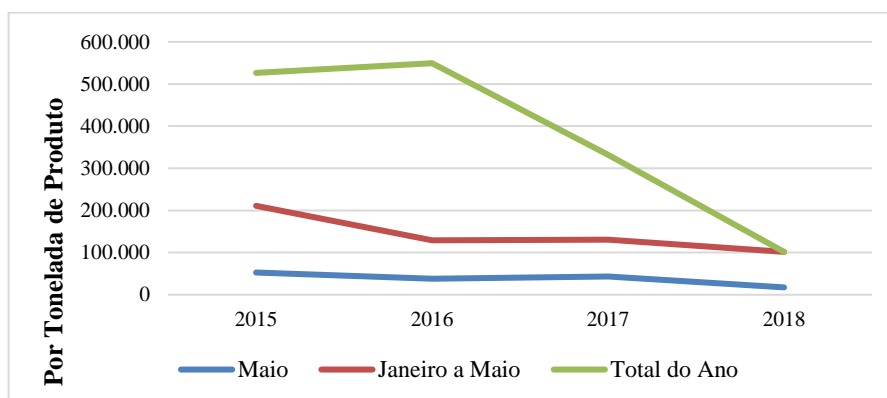
Cabe ressaltar que na Figura 18 não foram incluídas as importações para uso diferentes de fertilizantes.

Figura 18 - Importação de Fertilizantes Intermediários



Fonte: Elaboração própria com base nos dados das tabelas da ANDA (2018).

Figura 19 - Principais Exportações de Fertilizantes e Formulações NPK



Fonte: Elaboração própria com base nos dados das tabelas da ANDA (2018).

As Tabelas 3 e 4 são relacionadas ao consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas em 2017, de acordo com dados do site do IPNI (2017).

Tabela 3 - Consumo aparente de fertilizantes

<b>Fertilizantes</b>	<b>Produção Nacional</b>	<b>Importação</b>	<b>Prod. Nacional e Importação</b>	<b>Exportação</b>	<b>Consumo Aparente</b>
<b>Toneladas métricas</b>					
Sulfato de Amônio	264.208	1.779.309	2.043.517	1.496	2.042.021
Ureia	836.754	4.769.793	5.606.547	10.330	5.596.217
Nitrato de Amônio	407.838	1.378.971	1.786.809	30	1.786.779
Fosfato diamônio - DAP		433.711	433.711	300	433.411
Fosfato monoamônio - MAP	1.184.560	3.343.693	4.528.253	4.167	4.524.086
Superfosfato Simples	4.255.164	716.201	4.971.365	868	4.970.497
Superfosfato Triplo	953.790	869.927	1.823.717	1.957	1.821.760
Termofosfato	117.463		117.463	398	117.065
Fosfato Natural de aplicação direta		166.079	166.079	20	166.059
Cloreto de Potássio	484.877	9.203.088	9.687.965	9.236	9.678.729
Complexos*	144.271	2.863.756	3.008.027		3.008.027
<b>TOTAL DE FERTILIZANTES</b>	<b>8.648.925</b>	<b>25.524.528</b>	<b>34.173.453</b>	<b>28.802</b>	<b>34.144.651</b>

\*Foram consideradas as quantidades de amônia, ácido sulfúrico e ácido fosfórico aplicadas na granulação de fertilizantes simples e complexos.

Fonte: IPNI (disponível em <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>), 2017.

Tabela 4 - Consumo aparente de matérias-primas

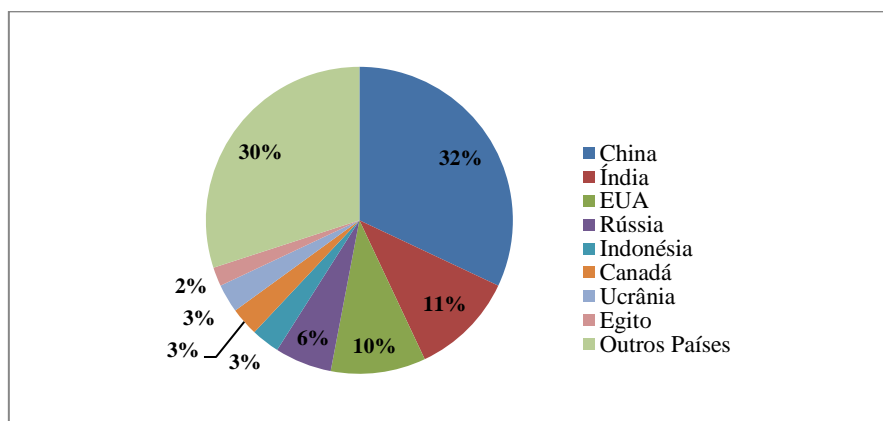
<b>MATÉRIAS-PRIMAS</b>	<b>Produção Nacional</b>	<b>Importação</b>	<b>Prod. Nacional e Importação</b>	<b>Exportação</b>	<b>Consumo Aparente</b>
<b>Toneladas métricas</b>					
Amônia	486.584	237.669	724.253	56.537	667.716
Rocha Fosfática – Industrial	4.797.702	1.508.537	6.306.239		6.306.239
Ácido Fosfórico	2.134.917		2.134.917		2.134.917
Ácido Sulfúrico*	3.687.205	349.428	4.036.633		4.036.633
<b>TOTAL DE MATÉRIAS-PRIMAS</b>	<b>11.106.408</b>	<b>2.095.634</b>	<b>13.202.042</b>	<b>56.537</b>	<b>13.145.505</b>

\* Foi considerada somente a produção das empresas produtoras de fertilizantes.  
 Fonte: IPNI (disponível em <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>), 2017.

## 1.6 Mercado internacional de fertilizantes nitrogenados

De acordo com o *ranking* IFA mencionado por Da Costa e Silva (2012), os principais produtores de fertilizantes nitrogenados do mundo são China, Índia, Estados Unidos e Rússia, sendo responsáveis em média por cerca de 60% da produção mundial de nitrogenados em 2009. Nesse mesmo ano, China, Índia e EUA foram considerados os maiores consumidores de fertilizantes nitrogenados, como pode ser observado abaixo na Figura 20.

Figura 20 - Principais produtores de fertilizantes nitrogenados do mundo



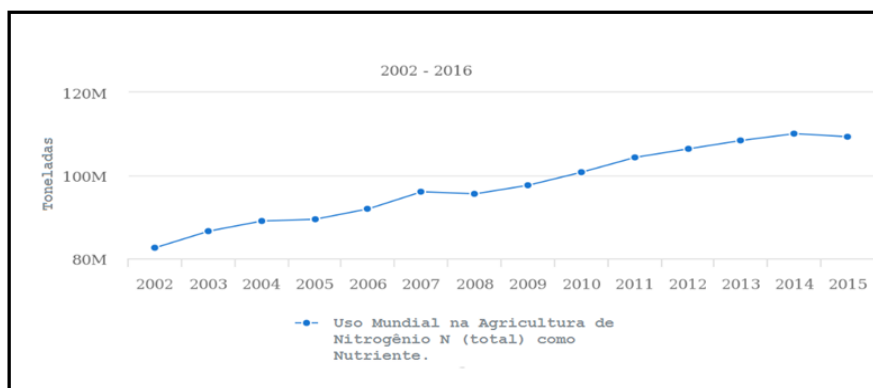
Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Da Costa e Silva (2012).

A produção de amônia global em 2017 teve uma queda de 1,2% para 174 Mt  $\text{NH}_3$ . Esta queda, na sua maioria, foi impulsionada pelo mercado chinês, onde foi registrada uma queda de 7%. De acordo com dados da IFA (2017 B, C), é esperado um aumento moderado no balanço global de nitrogênio em 2018. A produção mundial da ureia também registrou uma queda pelo segundo ano consecutivo em 2017, sendo esta queda um reflexo das baixas vendas do mercado chinês (responsável por cerca de 90% da queda total do mercado mundial). Espera-se um aumento neste mercado, principalmente nos EUA e América Latina, por exemplo.

As Figuras 21 até 25 ilustram um panorama do mercado mundial de fertilizantes nitrogenados. Em resumo, a Figura 21 ilustra o aumento do uso do nutriente (N) mundialmente ao longo dos anos, a Figura 22 ilustra a divisão do uso de nitrogênio por continente e a Figura 23 exhibe o *ranking* dos países com relação ao uso do nitrogênio. A Figura 24 ilustra o aumento de uso de NPK e a Figura 25 compara o uso de ureia e NPK mundialmente, demonstrando, assim, a importância da ureia no mercado de fertilizantes.

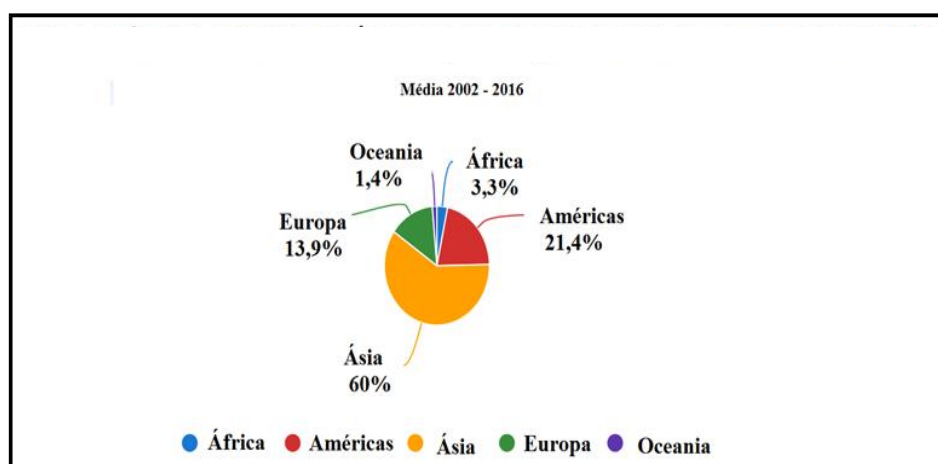


Figura 21 - Uso agrícola de nitrogênio N (total) como nutriente mundialmente



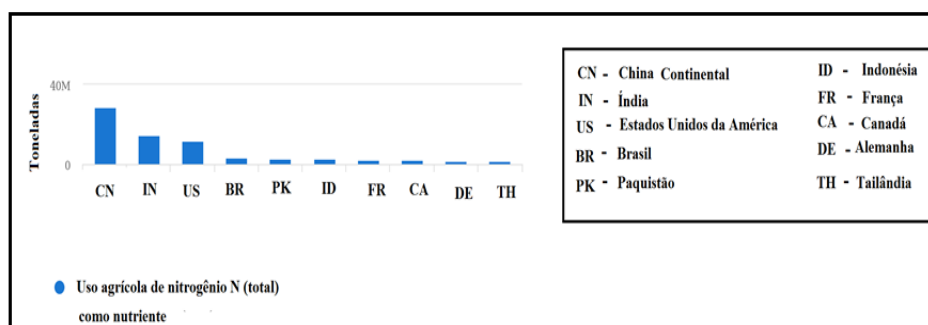
Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2017).

Figura 22 - Uso Agrícola de Nitrogênio N (Total) Compartilhado por Região



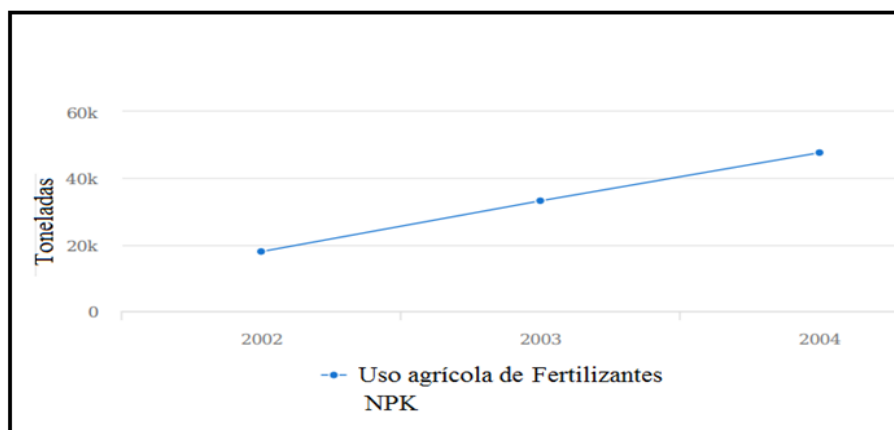
Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2017).

Figura 23 - Ranking dos 10 maiores países consumidores de N (total) como nutriente



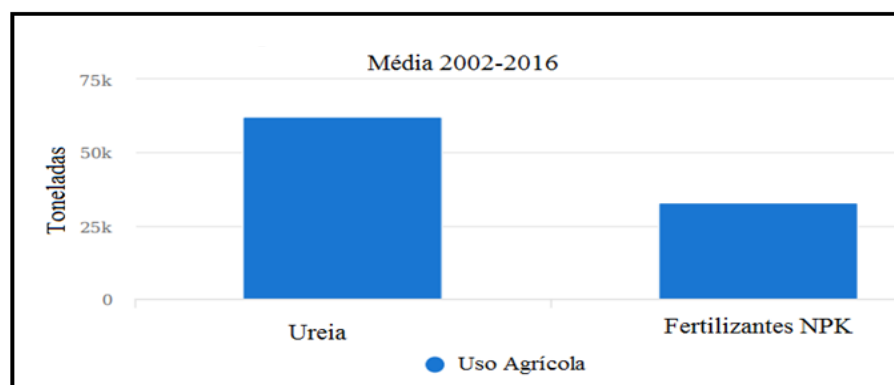
Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2017).

Figura 24 - Uso Agrícola de Fertilizantes NPK



Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2017).

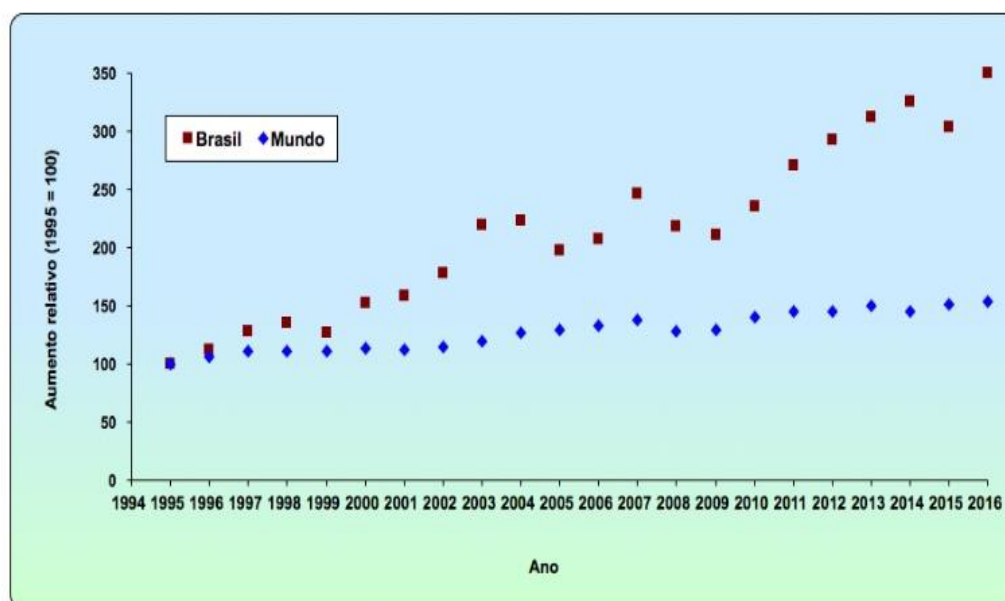
Figura 25 - Uso Agrícola Mundial – Ureia versus Fertilizantes NPK



Fonte: site da FAO, dados estatísticos da FAO (FAOSTAT, 2017).

A Figura 26 ilustra um crescimento expressivo da demanda de fertilizantes no Brasil frente ao resto do mundo demonstrando o aquecimento do agronegócio brasileiro com a crescente necessidade do aumento da produtividade nas culturas nacionais.

Figura 26 - Comparação relacionada à evolução de consumo aparente de N, P, K e NPK Brasil versus mundo



Fonte: IPNI (<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>), 2017.

## 1.7 Considerações finais

A partir dos dados apresentados neste capítulo, observa-se claramente que o aumento da produtividade implica em maior consumo de fertilizantes. Neste cenário, a aplicação eficiente dos fertilizantes é um fator primordial para alcançar a produtividade e produção desejadas.

A partir dos dados da literatura, constatou-se que a aplicação de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada no solo causou impacto positivo ao meio ambiente assim como reduziu consideravelmente o desperdício dos recursos naturais, gerando um ganho econômico decorrente deste.

Portanto, é essencial a busca dos materiais usados e a tecnologia envolvida como suporte para fertilizantes solúveis para a viabilização econômica destes pelo agricultor devido à redução de parcelamento das aplicações e minimização do impacto ambiental adverso para acompanhar o aumento da produtividade das culturas.

## 2 INOVAÇÃO, GESTÃO DE INOVAÇÃO, PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E MÉTODO *TECNOLOGY ROADMAPPING*

O presente capítulo tem como objetivo apresentar o *Roadmapping* ou *Technology Roadmapping* ou *TRM* como uma ferramenta de tomada de decisão, que busca entender a evolução tecnológica de um produto através da correlação entre produto, serviços, tecnologia e mercados atuantes em um espaço temporal definido, alinhando, assim, investimentos em tecnologia (presente) para geração de capital (futuro). Portanto, informações, tais como tipos, formatos, estruturas de *roadmaps*, entre outras, serão aqui consideradas de forma a caracterizar o método como uma abordagem estratégica para o gerenciamento e planejamento da inovação. Esse capítulo aborda não somente a metodologia usada pela autora, mas pretende expor de uma forma generalizada alguns aspectos da ferramenta utilizada, principalmente, na indústria.

### 2.1 Inovação, gestão de inovação e prospecção tecnológica

Uma característica predominante do último século é a mudança de paradigma nos negócios em consequência da globalização, geradora de um fluxo mundial de informação, tecnologia, capital, bens, serviços e pessoas. Em um cenário instável, o desempenho das organizações assim como sua sustentabilidade foram substancialmente alterados tanto pelas inovações tecnológicas quanto pela nova dinâmica encontrada no mercado globalmente competitivo.

Nos tempos atuais, a proliferação desenfreada de novas tecnologias, resultando em curtos ciclos de vida dos produtos, impulsionou uma corrida por novas inovações para obtenção ou manutenção de uma vantagem competitiva estratégica em um mercado global, dotado de uma concorrência acirrada. Para acompanhar e/ou induzir mudanças nesse ambiente turbulento e inconstante, as organizações precisaram adotar novas estratégias abordando os desafios e oportunidades desse novo mundo integrado.

Portanto, planejar e gerenciar a inovação<sup>25</sup> tornou-se fundamental não apenas para sustentabilidade das organizações, mas uma prerrogativa para conquistar um

---

<sup>25</sup> De acordo com a terceira edição do manual de Oslo: “Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de

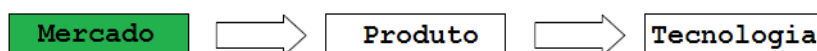
diferencial competitivo em relação aos concorrentes no mercado de atuação. Neste caminho, algumas organizações aumentaram os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como fonte de inovação, para garantir que estivessem alinhadas com as necessidades dos mercados, no momento presente e futuro (Lee *et al.*, 2009).

É plausível alegar que o grau de desenvolvimento de um país<sup>26</sup> pode ser medido a partir dos investimentos em inovação, sinônimo de crescimento e produtividade. Neste contexto, pressupõe-se que a inovação tem na sua essência a busca pela competitividade das organizações e das nações em prol de uma economia sólida.

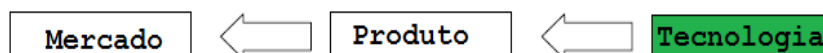
Destarte, encontramos duas rotas de inovação, a primeira sendo englobada quando o desenvolvimento de uma inovação é gerado por uma demanda ou necessidade do mercado, sendo esta rota da inovação comandada pela perspectiva do mercado (*market pull*). Esta rota, envolvendo pesquisa mercadológica, induz a busca pelo conhecimento necessário, internamente e/ou externamente, com o intuito de desenvolver um produto que atenda às demandas do mercado. A rota contrária tem origem com uma organização desenvolvendo uma tecnologia inovadora e aplicando-a a um produto. Neste caso, a pesquisa e o desenvolvimento em novas tecnologias impulsionam o desenvolvimento de novos produtos (*technology push*) (Calmanovici, 2011). A Figura 27 é uma ilustração das referidas rotas de inovação.

Figura 27 – Demonstração do Foco das Abordagens

*Market Pull* – Inovação comandada pela perspectiva do mercado:



*Technology Push* - Inovação comandada pela perspectiva da Tecnologia:



Fonte: Elaboração Própria.

---

marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas” (Manual de Oslo, 1997- in verbis).

<sup>26</sup> “A inovação vem sendo amplamente reconhecida como um dos principais fatores que impactam positivamente a competitividade e o desenvolvimento econômico. Informações que contribuam para o entendimento de seu processo de geração, difusão e incorporação pelo aparelho produtivo, assim como de condições institucionais que sobre ela exerçam influência, são de vital importância para o desenho, implementação e avaliação de políticas públicas e estratégias privadas” (Vicente e Lopes, 2015).

Como pode ser observado através das rotas da inovação, existe uma necessidade crescente da integração entre a estratégia de negócio e a estratégia tecnológica das organizações em horizontes cada vez mais longos de planejamento a fim de contemplar uma visão evolutiva tanto do mercado quanto das tecnologias.

A gestão da inovação, como um processo estruturado e contínuo, é capaz de identificar as demandas e tendências mercadológicas e transformá-las em estratégia para gerar (projetar, desenvolver e lançar) novos produtos e serviços. Tem como pressuposto uma relação direta entre o desenvolvimento das nações e a inovação tecnológica, sendo essa um fator estratégico para as organizações e os países.

A gestão de inovação é sustentada por pilares, sendo pessoas, estratégia, processos e recursos considerados os de maior relevância. As pessoas, como capital intelectual, são a base de sustentação deste processo pelo conhecimento, contribuição e operacionalização da estratégia. Por isso, estas precisam estar capacitadas e motivadas a inovar. A estratégia de inovação remete ao direcionamento, planejamento e monitoramento de metas claras e objetivas, permitindo correções de rotas à medida que a inovação avança. Os processos pressupõem critérios, métodos, ferramentas, técnicas e sistemas para contribuir com o planejamento da logística. Ao passo que os recursos intelectuais, financeiros, de infraestrutura devem estar voltados para a conquista dos objetivos organizacionais. Alguns autores entendem que *“a agilidade e habilidade de uma organização responder às mudanças do mercado recai no capital intelectual das pessoas”* (Steele & Murray, 2004).

Portanto, é factível dizer que uma gestão de inovação bem sucedida permite a redução dos custos, o aumento da produtividade, maior eficiência dos empregados e o aumento na qualidade dos produtos e serviços (Manual de Oslo, 1997).

A prospecção tecnológica, como uma das abordagens estratégicas<sup>27</sup> típicas da gestão de inovação, aplica-se a toda tentativa sistemática de rastrear a informação, disponível nas bases de dados científicas e tecnológicas em todo mundo, assim como desempenha o importante papel de monitorar sistematicamente as tendências mercadológicas de forma a antecipar e entender a direção, velocidade, características e efeitos das mudanças tecnológicas (Stefanovitz e Naganob, 2014).

Qualquer organização ou nação que possa ser afetada por mudanças tecnológicas, inevitavelmente, se envolve na prospecção tecnológica ao alocar recursos

---

<sup>27</sup> Assim como a inteligência competitiva e a gestão do conhecimento.

para cada processo de tomada de decisão a fim de alcançar bons níveis de desenvolvimento sustentável.

Os estudos prospectivos são construídos a partir de vários cenários possíveis e futuros através da sistematização e tratamento de informações capazes de influenciar positivamente as linhas de pesquisa, indústria e economia. Quando eficientes, os estudos podem aumentar o ganho e minimizar as perdas criando riqueza e melhorando a qualidade de vida a partir de panoramas futuros.

Alinhado com o fundamento de que o futuro se constrói a partir do presente, o estudo prospectivo é baseado em uma metodologia construída a partir de abordagens compostas de dimensões micro, meso e macro dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação em uma evolução temporal das tendências observadas construindo visões de futuro capazes de avaliar os impactos do conhecimento nestes sistemas (Coelho *et al.*, 2005).

De acordo com Robert Phaal *et al.*, a habilidade de antecipar-se ao futuro e mover-se em sua direção são refletidas no aumento da capacidade de gerenciar as características conflitantes do processo de tomada de decisão, em curto, médio e longo prazos (Phaal *et al.*, 2004).

Por meio de estudos prospectivos, uma organização pode antecipar e entender o rumo das mudanças, auxiliar seu processo de tomada de decisão, estabelecer prioridades em P&D e gestão de riscos de suas inovações, auxiliar na busca de oportunidades para inovação, refletindo, assim, no aperfeiçoamento de suas atividades e na conquista tecnológica e mercadológica frente aos seus concorrentes (Brown e Svenson, 1998; Furlanetto, 2013; e Furlanetto e Oliveira, 2006).

Dentre as diversas abordagens de estudos prospectivos existentes na literatura, no campo da ciência e da tecnologia, uma técnica de prospecção tem se destacado ao longo das últimas décadas, a saber, *Technology Roadmapping*, cujo objetivo, em suma, é o planejamento e análise de tecnologias em um espaço de tempo predefinido, de forma a mapear as tendências de uma área científica e tecnológica (passado recente e presente) antecipando, assim, oportunidades de negócios (futuro em curto, médio e longo prazos).

Em outras palavras, o *roadmapping* pode ser considerado uma abordagem estratégica para o gerenciamento e planejamento da inovação, tendo como seu principal resultado o *roadmap*, uma representação gráfica da rota de evolução tecnológica integrando perspectivas organizadas nas camadas mercado, tecnologia e produto em uma linha de tempo (hoje e o amanhã que será construído, onde as perspectivas das

camadas coexistirão). Esse método possui uma abordagem flexível<sup>28</sup> em termos dos diferentes objetivos traçados e os tipos de formatos que o *roadmap* pode tomar (Treitel, 2005).

Portanto, alguns autores entendem que o surgimento do TRM teve como principal motivação a necessidade de criação de uma estrutura de mapeamento de informações, geradoras de conhecimento estratégico, interligando o trinômio: tecnologia, produto e mercado ao longo do tempo (Grossman, 2004).

## 2.2 *Roadmapping* e *Roadmap*: Conceitos básicos e fundamentais

*Roadmapping* ou *Technology Roadmapping* ou *TRM* é uma ferramenta de tomada de decisão usada, principalmente, na indústria<sup>29</sup> para o desenvolvimento de estratégias de planejamento de forma a alinhar mercado, produto e tecnologia em três camadas distintas em um horizonte temporal definido (Phaal *et al.*, 2004). O método possui uma abordagem variada a fim de abranger diferentes objetivos e cenários, como pode ser observado através da literatura existente.

De acordo com Garcia e Bray (1997), *Technology Roadmapping* é um método de planejamento direcionado pela necessidade e não pela solução, sendo este um meio de identificar, selecionar e desenvolver alternativas tecnológicas para satisfazer um conjunto de necessidades. Destaca, ainda, que o método pode ser representado em dois níveis setoriais: corporativo<sup>30</sup> ou industrial<sup>31</sup>.

---

<sup>28</sup> Apesar do TRM possuir uma abordagem eficiente e flexível, os benefícios inerentes deste podem não ser alcançados se houver dificuldades na adaptação do método a fim de atender as necessidades específicas da organização (Borschiver (2016)).

<sup>29</sup> Corporações e agências de governos também utilizam essa ferramenta. Outros autores, como Carvalho *et al.* (2013), destacam seu uso no meio acadêmico. Lee e Phaal (2013), por exemplo, introduziram um método de *roadmapping* integrado para serviços, dispositivos e tecnologias capazes de implementar um projeto de desenvolvimento de P&D de cidade inteligente na Coreia.

<sup>30</sup> De acordo com os autores Garcia e Bray (1997), o *Technology Roadmap* corporativo significa: “This is a technology roadmap developed internally by a single company/university/laboratory as part of their technology planning. This may be done within the context of a broader industry roadmap or it may be done independently of any external planning.” (Tradução livre da autora: Este é um mapa de tecnologia desenvolvido internamente por uma única empresa/universidade/laboratório como parte do seu planejamento tecnológico. Isso pode ser feito dentro do contexto de um mapa mais amplo da indústria ou pode ser feito de forma independente de qualquer planejamento externo).

<sup>31</sup> De acordo com os autores Garcia e Bray (1997), o *Technology Roadmap* industrial significa: “This is a technology roadmap developed collaboratively to address specific needs of multiple companies, either as a consortium or as an entire industry.” (Tradução livre da autora: Este é um mapa de tecnologia



Lizaso e Reger (2004) definem que o objetivo do *Roadmapping* é a avaliação técnica de um futuro possível, desejável e esperado a fim de proporcionar meios que possibilitem avançar diante deste. Neste sentido, os autores entendem que existem quatro pré-requisitos no desenvolvimento do *roadmap*:

- O *Roadmapping* deve ser orientado por necessidades (*needs-driven*) ou impulsionado por uma missão/um objetivo (*mission-pull*). Portanto, a pesquisa e o desenvolvimento ocorrerão quando esta aplicação for estabelecida.

- O método deve integrar os detentores de problemas e os provedores de soluções em um consenso de equipe integrada e cooperativa.

- O método deve ser abrangente de forma a fornecer meios para identificar, avaliar e selecionar as alternativas tecnológicas que podem ser usadas para satisfazer as necessidades e objetivos em curto, médio e longo prazos.

- De forma a ser confiável e defensável, devem ser documentados os motivos determinantes das decisões. Esta etapa do processo conduzirá a um novo estágio, a saber: extração de indicadores de controle.

Para Kappel (2001), o *roadmapping* (a atividade) pode ser feito com diferentes propósitos, enquanto que os *roadmaps* (os documentos gerados) podem remeter diferentes aspectos de um problema de planejamento. Para o autor, os *roadmaps* ainda podem ser caracterizados por prever o que é possível ou provável de acontecer, e também por planejar a articulação de um curso de ação.

Albright (2002) entende que o processo *roadmapping* permite que uma equipe planeje e execute um caminho para alcançar seus objetivos, assim como um *roadmap* permite que um viajante decida entre rotas alternativas para chegar a um destino. *Roadmaps* ligam estratégia a ações futuras e incorporam explicitamente um plano para capacitação e tecnologias necessárias para estarem no lugar certo e na hora certa.

Tanto Albright (2002) como Kappel (2003) consideram que os *roadmaps* devem possuir quatro áreas: mercado, produto, tecnologia e plano de ação.

De acordo com De Oliveira *et al* (2013), o *technology roadmapping* é uma abordagem utilizada para a identificação, definição e mapeamento das estratégias, objetivos e ações relacionadas com a inovação em uma organização ou negócio. Considera, ainda, que o *roadmap*, como representação gráfica resultante dessa abordagem, é uma ferramenta que integra as visões de diferentes áreas por camadas

(geralmente, produto ou serviço, tecnologia e mercado ou negócio) de forma a alinhar essas visões em uma linha de tempo. O alinhamento dessa integração entre camadas e tempo busca construir uma visão do futuro ao responder três perguntas relacionadas com a evolução tecnológica de uma organização ou negócio: “Onde estamos?”, “Aonde queremos chegar?” e “Como chegaremos?”.

Nas últimas décadas, além de despertar o interesse de acadêmicos e profissionais, essa ferramenta de tomada de decisão tem sido extensivamente aplicada em diversos setores e organizações industriais com o intuito de decifrar e enfrentar o ambiente global competitivo e volátil.

Na década de 70, por exemplo, o método foi implementado com sucesso pela Motorola com a finalidade de melhorar o alinhamento entre tecnologia e inovação frente às tendências do mercado de eletrônicos (Phaal *et al.*, 2004; Coelho *et al.*, 2005) uma vez que ao longo dos anos, os produtos e os processos na área de eletrônicos ficaram muito complexos, tornando-se perigoso negligenciar o surgimento de novos elementos relacionados às tecnologias.

Ainda hoje, a Motorola usa dois tipos de *roadmaps* tecnológicos a seu favor, o “*Emerging Technology Roadmap*”, que lida com uma única tecnologia nova e emergente e avalia a qualificação tecnológica da Motorola frente a essa tecnologia, assim como compara sua capacitação frente aos competidores (hoje e no futuro), e tenta prever o progresso da tecnologia. Ao passo que o “*Product Technology Roadmap*” reúne conhecimento para proporcionar melhor compreensão na linha temporal do produto (passado, presente e futuro) encorajando, assim, o uso de ferramentas no processo de planejamento e gerenciamento do produto e o fornecimento de meios para avaliação do progresso dessas atividades (Willyard e McCless, 1987; Bergelt, 2000, Richey & Grinnell, 2004; Letaba *et al.*, 2015).

Desde então, o método tem sido usado por uma variedade de contextos, particularmente, em nível corporativo e nível industrial, assim como em Laboratórios Governamentais (Garcia e Bray, 1997). Já no campo acadêmico, podemos notar que o interesse pelo método teve início na década de 90. Entretanto, apenas a partir de 2004, é possível identificar um aumento expressivo no número de publicações, no geral, motivadas pelo interesse de pesquisadores em avaliar os resultados do TRM (Carvalho *et al.*, 2012, 2013).

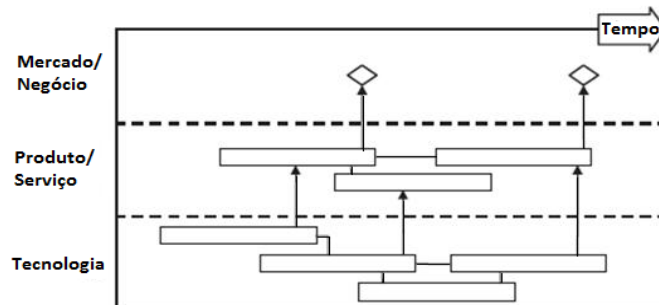
Ao longo deste trabalho, a autora entende o *technology roadmapping* como um método flexível com a finalidade de auxiliar no planejamento estratégico do trinômio

mercado, produto e tecnologia de maneira integrada ao longo do tempo, a partir de abordagens compostas de dimensões micro, meso e macro dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação, enquanto que o termo *roadmap* consiste no documento gerado neste processo (baseado em Albright; Kappel, 2003; Kappel, 2001; Phaal *et al.*, 2001, 2004, Garcia e Bray, 2005).

### 2.3 Arquitetura do *Roadmap*

Devido à flexibilidade do método, os *roadmaps* podem apresentar diversas formas de apresentação gráfica. No entanto, observa-se que a arquitetura mais comum do *roadmap* é uma representação, conforme Figura 28, baseada na dimensão tempo e nos aspectos relevantes do negócio (mercado, produto e tecnologia)<sup>32</sup>.

Figura 28– Arquitetura comum de um *roadmap*



Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2003).

A combinação dos eixos do *roadmap* é um fator distintivo entre a abordagem do método *roadmapping* e as demais abordagens<sup>33</sup> aplicadas para planejar, desenvolver e gerenciar a inovação. Isto pelo fato da arquitetura viabilizar a organização das informações de negócio e os conhecimentos técnicos disponíveis em documentos,

<sup>32</sup>Arquitetura proposta pela associação europeia European Industrial Research Management Association (EIRMA, 1997).

<sup>33</sup>Alguns exemplos de métodos e ferramentas de tomada de decisão bem conhecidos de especialistas são: Brainstorming, Delphi, Data Mining, Painel de Especialistas, Inteligência Competitiva, Análise SWOT – forças, fraqueza, oportunidades e ameaças, Método de análise Hierárquica – AHP, entre outros.

processos e/ou pessoas de diferentes áreas propiciando um esboço simplificado dos aspectos distintos da inovação.

Um ponto forte do método *roadmapping* é sua flexibilidade, a qual permite diversas alternativas de camadas e linhas de tempo para uso na arquitetura do *roadmap*, proporcionando um arranjo para auxiliar no planejamento estratégico (Phaal *et al.*, 2004). No eixo vertical, por exemplo, encontram-se as camadas relacionadas a mercado e negócio, produtos e serviços, assim como tecnologias e recursos, as quais estão estritamente ligadas à particularidade de cada organização e ao problema abordado por esta. O eixo horizontal, normalmente, retrata períodos entre passado recente, presente e futuro em curto, médio e longo prazos, sendo o intervalo de tempo aplicado em cada um desses períodos dependentes do contexto de cada aplicação.

Para melhor compreender as variedades de *roadmaps* encontrados na literatura, alguns autores adotaram critérios de classificação quanto aos seus tipos e formatos a fim de auxiliar uma discussão construtiva dos processos de prospecção tecnológica.

## 2.4 Tipos e formatos do *Roadmap*

Embora existam diferentes tipos e formatos de *roadmaps* disponíveis na literatura, os mais comuns são relatados por:

### 2.4.1 Garcia & Bray (1997):

Definem 3 tipos de *roadmaps*:

**(1) Roadmap de Produto:** dirigido pelas necessidades de produto e/ou processo.

**(2) Roadmap de tecnologia emergente:** direcionado a uma tecnologia específica, este foca a previsão do desenvolvimento e da comercialização de uma tecnologia emergente, assim como leva em consideração a vantagem competitiva relacionada da organização a essa tecnologia e como a posição da organização e a tecnologia em questão evoluirão.

**(3) Roadmap orientado a um determinado assunto:** pretende identificar os problemas e suas consequências para o planejamento estratégico e orçamento.

#### 2.4.2 Garcia & Bray (1997) e Kappel (2001):

Entendem que o *roadmap* pode ser representado em dois níveis setoriais:

**(1) Roadmap Corporativo:** Algumas organizações desenvolvem internamente como parte de seu planejamento tecnológico.

**(2) Roadmap Industrial:** Envolve a colaboração de múltiplas organizações para atender as necessidades específicas de várias empresas, seja como um consórcio ou como uma indústria inteira.

#### 2.4.3 Kappel (2001)

Sugere quatro grupos de *roadmaps* baseados em sua área de aplicação, a saber:

(1) **Ciência/tecnologia:** tem como objetivo compreender o futuro, identificar tendências, gerar previsões e definir metas de desenvolvimento para o setor.

(2) **Indústria:** tem como objetivo estabelecer as expectativas de desenvolvimento da tecnologia em termos de custo e desempenho para a competitividade de um setor.

(3) **Produto-tecnologia:** tem como objetivo alinhar as decisões de desenvolvimento de produto com as tendências de mercado e de tecnologia de uma empresa.

(4) **Produto:** tem como objetivo articular a direção e o cronograma de evolução de um produto e/ou famílias de produtos de uma empresa.

#### 2.4.4 Albright e Kappel (2003):

Os autores descreveram um procedimento de aplicação do método *technology roadmapping*, onde a organização deste é realizada através de quatro *workshops* (seminários), a saber: mercado, produto, tecnologia e geração de plano de ação e análise de risco. No geral, o seminário de mercado está relacionado à definição do mercado de interesse, seus direcionadores relacionados ao consumidor, panorama do grau de competitividade do mercado e estratégia competitiva. O seminário de produto foca na geração de um *roadmap* de produto, um mapa dos direcionadores do produto, alvos a serem alcançados para produção do produto, arquitetura do produto, plano de evolução. O seminário de tecnologia trabalha para desenvolver um *roadmap* de tecnologia, mapa de elementos voltado para a tecnologia, modelo de custos futuros. O seminário de geração do plano de ação está voltado para resumir as ações necessárias, mapa de investimentos e um *roadmap* de riscos.

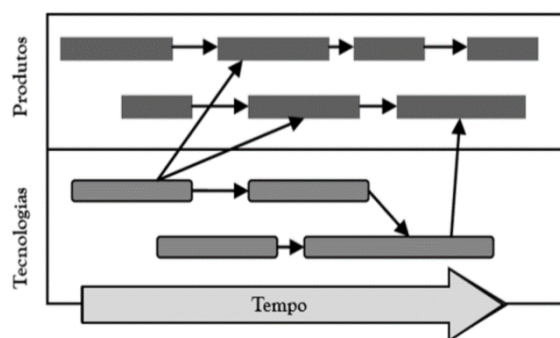
#### 2.4.5 Phaal et al. (2004):

Os autores analisaram um conjunto de aproximadamente quarenta (40) *roadmaps*, e os organizaram em dezesseis (16) áreas de estudo, sendo oito (8) destas relacionadas aos propósitos das organizações (planejamento de: produto, serviço e capacitação, estratégia, longo prazo, conhecimento, projeto, processo e integração) e as oito restantes relacionadas aos formatos gráficos (múltiplas camadas, barras, tabelas, gráficos, imagens, fluxograma, camada única e texto). Em outras palavras, os autores criaram uma caracterização de *roadmaps* divididas em propósitos ou formato. Seguem Figuras ilustrando os tipos de *roadmaps* separados por motivação ou propósito (Figuras 29 – 36) e por formatos (Figuras 37-42) assim como uma breve descrição destas baseada no relato dos autores.

### 2.4.5.1 Roadmaps baseados nos propósito/motivação:

- (a) Planejamento de Produto:** Conjunto de diferentes produtos é associado com as tecnologias necessárias para sua produção, ou seja, inserção de uma tecnologia em produtos manufaturados.

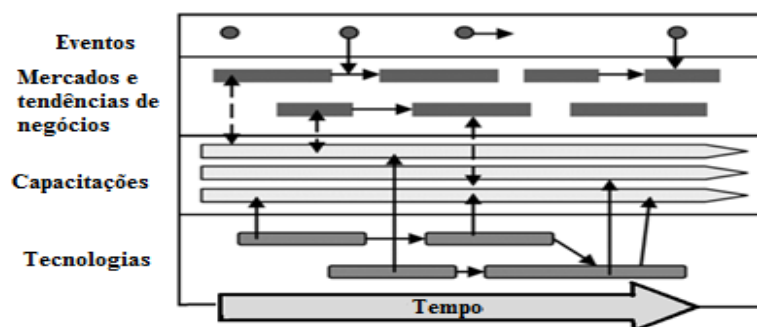
Figura 29 - Roadmap conforme Planejamento de Produtos



Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

- (b) Planejamento de serviço e capacitação:** O foco é como a tecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de recursos da empresa para a prestação de serviços. Está associado a inserção de uma tecnologia

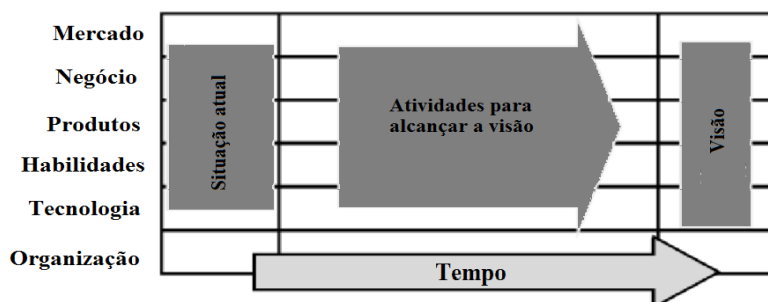
Figura 30 - Roadmap conforme Planejamento de serviço e capacitação



Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

**(c) Planejamento estratégico:** utilizado tipicamente no nível corporativo para auxiliar a avaliação de mudanças de direcionadores de negócio que resultem em diferentes oportunidades e ameaças a nível estratégico. Voltado à avaliação de oportunidades e ameaça.

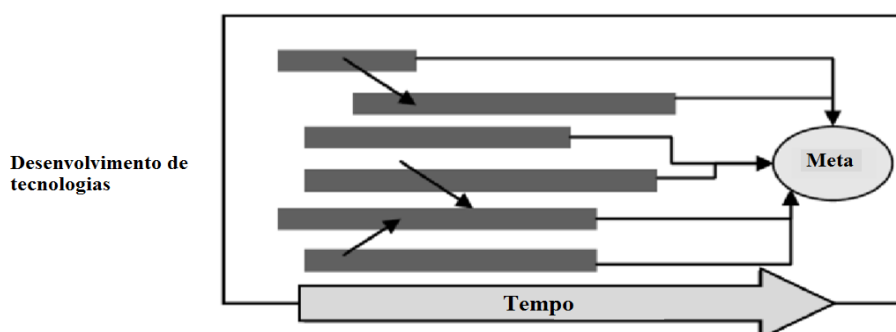
Figura 31 - Roadmap conforme Planejamento de estratégia



Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

**(d) Planejamento de longo prazo:** utilizado para atividades que requerem um planejamento de longo prazo, como planejamentos governamentais relacionados aos países.

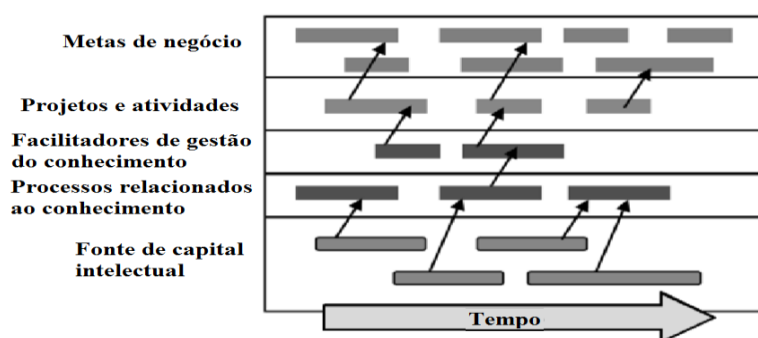
Figura 32 - Roadmap conforme Planejamento de longo prazo



Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

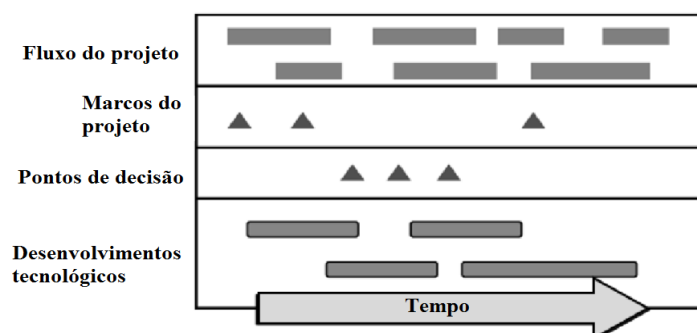
**(e) Planejamento de conhecimento:** alinha o capital intelectual da empresa aos objetivos de negócio a fim de entender as demandas futuras do mercado.



Figura 33 - *Roadmap* conforme Planejamento de conhecimento

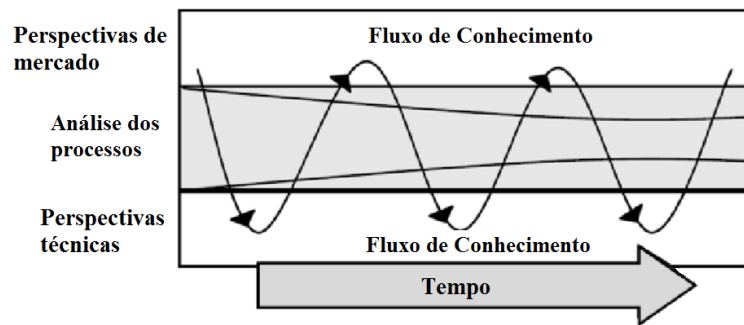
Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

**(f) Planejamento de projeto:** auxilia a implementação e o gerenciamento do programa estratégico de P&D.

Figura 34 - *Roadmap* conforme Planejamento de projeto

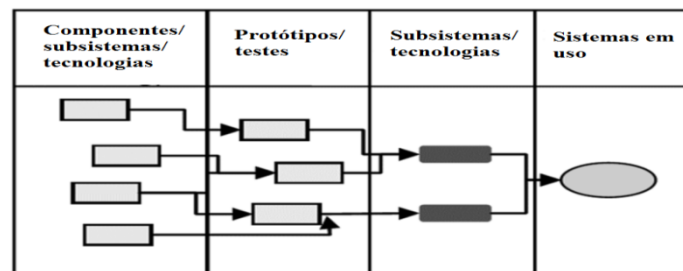
Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

**(g) Planejamento de processo:** auxilia na gestão do conhecimento ao focar em um processo de uma área particular da empresa (por exemplo, desenvolvimento de novos produtos).

Figura 35 - *Roadmap* conforme Planejamento de processos

Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

**(h) Planejamento de integração:** fornece uma visão da evolução e/ou integração das tecnologias, e como elas se combinam com produtos e sistemas para formar novas tecnologias.

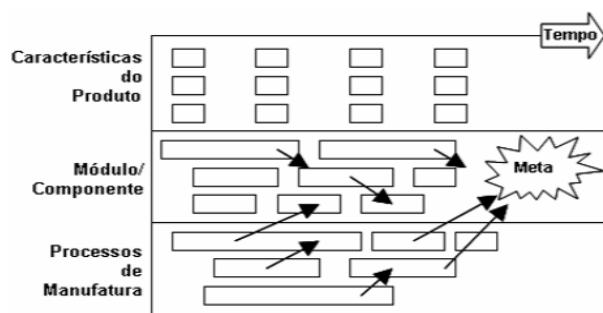
Figura 36 - *Roadmap* conforme Planejamento de integração

Fonte: Borschiver e Da Silva (2016) *apud* Bernal *et al.* (2009).

#### 2.4.5.2 *Roadmaps* baseados nos formatos:

**(a) Formato de múltiplas camadas:** compreende um formato com diversas camadas como tecnologia, produto e mercado. A evolução de cada camada pode ser explorada, juntamente com a conexão entre as subcamadas facilitando a integração.

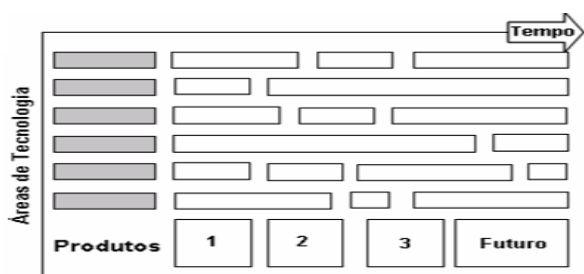
Figura 37 - Roadmap com formato de múltiplas camadas



Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

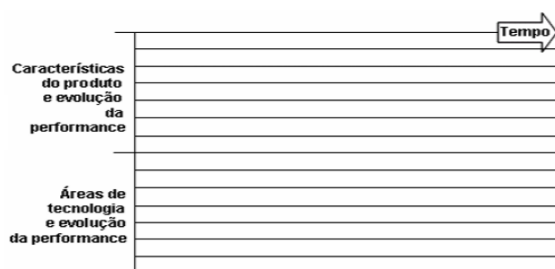
**(b) Formato de barras:** este formato tem a vantagem de ser simples e de condensar as saídas do mapa de forma a facilitar a comunicação, integração e o desenvolvimento de um software de suporte à geração do *roadmap*.

Figura 38 - Roadmap com formato de barras



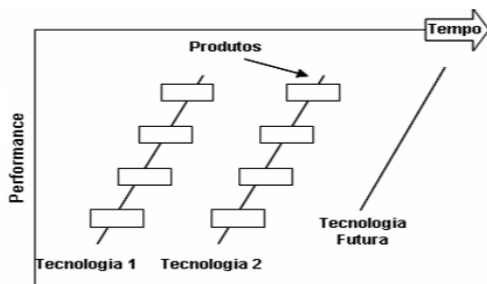
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

**(c) Formato de tabelas:** esse formato, quando aplicado, geralmente, expressa o desempenho quantitativo do produto ou da tecnologia em função do tempo.

Figura 39 - *Roadmap* com formato de tabelas

Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

**(d) Formato de gráficos:** é utilizado quando o desempenho do produto ou da tecnologia pode ser quantificado e expresso em um gráfico (curva de experiência) para cada subcamada.

Figura 40 - *Roadmap* com formato de gráficos

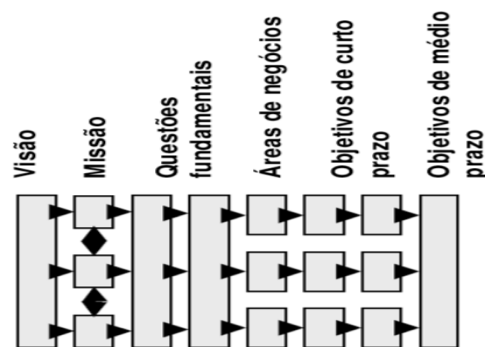
Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

**(e) Formato de figuras:** adota representações figurativas para comunicar a integração tecnológica e os planos, por exemplo, árvores.

Figura 41 - *Roadmap* com Formato de figuras

Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

**(f) Formato de fluxogramas:** é um tipo específico de figura em forma de fluxo, representando objetivos, ações e saídas.

Figura 42- *Roadmap* com formato de fluxogramas

Fonte: Adaptado de Phaal *et al.* (2009).

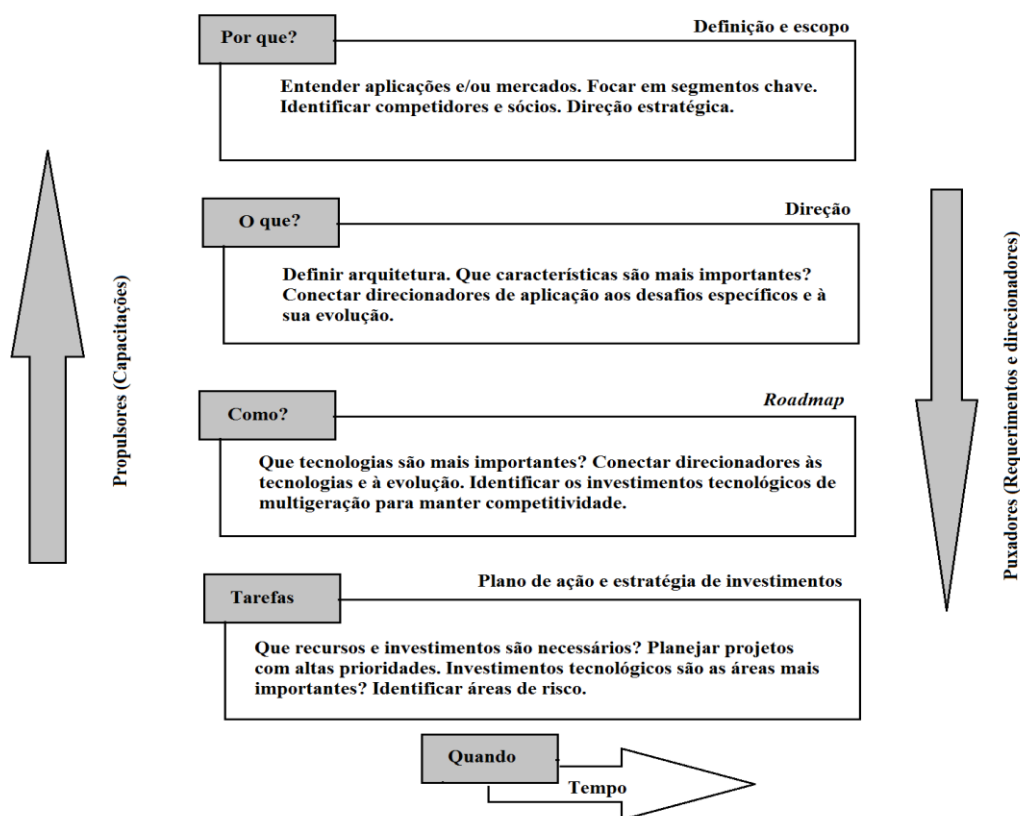
**(g) Formato de camada única:** este formato é uma variação do tipo camadas múltiplas, sendo que por usar uma única camada não demonstra a conexão entre elas.

**(h) Formato de texto:** são totalmente, ou predominantemente, baseados em texto e relatórios de apoio, descrevendo a mesma questão abordada nos formatos gráficos.

## 2.5 Estrutura do *Roadmap*

De acordo com Albright (2007), os *roadmaps* definem um objetivo futuro e respondem a um conjunto de perguntas essenciais a fim de desenvolver um plano de ação para alcançar o objetivo traçado. A Figura 43 mostra as quatro partes da arquitetura do *roadmap* que respondem essas questões e apresentam as ações necessárias.

Figura 43 - Estrutura do *Roadmap*



Fonte: Adaptado de Albright (2007).

De forma resumida, a primeira parte representa o domínio do *roadmap*, sendo delimitado pelos objetivos traçados e as estratégias que serão usadas para alcançá-los. Esta etapa é conhecida como o “porquê” de um *roadmap*. A segunda parte define em que direção seguir, sendo definida como a etapa do “o quê” do *roadmap*, onde planos de

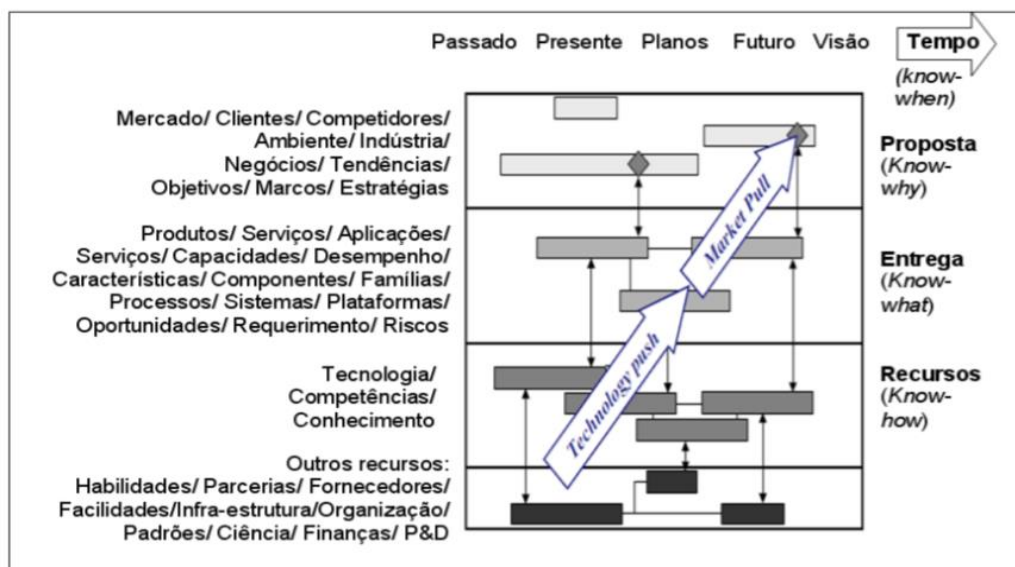
ação são esboçados. A terceira etapa trata da evolução das tecnologias que serão usadas para alcançar os objetivos, sendo esta o “como” de um *roadmap*. A quarta parte, conhecida como etapa de estabelecimento de “tarefas” do *roadmap*, define o plano de ação e os riscos. Embora o *roadmap* possa ter uma variedade de objetivos, esse modelo proposto por Albright responde um conjunto ordinário de perguntas (por que?-o que?-como?-quando?) a fim de proporcionar uma plano de ação que alcance o objetivo. A arquitetura proposta abrange uma larga variedade de objetivos em um formato ordinário, o qual pode gerar diferentes tipos de *roadmaps*.

Phaal *et al.* (2004) observaram que as estratégias das inovações são construídas a partir de duas rotas: *market pull* (puxadas pelo mercado) e *technology push* (empurradas pela tecnologia). Na primeira rota, a inovação é justificada pela perspectiva do mercado e objetivos do negócio, e tem como características priorizar oportunidades, ser estruturada, convergente e orientada aos clientes. Na segunda rota, as tecnologias fomentam as inovações para o mercado, e tem como características buscar oportunidades, ser desestruturada e divergente. Ambas as rotas necessitam de processos diferentes para o desenvolvimento de inovação.

Na rota puxada pelo mercado, as camadas de um *roadmap*, geralmente, ilustram o porquê da inovação (camada superior - mercado/negócio), o que desenvolver para inovar (camada intermediária – produtos/serviços) e como fazer esse desenvolvimento (camada inferior - tecnologia). Na rota contrária, as tecnologias tornam-se o porquê das inovações (camada inferior). O domínio de uma tecnologia pode motivar a criação de novos produtos ou serviços demandando, assim, a geração de novos negócios e mercados (De Oliveira *et al.* (2013)).

A Figura 44 ilustra a arquitetura do *roadmap* utilizando as abordagens *market pull* e *technology push* acima comentadas.

Figura 44 - Arquitetura do *roadmap* utilizando as abordagens *market pull* e *technology push*



Fonte: Adaptado de Phaal et al. (2004).

## 2.6 Processo de aplicação (metodologia adotada por diversos autores) e boas práticas do TRM

As fases do método “*technology roadmapping*” adotado na estruturação deste trabalho trata-se de uma adaptação do método de construção do “*roadmap*” efetuado por Garcia e Bray (1997), o qual pode ser conduzido em três fases: atividades preliminares, desenvolvimento do “*roadmap*” e atividades de continuidade (Tabela 5). Nenhuma dessas aplicações foi usada em seu inteiro teor neste trabalho. Entretanto, a autora utilizou de alguns conceitos considerados relevantes. Deve ser observado que por ser um método flexível, o TRM permite a combinação de conhecimentos.

Na presente adaptação também foi considerado o ensinamento utilizado na metodologia desenvolvida por Suzana Borschiver e Andrezza da Silva (2016), o qual pode ser conduzido em três fases: Fase Pré-prospectiva, Fase Prospectiva e Fase Pós-prospectiva, conforme pode ser visto na Figura 46. A fase Pré-prospectiva mencionada por Borschiver e da Silva (2016) se assemelha a fase preliminar citada por Garcia e Bray (1997). Da mesma forma, a fase prospectiva e a fase Pós-prospectiva das autoras são semelhantes à fase de desenvolvimento do “*roadmap*” de Garcia e Bray (1997).

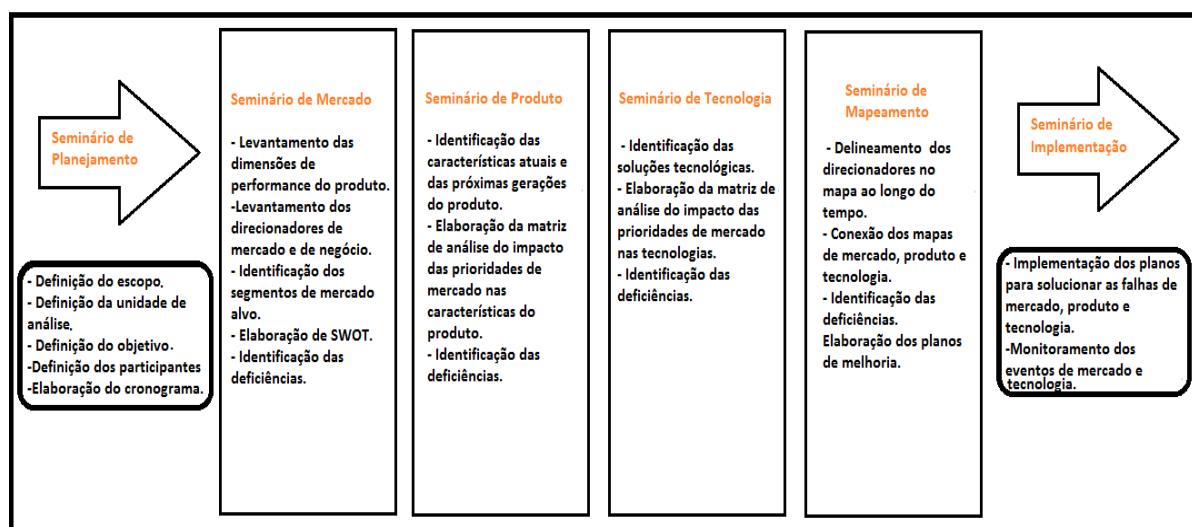


No entanto, a fim de melhor ilustrar os processos de aplicações mais citados na literatura pertinente, adicionalmente, segue breve descrição relacionada à metodologia adotada no Manual T-plan de Phaal *et al.* (2001 e 2004) e à metodologia adotada por Albright e Kappel (2003); assim como breve descrição relacionada às metodologias empregadas nesse estudo (Garcia & Bray e Suzana Borschiver & Andrezza da Silva).

#### 2.6.1 Metodologia adotada no Manual T-plan de Phaal *et al.* (2001 e 2004)

O manual *T-plan* é um guia prático que oferece uma orientação passo a passo de como aplicar um roadmapping em uma organização usando o mínimo de recursos. O manual abrange todos os aspectos do método, incluindo planejamento, gerenciamento e implementação deste, sendo estruturado através da elaboração de seminários (*workshops*). Adaptações do processo assim como manter o *roadmap* vivo (atual) também são considerados no manual.

Antes de iniciar os seminários (mercado, produto, tecnologias e mapeamento), o manual destaca a importância da etapa de planejamento, que tem a função essencial de definir o objetivo da aplicação do método, o escopo, as unidades de análise, o horizonte de planejamento, o facilitador dos seminários, o patrocinador, os participantes, assim como elaborar o cronograma. É a fase que determina se a metodologia atende aos requisitos específicos da organização (Phaal *et al.*, 2004).

Figura 45 - Etapas do *roadmapping* segundo Phaal

Fonte: Adaptado de Borschiver e da Silva (2016).

O manual identifica importantes lacunas de conhecimento (deficiências e falhas) sobre o mercado/negócio, sobre produtos/serviços e sobre as tecnologias que serão usadas, auxilia na estratégia tecnológica e iniciativas de planejamento e facilita a comunicação entre área técnica e comercial (Borschiver e da Silva, 2016). No término do levantamento de informações técnicas (captadas nos seminários) relacionadas ao mercado, produto e tecnologia, os participantes terão a oportunidade de identificar as deficiências e falhas encontradas, criando, assim, uma extraordinária oportunidade de planejamento de melhorias, tal como ilustrado na Figura 45.

## 2.6.2 Metodologia adotada por Albright e Kappel (2003)

Assim como o manual acima, a aplicação do método também vislumbra a organização de seminários (mercado, produto, tecnologia e geração do plano de ação e análise de risco). Em resumo, esta aplicação é estruturada em quatro seminários, sendo os três primeiros direcionados para as camadas principais da arquitetura do *roadmap* (mercado/negócio, produto/serviço e tecnologia) e o quarto *workshop* consolida os resultados dos três primeiros e elabora um plano de ação e um mapa com os riscos que devem ser monitorados.

### 2.6.3 Metodologia adotada por Garcia e Bray (1997)

Essa aplicação é composta por três fases, sendo a primeira delas a definição de atividades preliminares. É durante esta primeira fase que os objetivos estratégicos são explicitamente esboçados e as partes interessadas relevantes são identificadas e a gestão do *roadmapping* tecnológico é criada. A segunda fase é um desenvolvimento em si do TRM dividido em sete passos que podem ser aplicados tanto no nível corporativo quanto no nível industrial. E a última fase é sobre atividades de continuidade que também incluem sua revisão e atualização. Nesta fase ocorre a crítica, validação e aprovação do *roadmap* elaborado através de três passos.

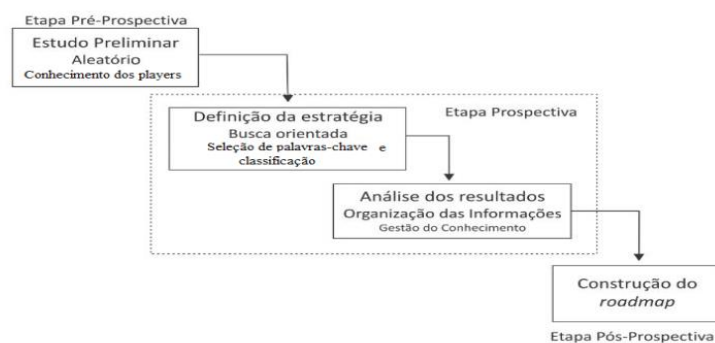
Tabela 5 - Fases do processo de aplicação do *technology roadmapping* Segundo Garcia & Bray (1997)

Fase I	<p><b>Atividade Preliminar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satisfazer as condições essenciais.</li> <li>2. Estabelecer liderança/patrocinador.</li> <li>3. Definir o escopo e limites para o <i>technology roadmapping</i>.</li> </ol>
Fase II	<p><b>Desenvolvimento do <i>technology roadmap</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar o “produto” que será foco do <i>roadmapping</i>.</li> <li>2. Identificar os requerimentos críticos do sistema e suas metas.</li> <li>3. Especificar as áreas tecnológicas majoritárias.</li> <li>4. Especificar os direcionadores tecnológicos e seus alvos.</li> <li>5. Identificar as alternativas tecnológicas e suas linhas do tempo.</li> <li>6. Recomendar as alternativas tecnológicas que podem ser atingidas.</li> <li>7. Criar o relatório de <i>technology roadmapping</i>.</li> </ol>
Fase III	<p><b>Atividade de continuidade</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criticar e validar o <i>Roadmap</i>.</li> <li>2. Desenvolver o plano de implementação.</li> <li>3. Revisar e atualizar.</li> </ol>

Fonte: Adaptado de Garcia & Bray (1997)

#### 2.6.4 Metodologia adotada por Suzana Borschiver e Andrezza da Silva (2016)

Figura 46 - Etapas do *roadmapping* segundo Borschiver e da Silva



Fonte: Adaptado de Borschiver e da Silva (2016).

A etapa pré-prospectiva está dividida em quatro fases, sendo estas: (1) identificação do tema a ser estudado, (2) levantamento bibliográfico do tema (estado da técnica/arte), (3) estabelecimentos de objetivos, e (4) estratégias traçadas para elaboração de *roadmap* do produto desejado. A etapa prospectiva está dividida em duas fases: (1) pesquisa direcionada, por exemplo, busca na base de patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos; e (2) análise dos resultados gerados pela busca. A etapa pós-prospectiva está dividida em duas fases: (1) Elaboração e análise do *roadmap*; e (2) Conclusão. Essas fases estão descritas detalhadamente no capítulo de metodologia.

#### 2.6.5 Boas práticas de TRM

É possível encontrar na literatura alguns autores abordando boas práticas em planejamento, implementação e atividades de continuidade para operacionalização do *roadmapping*. Por exemplo, após realizar busca em algumas das principais referências de *roadmapping*, De Oliveira *et al.* (2013) definiram 10 melhores práticas para realização do método *roadmapping*, as quais seguem enumeradas:

- 1 - Definição e comunicação dos objetivos e da unidade de análise no início do processo;
- 2- Execução de projetos-piloto para o entendimento e adaptação do processo;
- 3- Comprometimento de uma pessoa influente na organização;
- 4- Participação de pessoas de diferentes áreas organizacionais e com visão de futuro;
- 5- Participação de facilitadores na coordenação do processo;
- 6- Participação de especialistas externos;
- 7- Utilização de uma linguagem visual comum;
- 8- Definição de uma linha do tempo coerente com os objetivos e a unidade de análise;
- 9- Integração do *roadmapping* com os processos de negócio da organização;
10. Adaptação do processo de *roadmapping* e da arquitetura do *roadmap*.

Cabe destacar que o TRM pode abranger a aplicação de algumas ferramentas de tomadas de decisão para preenchimento de lacunas no *roadmap*, tais como Delphi/painéis de especialistas, *brainstorming*, análise de impacto, as cinco forças de Porter, inteligência competitiva, cenários e portfólio, entre outras. De acordo com De Oliveira *et al.* (2013), o *roadmap* pode apresentar algumas limitações quando não utiliza outras ferramentas complementares, pois pode não atender todas as necessidades relacionadas com o gerenciamento e planejamento da inovação. Os autores selecionaram e descreveram algumas ferramentas complementares com a finalidade de enriquecer os resultados do *roadmapping*, de acordo com os três tipos de limitações<sup>34</sup> encontradas nos *roadmaps*. A Tabela 6 é uma adaptação da tabela encontrada no livro dos autores (De Oliveira *et al.* (2013)).

---

<sup>34</sup>Limitações nos elementos de cada camada; Limitações nas ligações entre as camadas e Limitações na previsão do futuro.

Tabela 6 - Ferramentas que podem ser aplicadas para complementar o resultado do *Roadmapping*

Tipo de Limitação	Função das Ferramentas	Ferramentas selecionadas
Elementos de cada camada	Aquisição de informações	<b>Camada de mercados e negócios:</b>
		1. Missão e Visão
		2. SWOT
		3. Modelo das 5 Forças
		4. Voz do Cliente e Modelo de Kano
		<b>Camada de mercados e negócios:</b>
		5. Gestão de Portfólio
		6. Planejamento de Plataformas
		<b>Camada de tecnologia e recursos:</b>
7. Nível de Prontidão de Tecnologias		
8. Valoração de Tecnologias		
9. Mapeamento de Competências		
Ligações entre camadas	Integração de informações	10. Matrizes de Correlação 11. PERT/CPM
Previsão do futuro Projeção de informações	Projeção de informações	12. Planejamento de Cenários 13. Oceano Azul 14. Inovação Aberta

Fonte: Tabela adaptada de De Oliveira *et al.* (2013)

## 2.7 Benefícios do TRM

A literatura pertinente (Garcia & Bray, 1997, Phaal *et al.* (2004, 2009), Albright, 2007, Lee *et al.* (2009) e Borshiver e da Silva (2016)) relata diversos benefícios concernente à aplicação do método *Technology Roadmapping*<sup>35</sup> pelas organizações. Seguem destacados alguns destes:

- Pode ter como foco o planejamento estratégico integrado das organizações;
- Pode ser aplicado em uma ampla variedade de contextos devido à sua flexibilidade;

<sup>35</sup>E do(s) roadmap(s) gerado(s).

- Facilita a comunicação entre vários setores de uma organização devido à sua representação gráfica (*roadmap*);
- Tende a gerar uma visão comum dentro da organização em virtude da troca de conhecimento entre equipes possuindo abordagens diversificadas;
- Pode auxiliar no desenvolvimento de um consenso sobre um conjunto de necessidades e tecnologias necessárias para o desempenho destas;
- Pode fornecer uma estrutura de apoio ao planejamento e coordenação dos desenvolvimentos de tecnologia tanto no nível corporativo quanto no nível industrial;
- Viabiliza um mecanismo para projetar a evolução tecnológica em áreas específicas;
- Disponibiliza informações com o intuito de auxiliar na tomada de melhores decisões quanto ao investimento em tecnologia através da identificação de tecnologias críticas ou lacunas de tecnologia que devem ser preenchidas para atender às metas de desempenho do produto, assim como através da identificação de maneiras de alavancar investimentos de P&D através da coordenação de atividades de pesquisa;
- Pode planejar e executar uma rota a fim de alcançar os objetivos traçados por uma equipe;
- Incorpora de forma objetiva um plano para as capacitações e tecnologias necessárias com o propósito de obter a meta traçada no lugar certo e no tempo exato;
- Conecta de forma eficaz o planejamento de negócio com o planejamento tecnológico;
- Pode apresentar a coevolução de tecnologias, uma vez que pode auxiliar no planejamento e gestão tecnológica oferecendo uma descrição visual (*roadmaps*) ao mostrar as relações entre projetos de pesquisa e de desenvolvimento.
- Entende as forças que orientam o futuro;
- Antecipa e entende a rota das mudanças;
- Apoia o processo de tomada de decisão com relação à inovação;
- Orienta as decisões relativas ao estabelecimento de prioridades em P&D;
- Subsidiaria a gestão de risco das inovações tecnológicas;
- Habilita crescimento de portfólio de produto em linha com demandas corporativas e de mercado;
- Revela fraquezas de estratégia em longo prazo antes que se tornem críticas;

- Permite a comunicação associada com o desenvolvimento e disseminação de *roadmaps* a fim de alinhar perspectivas tecnológicas e comerciais, equilibrando a rota de “*market pull*” e “*technology push*”;

- Facilita a integração de novas tecnologias no negócio;
- Apoia a estratégia da empresa e os processos de planejamento;
- Identifica novas oportunidades de negócios para explorar tecnologia;
- Fornece informações de nível superior sobre a direção tecnológica do negócio;
- Apoia comunicação e cooperação no negócio (suporte ao planejamento dos negócios);
- Identifica lacunas no mercado e conhecimento técnico; e
- Apoia decisões de aquisição, alocação de recursos, gerenciamento de riscos e decisões de exploração; entre outros.

## 2.8 Desafios do TRM

Obviamente, existem alguns desafios relacionados ao planejamento, execução e implantação do TRM, tais como:

### 2.8.1 Iniciar o método TRM:

De acordo com Phaal *et al.* (2001, 2009), o desafio de como iniciar o processo pela primeira vez **NÃO** é uma questão trivial. A adaptação do método precisa estar de acordo com a realidade da organização, fazendo-se necessário a definição do escopo e limite do TRM (2001).

Desde o início deve ocorrer alto nível de comprometimento dos participantes. É, ainda, importante, estabelecer metas e ideias do futuro (visões) como um foco para desenvolver consenso entre os participantes. (Phaal *et al.*, 2009)



### 2.8.2 Desenvolver um método TRM robusto com metodologias de pesquisa apropriada, planos de ação e estratégias bem definidas:

De acordo com Muller (2005), esta é uma etapa essencial do método por compreender a seleção da tecnologia relevante disponível no mercado de atuação.

### 2.8.3 Implantar o método TRM:

É importante abordar que nenhum formato único é adequado para todas as situações, geralmente, a abordagem deve ser adaptada (Phaal *et al.* (2009)). Os *roadmaps* nem sempre se adequam a um único tipo, formato ou propósito, podendo resultar em uma figura híbrida por conter elementos variados destes (Borschiver e da Silva (2016)).

### 2.8.4 Manter o método TRM ativo em uma base contínua, entre outros.

De acordo com Phaal *et al.*, por ser um processo iterativo, são benéficas revisões periódicas do *roadmap* após o primeiro ter sido produzido de forma a mantê-lo constantemente atualizado (2001). Resultados precisam ser acompanhados, incluindo a aceitação/assimilação e o impacto (2009).

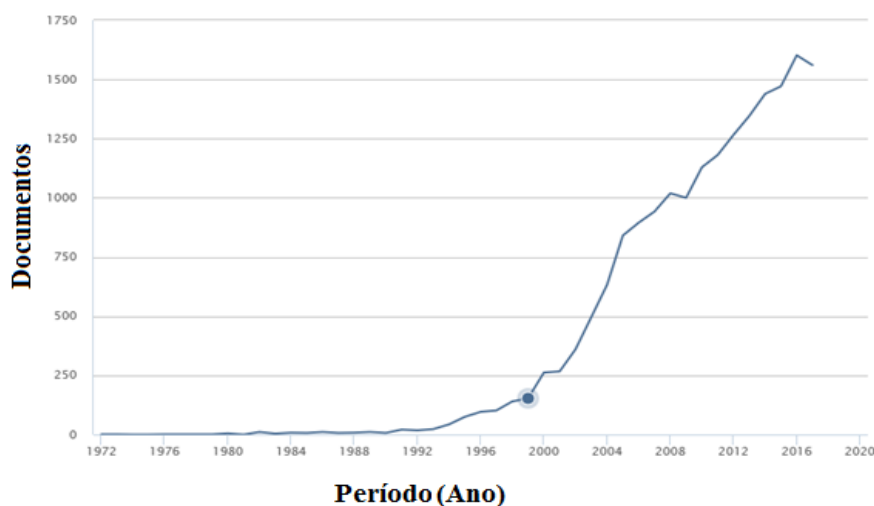
Um estudo realizado no Reino Unido em 2001 demonstrou que pelo menos 10% das empresas de médio e grande porte implementaram TRM. Sendo que destas empresas, 80% executaram o método mais de uma vez ou continuamente. (Phaal e Lee (2013)).

## 2.9 **Evolução do Roadmapping**

Com o intuito de analisar as tendências da evolução do método assim como sua relevância em diversos setores ao longo das últimas décadas, foi realizado um levantamento no *website* SCOPUS ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)) utilizando a palavra chave *roadmap*, onde pode ser verificado que:

A Figura 47 confirma a observação realizada por outros autores<sup>36</sup> da literatura, a saber: embora o método fosse conhecido desde os anos setenta, houve um aumento na evolução do mesmo a partir da década de 90. Cabe ressaltar que não foi considerado o ano de 2018 nos resultados que originaram os gráficos que se seguem.

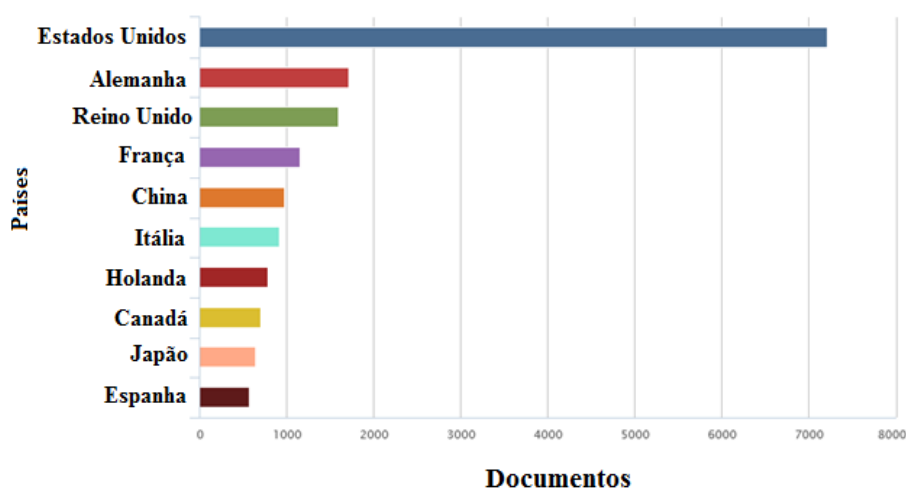
Figura 47 - Análise de *Roadmaps* por ano



Fonte: Adaptado do website SCOPUS, 2018.

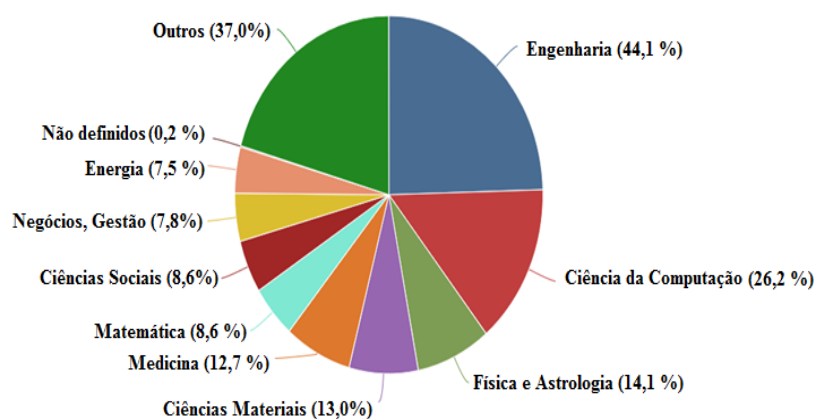
Na pesquisa, a partir dos artigos publicados encontrados na base SCOPUS, foi possível identificar os principais países, conforme mostrado na Figura 48:

<sup>36</sup> No artigo de Beeton (2007), o autor também observou um crescimento exponencial no interesse pelo método a partir do início da década de 90.

Figura 48 - Análise de *roadmaps* por país

Fonte: Adaptado do website SCOPUS, 2018.

A abordagem flexível do método ficou evidenciada no levantamento das áreas estudadas mostrada na Figura 49:

Figura 49 - Análise de *Roadmaps* por áreas

Fonte: Adaptado do website SCOPUS, 2018.

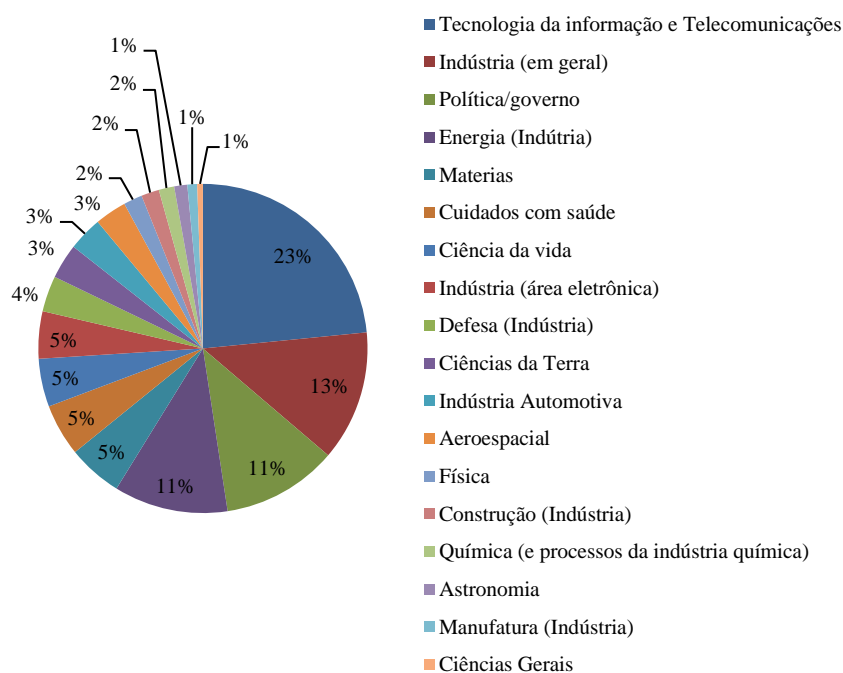
A Figura 49 demonstra uma concentração significativa de *roadmaps* elaborados concernente à área de engenharia ou correlatas, seguida pela ciência da computação. Essas áreas possuem alguns aspectos peculiares que as tornam mais propícias ao

desenvolvimento de atividades inovadoras, como, por exemplo, o curto ciclo de vida de produtos inovadores.

É notório que essas áreas estão sempre em busca de oportunidades de diversificação e desenvolvimento de novas tecnologias e novos produtos para alcançar o crescimento econômico através de atividades inovadoras. Desta forma, seria natural prever que áreas favoráveis à capacitação de inovação busquem continuamente conhecimento através de ferramentas capazes de auxiliar nas decisões relacionadas à inovação.

Nesta linha de raciocínio, cabe ressaltar que o autor Robert Phaal elaborou um estudo, onde foram identificados cerca de 1300 *Roadmaps* até 2008 que cobriam diversas áreas das ciências, tecnologia e indústria, os quais foram agrupados e separados por área como mostra a Figura 50:

Figura 50 - Panorama dos *roadmaps* encontrados por área a partir de Phaal *et al.* (2008)



Fonte: Adaptado das informações encontradas de Phaal *et al.* (2008).

Robert Phaal identificou que o maior número de *roadmaps* estava concentrado em áreas como Software, Computação e Tecnologia da Informação e Comunicação assim como energia e ciência. Similarmente aos resultados gerados neste estudo, as

áreas identificadas pelo autor podem ser consideradas estratégicas para alcançar o desenvolvimento econômico e social das nações e organizações.

Ainda é possível visualizar através do levantamento realizado na base SCOPUS (Figuras 47-49), acima mencionado, que:

- Os países que mais abordaram o método TRM são aqueles com maior grau de desenvolvimento econômico e social<sup>37</sup>.

- O crescimento desse método ocorreu ao longo das últimas décadas em vários setores, comprovando, assim, a importância do método tanto na área industrial, acadêmica como em outros setores da sociedade.

## 2.10 Considerações Finais

Conforme pode ser observado, nesse capítulo foram demonstrados os principais aspectos do *roadmapping* e *roadmap* com o objetivo de fornecer embasamento necessário para compreensão da ferramenta. Neste sentido, foram abordados temas como: (1) a perspectiva dos principais autores da área, (2) sua arquitetura mais genérica alinhando as camadas mercado, produto e tecnologia com o tempo, (3) tipos, formatos e estruturas de *roadmaps*, (4) processos de aplicação e boas práticas, (5) benefícios e desafios do TRM de forma a caracterizar o método como uma abordagem estratégica para o gerenciamento e planejamento da inovação.

A importância do método *technology roadmapping* está vinculada a possibilidade do planejamento e análise de tecnologias em um espaço de tempo predefinido, de forma a mapear as tendências de uma área científica e tecnológica antecipando, assim, oportunidades de negócios assim como investimento em P&D. Por conectar as estratégias de desenvolvimento de mercado, produto e tecnologia com a meta de negócio em um horizonte temporal, a ferramenta TRM produz conhecimento valioso, o qual possibilita ao seu gestor, por exemplo, uma vantagem competitiva frente aos concorrentes.

Finalmente, um panorama geral da evolução do método nas últimas décadas foi apresentado identificando os países e as áreas com maior percentual de utilização do

---

<sup>37</sup> O grau de desenvolvimento econômico e social de um país pode ser medido a partir dos investimentos em inovação tecnológica, sinônimo de crescimento e produtividade.

TRM, o que demonstra a grande aplicabilidade desta ferramenta em segmentos variados da sociedade, como já havia sido abordado por outros autores<sup>38</sup>.

No próximo capítulo serão apresentadas e analisadas as estratégias usadas nas etapas de pré-prospecção, prospecção e pós-prospecção para elaboração dos *roadmaps* da presente tese. A partir dessas etapas, alguns conceitos desenvolvidos neste capítulo serão evidenciados.

---

<sup>38</sup> *Por exemplo, Robert Phaal (2008).*

### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia de pesquisa empregada nesta dissertação, visando abordar as estratégias adotadas ao longo do presente estudo. Inicialmente, caracteriza-se a pesquisa realizada através da identificação do tipo aplicado de investigação, bem como suas principais características. Em seguida, são apresentadas as atividades realizadas em cada estágio da investigação assim como as atividades envolvidas na construção e análise do *Roadmap*.

#### 3.1 Caracterização da pesquisa

De acordo com a conceituação das formas clássicas de classificação de pesquisa (Silva & Menezes, 2001 e Gil, 2007), o presente estudo pode ser classificado:

##### **Quanto sua natureza:**

Pesquisa aplicada: por gerar novos conhecimentos direcionados a uma aplicação prática da ferramenta de decisão “*technology roadmapping*” de modo a mapear os principais avanços tecnológicos, em um horizonte temporal definido, a fim de demonstrar a dinâmica do setor de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada.

##### **Quanto sua abordagem:**

Pesquisa quantitativa: por levantar, analisar, comparar, compreender e interpretar dados quantitativos disponíveis na literatura técnica e científica.

Pesquisa qualitativa: por transformar os dados quantitativos em conhecimento através da análise e classificação destes dados.

**Quanto seu objetivo:**

Pesquisa exploratória: por buscar a obtenção de mais informação sobre um assunto com a finalidade de proporcionar maior familiaridade com este possibilitando construção de hipóteses.

**Quanto seu procedimento técnico:**

Pesquisa bibliográfica: por ser elaborada através de material já publicado.

Pesquisa documental: por ser elaborada a partir de materiais sem tratamento analítico.

A Tabela 7 é uma representação da classificação da pesquisa realizada no presente estudo da perspectiva de sua natureza, sua abordagem, seu objetivo e seus procedimentos técnicos utilizados.

Tabela 7 - Classificação da pesquisa realizada

<b>Perspectiva</b>	<b>Classificação da Pesquisa</b>
Natureza da Pesquisa	Aplicada
Abordagem	Quantitativa e qualitativa
Objetivo	Exploratória
Procedimentos técnicos	Bibliográfica

Fonte: Elaboração própria



### 3.2 Estratégia adotada para construção do *Roadmap*

Esse trabalho descreve um método “*technology roadmapping*” adaptado ao objeto de interesse, cujo “*roadmap*” gerado indica a tendência tecnológica de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada nos próximos dez anos.

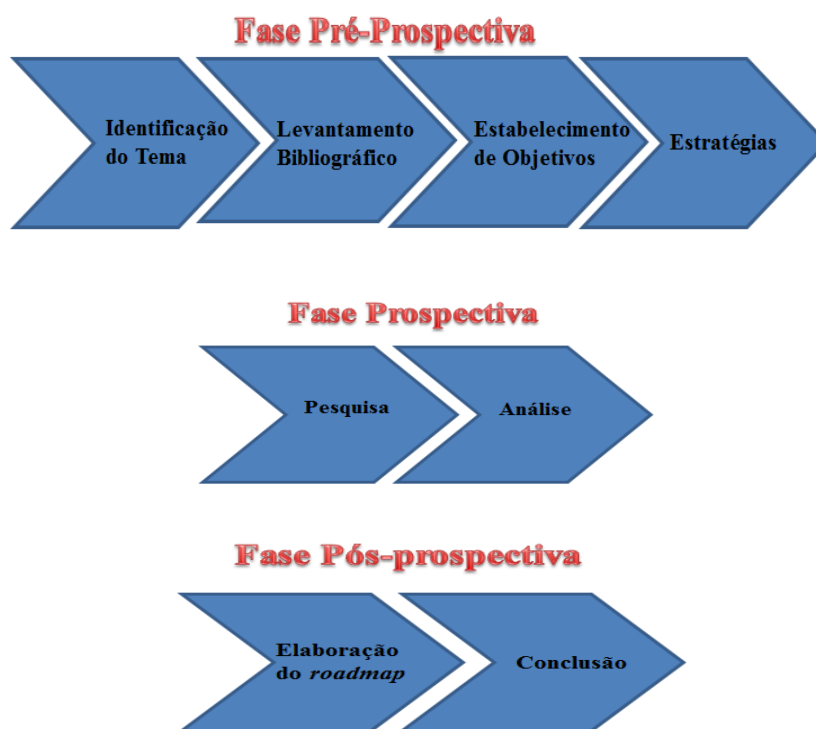
O trabalho, ora apresentado, define de forma simples e com clareza como os “*roadmaps*” foram construídos, através do detalhamento das etapas para a realização das fases. Desta forma, qualquer interessado com pouca ou nenhuma experiência em gestão tecnológica pode construir seu próprio “*roadmap*” sem a necessidade de contratar um perito na ferramenta “*technology roadmapping*”.

As fases do método “*technology roadmapping*” adotado neste trabalho tratam-se de uma adaptação do método de construção do “*roadmap*” efetuado por Garcia e Bray (1997) assim como a metodologia desenvolvida por Borschiver e da Silva (2016). Ambos os trabalhos estão descritos no capítulo 2 anterior referente ao método de tecnologia do *roadmap*.

A presente adaptação foi dividida em três fases, sendo estas: Fase Pré-prospectiva, Fase Prospectiva e Fase Pós-Prospectiva, as quais serão detalhadamente descritas através das suas etapas abaixo.

A Figura 51 ilustra o esquema aplicado na pesquisa, desde a identificação do tema até a conclusão, onde será desenvolvida uma proposta para adoção de medidas/ações a serem realizadas em laboratório para estimular o uso do conhecimento gerado para fomentar o desenvolvimento de novos produtos e novas tecnologias relacionadas ao objeto estudado.

Figura 51 – Metodologia Adotada na Dissertação



Fonte: Elaboração própria.

Como ilustrado na Figura 51, a metodologia adotada nessa dissertação apresenta três fases constituídas de dez etapas, sendo estas enumeradas a seguir:

### **Fase Pré-prospectiva:**

**1. Identificação do tema:** Tendo em vista a importância do agronegócio brasileiro, buscou-se identificar produtos ou tecnologias que poderiam ser utilizadas para geração de novos projetos relacionados a este mercado. Através desse reconhecimento inicial, constatou-se a importância dos fertilizantes, principalmente, dos fertilizantes nitrogenados, pois o nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos quantitativamente para o desenvolvimento e o crescimento da maioria das plantas (Trenkel, 2010).

**2. Levantamento Bibliográfico:** Esta etapa consistiu na pesquisa bibliográfica do tema através de livros, anuários de congressos, artigos científicos, pedidos de patente

e/ou patentes concedidas e periódicos relacionados ao tema fertilizante nitrogenado. Nesse levantamento inicial do estado da técnica/arte, foi identificada a classe de fertilizantes aperfeiçoados ou inteligentes. Esses são caracterizados dessa forma por liberar de forma lenta ou controlada os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas, atendendo, assim, as necessidades das mesmas. Em outras palavras, fertilizantes com utilização eficiente do nutriente.

**3. Estabelecimento de Objetivos:** Após o entendimento do tema, buscou-se identificar na classe de fertilizantes aperfeiçoados possíveis oportunidades para direcionamento de estratégias de novas linhas de pesquisa. Nesta etapa foi decidido que os fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada (produto do estudo) seriam o foco principal da pesquisa. Ainda, definiu-se dez anos como uma linha de tempo coerente com o objetivo traçado.

**4. Estratégias traçadas para elaboração de *roadmap* de fertilizante de liberação lenta ou controlada:** Em linhas gerais, as estratégias traçadas nessa etapa visavam à identificação de aspectos/características técnicas essenciais relacionadas ao fertilizante nitrogenado suportado de liberação controlada ou lenta permitindo, assim, o direcionamento da pesquisa na fase seguinte, ou seja, fase de prospecção. Com base nessa seleção, foram criadas as condições de contorno utilizadas como direcionadores na triagem de documentos relevantes a partir do levantamento dos documentos técnicos e científicos. Essa metodologia é bem diferente da relatada no capítulo 2, onde esses direcionadores são discutidos e selecionados em *workshops* dentro das empresas/indústrias com os participantes. Referidas condições estão detalhadamente descritas no próximo item relacionado à fase prospectiva.

### **Fase Prospectiva:**

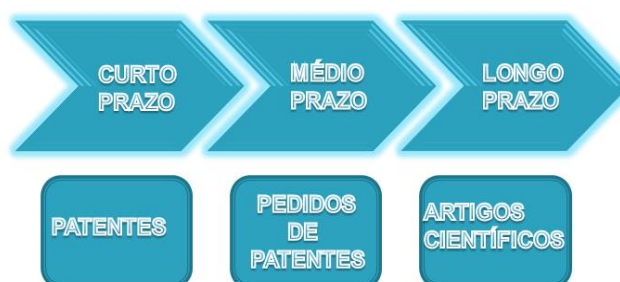
Com o objetivo de identificar as novas tendências tecnológicas e mercadológicas para os fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada em um horizonte de tempo definido, foram analisados diversos documentos técnicos e científicos, tais como patentes concedidas, pedidos de patente e artigos científicos.

A análise desses documentos tem como objetivo o suporte para a tomada de decisão relacionada a possíveis oportunidades para direcionamento de novas linhas de

pesquisa nessa área, a partir de seu produto final, o *roadmap* tecnológico, o qual apresenta os resultados em uma análise temporal relacionando os fatores críticos referentes ao mercado, ao produto e à tecnologia.

Com relação ao eixo temporal (Figura 52), as patentes concedidas por serem as primeiras evidências de um novo produto e/ou novo processo foram consideradas, nesse estudo, na sequência temporal considerada de curto prazo. Já o pedido de patente por ser considerado como uma expectativa próxima de um novo produto e/ou novo processo, foi considerado como médio prazo. Os artigos científicos por estar, no geral, no âmbito de pesquisa e não na geração imediata do produto ou processo em si foram considerados de longo prazo.

Figura 52 - Horizonte temporal traçado nessa metodologia



Fonte: Elaboração Própria.

Tendo em vista o acima exposto, a fase prospectiva constitui-se das seguintes etapas:

**1. Pesquisa na base de documentos de patentes concedidas:** a busca de patentes concedidas foi realizada por meio de consulta no banco de dados online do United States Patent Trademark Office (USPTO) e Espacenet da União Europeia de forma a esboçar um cenário com base nestas fontes de informação, bem como identificar possíveis parcerias.

**2. Pesquisa na base de documentos de pedidos de patente:** a busca dos pedidos de patente foi realizada por meio de consulta no banco de dados online do (USPTO) e Espacenet de forma a esboçar um cenário com base nestas fontes de informação, bem como identificar possíveis parcerias.

Segue descrição relacionada ao levantamento das referidas bases patentárias tanto para patentes como para pedidos de patente:

A busca foi realizada nas bases de dados de patentes USPTO e ESPACENET adotando os critérios de busca por (i) palavras-chave "*fertilizer and release and (slow or controlled) and (matrix or coat) and (encapsulate or impregnate or entrap)*"; (ii) através dos códigos da classificação internacional de patentes relacionados especificamente aos fertilizantes nitrogenados, os quais se enquadravam no código C05C e suas ramificações, como pode ser observado na Figura 53; e (iii) ano da concessão no caso de patentes concedidas ou ano da publicação no caso dos pedidos de patente, ambos os casos em um intervalo de tempo entre 2008 – 2018.

No entanto, a fim de refinar a busca de modo que nenhum documento relevante fosse perdido, ainda foram pesquisadas patentes e pedidos de patente com código de classificação C05G (MISTURAS DE FERTILIZANTES PERTENCENDO INDIVIDUALMENTE A DIVERSAS SUBCLASSES DA CLASSE C05 (...)).

Foram utilizadas estratégias de pesquisa diferentes no USPTO e ESPACENET, pois os bancos de dados funcionam de maneiras distintas. O USPTO permite buscas por palavras no título, resumo, relatório descritivo e/ou reivindicações, ao contrário do ESPACENET que só permite no título e/ou resumo, podendo ocorrer falhas no resultado. A classificação é um método menos falho, pois aparecem todos os documentos classificados em uma determinada categoria. Desta forma, a recuperação dos documentos de patentes e pedidos de patente na base americana foi realizada utilizando apenas palavras chaves. Na base europeia, no entanto, a recuperação dos documentos foi realizada utilizando primeiramente palavras chaves, e posteriormente, estas foram substituídas por códigos da classificação internacional relacionados ao fertilizante nitrogenado abrangendo desta forma a maior quantidade de patentes e pedidos de patente relacionados ao objeto de estudo.

Figura 53 - Classificação Internacional de Patentes relacionada à Fertilizante Nitrogenado.

	<b>-</b>	<b>C05</b>	<b>FERTILIZANTES; SUA FABRICAÇÃO [4]</b>
			<p>Nota(s) [2006.01]</p> <p>1. Um ingrediente de mistura de fertilizante ou um único fertilizante que contenha mais de um dos elementos químicos em que se baseia a subdivisão em subclasse, é classificado apenas na <u>primeira</u> das subclasses apropriadas. Assim, um nitrofosfato ou um superfosfato amoniacado é classificado em C05B mas não em C05C, o fosfato de magnésio é classificado em C05B mas não em C05D, e a cinamida cálcica em C05C mas não em C05D.</p> <p>2. Qualquer ingrediente na mistura, que represente informação de interesse para busca, pode também ser classificado de acordo com a Nota (1). Este pode, p. ex. ser o caso dele ser considerado de interesse para possibilitar a busca de misturas usando uma combinação de símbolos de classificação. Tal classificação, não obrigatória, deve ser dada como "informação adicional".</p>
<b>D</b>	<b>+</b>	<b>C05B</b>	<b>FERTILIZANTES FOSFATADOS</b>
<b>D</b>	<b>+</b>	<b>C05C</b>	<b>FERTILIZANTES NITROGENADOS</b>
<b>D</b>	<b>+</b>	<b>C05D</b>	<b>FERTILIZANTES INORGÂNICOS NÃO ABRANGIDOS PELAS SUBCLASSES C05B, C05C; FERTILIZANTES QUE PRODUZEM DIÓXIDO DE CARBONO</b>
<b>D</b>	<b>+</b>	<b>C05F</b>	<b>FERTILIZANTES ORGÂNICOS NÃO ABRANGIDOS PELAS SUBCLASSES C05B, C05C, p. ex. FERTILIZANTES RESULTANTES DO TRATAMENTO DE LIXO OU REFUGOS</b>
<b>D</b>	<b>+</b>	<b>C05G</b>	<b>MISTURAS DE FERTILIZANTES PERTENCENDO INDIVIDUALMENTE A DIVERSAS SUBCLASSES DA CLASSE C05; MISTURAS DE UM OU MAIS FERTILIZANTES COM SUBSTÂNCIAS QUE NÃO POSSUEM ATIVIDADE ESPECIFICAMENTE FERTILIZANTE, p. ex. PESTICIDAS, CONDICIONADORES DO SOLO, AGENTES UMECTANTES (fertilizantes orgânicos aos quais foram adicionadas culturas bacterianas, micélios ou similares C05F 11/08; fertilizantes orgânicos contendo vitaminas ou hormônios vegetais C05F 11/10); FERTILIZANTES CARACTERIZADOS POR SUA FORMA [4]</b>

Fonte: Classificação Internacional encontrada no Website do INPI (2018).

Cabe ressaltar que foram usadas algumas condições de contorno na seleção de documentos considerados relevantes. Foram selecionados apenas documentos com as seguintes características técnicas:

- fertilizantes nitrogenados – documentos que não possuíssem nitrogênio em sua fórmula não foram selecionados; e

- meio de liberação (tecnologia) responsável deveria ser uma barreira física ou uma matriz caracterizando o fertilizante suportado, assunto do estudo. Portanto, documentos relacionados aos inibidores de nitrificação, por exemplo, não foram considerados, pois esses não constituem uma barreira física ou uma matriz, são apenas substâncias que ao serem misturadas nos fertilizantes permitirão a liberação mais lenta ou controlada desses, mas não podem ser classificados como suportados. Neste sentido, cabe ressaltar que a taxonomia empregada neste trabalho teve como entendimento: fertilizantes de liberação de nutrientes através de uma barreira física, por exemplo, fertilizantes revestidos, ou seja, um determinado material reveste (forma uma ou mais camadas) para dar suporte ou proteger o fertilizante - **BARREIRA FÍSICA**; fertilizantes liberando nutrientes incorporados numa matriz, ou seja, o material é impregnado com o fertilizante ou o material é “revestido” pelo fertilizante através de mistura<sup>39</sup> ou

<sup>39</sup> No geral, foi possível observar, através da leitura dos documentos de patentes assim como de pedido de patente, o uso de aditivos para que houvesse “liga” entre o fertilizante e o material escolhido como matriz. Podendo ser um “aglutinante”, tal como amido ou óleos minerais, entre outros.

combinação – MATRIZ; ou, ainda, uma matriz sendo revestida/protegida por uma camada - MISTO.

**3. Pesquisa na base de artigos científicos:** consulta realizada no banco de dados online do Scopus de forma a esboçar um cenário com base nestas fontes de informação, bem como identificar possíveis parcerias.

Segue descrição relacionada ao levantamento da referida base de dados científica:

A busca foi realizada nas bases de dados SCOPUS adotando os critérios de busca por (i) ano da publicação do artigo no intervalo de tempo entre 2008 – 2018; e por (ii) palavras-chave "*fertilizer and release and (slow or controlled) and (matrix or coat) and (encapsulate or impregnate or entrap)*".

Cabe ressaltar que foram usadas as mesmas condições de contorno que as usadas no levantamento de pedidos depositados e patentes concedidas para seleção de documentos considerados relevantes.

**4 Análise dos resultados obtidos no levantamento da literatura patentária e científica:** Após a leitura criteriosa dos documentos encontrados na pesquisa exploratória, as informações extraídas foram analisadas em três diferentes níveis, conforme mostrado na Figura 54:

Figura 54 - Análise por nível macro, meso e micro



Fonte: Elaboração Própria.

(i) nível macro: foi identificada a distribuição dos documentos por ano de depósito e concessão (patentes), por ano de depósito e publicação (pedidos de patente),

por ano de publicação do artigo; por continentes e países dos autores ou titulares dos documentos; e por tipo de instituição;

(ii) nível meso: foram identificados os aspectos mais relevantes relacionados aos documentos técnicos e científicos de acordo com as taxonomias criadas e relacionadas aos principais objetos descritos pelos autores ou titulares, tal como detalhado no Capítulo 4.

(iii) nível micro: foram identificadas as subcategorias da taxonomia da análise meso, tal como detalhado no Capítulo 4.

Com relação ao nível micro, destaca-se que neste são realizadas às análises referentes ao trinômio mercado, produto e tecnologia, conforme revelado no capítulo 4.

Os parâmetros-chaves encontrados para as taxonomias, aqui propostas, foram identificados através da análise criteriosa de todos os documentos considerados relevantes nas etapas anteriores de levantamento de dados técnicos e científicos. Esses parâmetros-chaves foram interpretados pela autora como aspectos relevantes que definem o objeto do estudo: fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta. Isto posto, seguem abaixo as taxonomias direcionadoras do referido trinômio:



Tabela 8 – Taxonomia adotada na dissertação

Seções	Parâmetros-chave	
M E R C A D O	NUE (EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTE)	
	MENOS AGRESSIVO AO MEIO AMBIENTE	
	CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA	
	CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	
	CAPACIDADE DE DILATAÇÃO	
	CAPACIDADE DE DEGRADAÇÃO	
	PROPRIEDADES MECÂNICAS E/OU ELÁSTICAS MELHORADAS	
	BOA QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO E NO TRANSPORTE	
	REDUÇÃO DE CUSTO	
	FÁCIL MANEJO	
P R O D U T O	POLÍMEROS E/OU RESINAS	BIOPOLÍMEROS
		SINTÉTICOS
	MISTURA DE POLÍMEROS E OUTROS	
	MISTURA DE POLÍMEROS, BIOMASSA E OUTROS	
	BIOMASSA	
	MISTURA DE BIOMASSA E OUTROS	
	ENXOFRE	
	MISTURA DE POLÍMERO E ENXOFRE	
	MISTURA DE ENXOFRE E OUTROS	
	OUTROS	ARGILAS
		SÍLICA
		ZEÓLITAS
		MATERIAIS VARIADOS
	POLÍMEROS E/OU RESINAS	ÚNICO
		COMBINAÇÃO
	BIOMASSA	ÚNICA
COMBINAÇÃO		
T E C N O L O G I A	BARREIRA FÍSICA	1 CAMADA
		2 CAMADAS
		MÚLTIPLAS CAMADAS
	MATRIZ	IMPREGNAÇÃO
		MISTURA/COMBINAÇÃO
	MATRIZ POLIMÉRICA	IMPREGNAÇÃO
		MISTURA/COMBINAÇÃO

Fonte: Elaboração Própria.

### **Fase de Pós-Prospecção:**

**1. Elaboração e análise do *roadmap*:** O *roadmap* foi elaborado com base nos resultados encontrados na fase prospectiva através das taxonomias identificadas no nível micro. Cada documento (representado por linhas no *roadmap*) selecionado apresentava um ou mais dos parâmetros-chaves definidos na análise de mercado, produto e tecnologia, sendo estes traçados no mapa (*roadmap*) através de setas. Esses parâmetros foram identificados através da leitura dos documentos revelados nas buscas, sendo estes aspectos comuns ao segmento de fertilizante, como pode ser observado no capítulo relacionado ao fertilizante. O detalhamento da técnica dessa construção encontra-se no capítulo 5.

Após a construção, realizou-se uma análise das informações encontradas no *roadmap*, esta é uma leitura das tendências captadas na seção de mercado, produto e tecnologia dos *roadmaps* elaborados para curto, médio e longo prazo assim como do *roadmap* de parceria, o qual também engloba o espaço temporal (curto, médio e longo prazo).

**2. Conclusão:** Tendo em vista o conhecimento gerado pelo “*roadmap*”, foi elaborada a seguinte proposta: (i) especificação das tendências tecnológicas identificadas no trinômio mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo (curto, médio e longo prazos) a fim de interligar com as metas de projetos futuros; (ii) recomendação da implementação de uma das alternativas tecnológicas a fim de estimular novos projetos e fomentar o desenvolvimento de novos produtos e novas tecnologias relacionadas ao objeto estudado, no entanto, considerando a possibilidade de novos estudos a fim de preencher algumas lacunas identificadas no presente método de *roadmapping* tecnológico.

No capítulo a seguir são apresentados os resultados das análises feitas a partir do conteúdo dos documentos que formam a base para o estudo de prospecção tecnológica e para o desenvolvimento do *roadmap tecnológico* do objeto do presente estudo.

#### 4 RESULTADOS DA FASE DA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

O desenvolvimento econômico e social de um país é induzido através da adoção de políticas tecnológicas e industriais bem planejadas, constantes e de longo prazo, tendo como base o conhecimento e a inovação tecnológica. Em um cenário de globalização, a capacidade de inovar é primordial para a competitividade das empresas e das nações (Calmanovici, 2011).

A crescente importância da inovação na agenda de desenvolvimento dos países exigiu a formulação de indicadores capazes de propiciar o mapeamento econômico e tecnológico das produções científicas e tecnológicas quantificando as diversas faces da inovação ao refletir as várias formas de realização da atividade tecnológica e científica (Borschiver e da Silva, 2016).

Esse mapeamento é possível através de artigos científicos, pedidos de patente e patentes, uma vez que a publicação de artigos científicos em periódicos constitui-se como uma importante fonte de informações científicas e tecnológicas geradas por pesquisadores que favorece a disseminação de conhecimento proveniente do meio científico; assim como as patentes e os pedidos de patente são excelentes indicadores de inovação por estarem correlacionados ao desempenho tecnológico de P&D, produtividade, estrutura e desenvolvimento de uma tecnologia ou indústria particular (Borschiver e da Silva, 2016).

Para elaboração do *roadmap* do objeto em estudo foram selecionados como fontes de informação tecnológica e científica, os seguintes indicadores: (i) documentos de patentes concedidos na base de dados USPTO<sup>40</sup> e ESPACENET; (ii) documentos de pedidos de patente depositados na base de dados USPTO e ESPACENET; e (iii) os artigos científicos publicados por instituições nas bases de dados SCOPUS. Cabe ressaltar, que o termo patente refere-se à patente concedida e o termo pedido de patente refere-se ao pedido que foi depositado em escritório de propriedade intelectual, porém não foi concedido. Desta forma, doravante, o termo patente deve ser entendido como patente concedida.

---

<sup>40</sup> USPTO – United States Patent and Trademark Office

#### 4.1 Curto Prazo – Patentes

A propriedade intelectual, uma vertente do direito que lida com a regulamentação e apropriação de conhecimentos e informações, obteve considerável relevância na sociedade pós-industrial. Com a globalização, os ativos intangíveis e o capital intelectual tornaram-se uma ferramenta fundamental e valiosa, a qual constitui um diferencial competitivo no mercado (Barbosa, 2017).

As patentes, como uma das suas formas mais antigas de proteção, têm por objetivo incentivar o desenvolvimento econômico e tecnológico ao conceder ao titular os direitos exclusivos de usar sua invenção temporariamente de forma a recuperar o investimento inicial em pesquisa e desenvolvimento. Em troca desse monopólio temporário, o detentor desse direito é obrigado a revelar integralmente sua invenção, colocando a disposição da sociedade o conhecimento científico e tecnológico gerado (Malvezzi *et al.*, 2014).

A patente é uma ferramenta analítica das tendências tecnológicas tendo em vista que é uma fonte rica em informação técnica confiável assim como em informação mercadológica, uma vez que podem ser consideradas como as primeiras evidências de um novo produto e/ou novo processo, oriundo da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O investimento em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias gerado por indústrias e universidades revela o grau de produtividade de uma nação (Muniz, 2000).

Cabe ressaltar que as patentes como fonte de indicadores de inovação possuem limitações tendo em vista que nem toda inovação gera uma patente assim como nem toda a patente tem valor tecnológico ou econômico expressivo.

Ao analisar estatísticas em patentes, um versado na técnica<sup>41</sup> também perceberá que existem deficiências na apuração dos resultados da atividade de inovação, uma vez que não existe um comportamento uniforme entre os diferentes setores de atividade econômica.

Entretanto, o número de patentes concedidas é um bom indicativo do nível de inovação e do andamento da economia de um país por identificar o grau de desenvolvimento das tecnologias nas nações e suas empresas.

A aplicação de indicadores bibliométricos aos documentos de patentes é considerada um valioso instrumento para verificação e análise das tendências

---

<sup>41</sup> *O campo científico/técnico da invenção.*

tecnológicas emergentes. A análise bibliométrica de patentes pode direcionar uma pesquisa em andamento assim como viabilizar projetos em desenvolvimento (Sánchez *et al.*, 2007).

Entre os dados bibliográficos encontrados em uma patente estão: (i) data do depósito, publicação e concessão desta; (ii) país(países) de origem do depósito (consequentemente, o(s) continente(s)); (iii) Requerente(s) e inventor(es), consequentemente, os tipos de instituições interessadas na tecnologia estudada, (iv) o número da patente; (v) o título e resumo da mesma; (vi) a classificação internacional, a qual identifica o assunto da invenção, entre outros.

#### 4.1.1 Análise Bibliométrica dos Documentos de Patentes no Banco de dados do USPTO

O banco de dados gratuito do escritório americano USPTO (United State Patent Trademark Office), cujo endereço eletrônico é <http://www.uspto.gov>, permite a pesquisa em duas plataformas diferentes de busca: (i) patentes, intituladas em inglês por “*issued patents*” e (ii) pedidos de patente, intitulados em inglês por “*patent applications*”, como pode ser observada na Figura 55, a qual é um *printscreen* da imagem relacionada à plataforma retirada do website americano:

Figura 55 - Banco de Dados Americano para Pesquisa de Patentes ou Pedidos de Patente

## USPTO Patent Full-Text and Image Database (PatFT)

Inventors are encouraged to search the USPTO's patent database to see if a patent has already been filed or granted that is similar to your patent. Patents may be searched in the USPTO Patent Full-Text and Image Database (PatFT). The USPTO houses full text for patents issued from 1976 to the present and PDF images for all patents from 1790 to the present.

### Searching Full Text Patents (Since 1976)

Customize a search on all or a selected group of elements (fields) of a patent.

- [Quick Search](#)
- [Advanced Search](#)
- [Patent Number Search](#)

### Searching PDF Image Patents (Since 1790)

Searches are limited to patent numbers and/or classification codes for pre-1976 patents.

- [View Patent Full-Page Images](#)
- [How to View Patent Images](#)

## USPTO Patent Application Full-Text and Image Database (AppFT)

Search for Full-Text and Image versions of patent applications. Customize searches on all fields of a patent application in the AppFT for Full-Text searches.

- [Quick Search](#)
- [Advanced Search](#)
- [Publication Number Search](#)

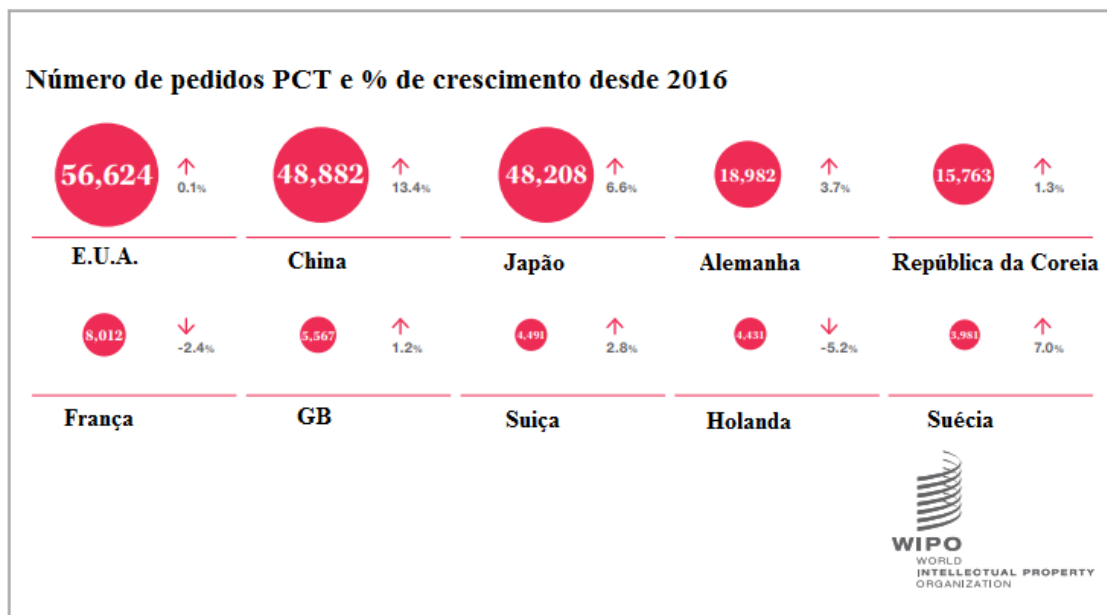
Searches are limited to patent numbers and/or classification codes for Full-Page images.

[View Publication Full-Page Images](#)

Fonte: *Printscreen* da imagem retirada da base de dados do USPTO (2018).

Os Estados Unidos continuam sendo o país líder em depósitos de pedidos de patente via Patent Cooperation Treaty (PCT), como pode ser notada na Figura 56 captada no site da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI, sigla em inglês WIPO) na seção de estatísticas. No entanto, considerando o aumento do crescimento desde 2016, China e Japão também possuem uma quantidade expressiva de depósitos. Holanda e França apresentaram queda em depósitos via PCT.

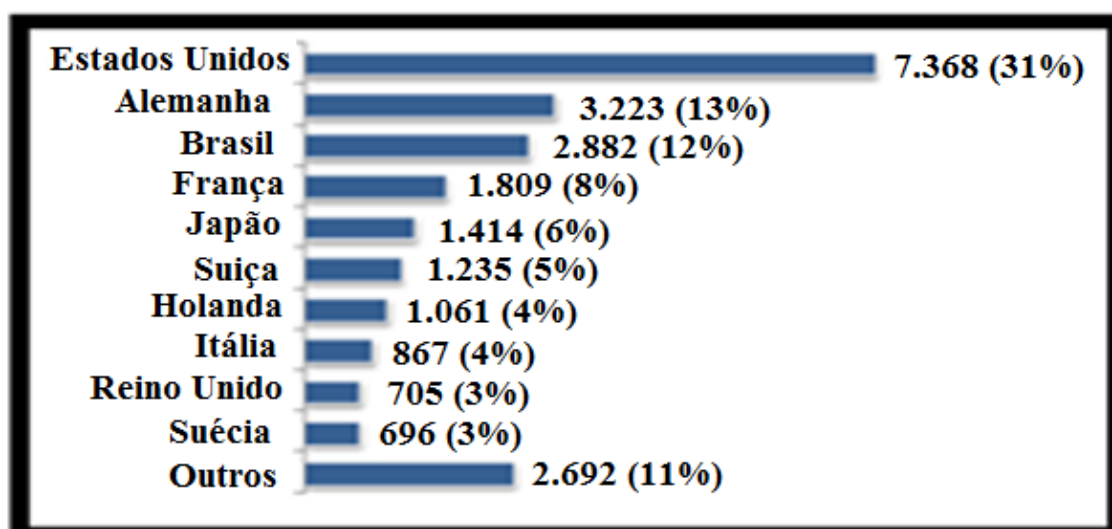
Figura 56 - Os 10 maiores países depositantes de pedidos PCT de acordo com dados disponibilizados pelo escritório internacional (OMPI)



Fonte: adaptado de OMPI (2017).

No Brasil, os americanos continuam sendo os maiores detentores de patentes vigentes, conforme ilustração da Figura 57:

Figura 57 - Patentes de Invenção (PI) vigentes por país do Titular Dados coletados até Dezembro de 2015.



Fonte: Dados estatísticos retirados do website do INPI (2017).

Considerando os dados acima, é possível entender o interesse dos depositantes estrangeiros em proteger suas invenções, principalmente, nos Estados Unidos. Por isso, a escolha desse banco de dados.

Na próxima seção, serão apresentadas as informações obtidas nas análises macro, meso e micro provenientes das referidas bases de dados de patentes, as quais fornecem um panorama mundial do tema. As informações técnicas provenientes dos documentos de patentes subsidiaram a construção do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada a ser apresentado no Capítulo 5 dessa dissertação.

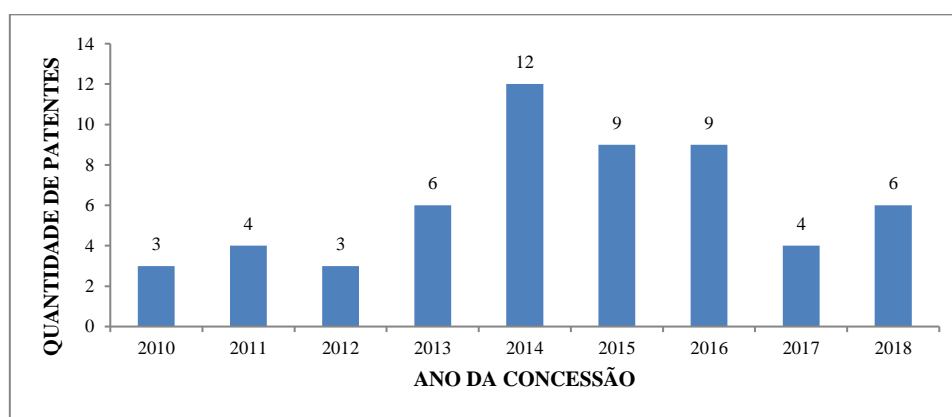
Cabe ainda mencionar que não foram identificados documentos de patentes em todos os anos do período escolhido (2008 – 2018). Portanto, nem todos os anos estão representados nas figuras relacionadas à quantidade encontrada de patentes versus ano de depósito e/ou ano da concessão nas análises macro e meso (em ambas as bases - USPTO e ESPACENET). Por exemplo, na Figura 58, o ano de 2008 e 2009 não estão representados no eixo horizontal.

#### 4.1.1.1 Análise Macro

A Figura 58 demonstra a evolução, no período selecionado (2008-2018), das concessões das patentes relacionadas ao assunto de interesse, totalizando cinquenta e seis documentos relevantes (considerando as condições de contorno acima mencionadas) dos duzentos e noventa e dois documentos recuperados na busca de patentes realizada no website do escritório americano de marcas e patentes - USPTO. Cabe ressaltar que muitos dos documentos encontrados nessa busca estavam fora do período determinado (2008-2018), portanto, foram totalmente descartados sem nenhuma análise.



Figura 58 - Quantidade de Patentes por Ano da Concessão (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Entre 2010-2013, manteve-se uma média similar de patentes concedidas, ocorrendo uma concentração maior de concessões entre 2014 a 2016. Os dois anos seguintes mantendo-se um número similar. Uma análise dos dados de 2014 a 2016 revelou que:

- Dos doze documentos de 2014, seis deles foram depositados em 2011 (média de três anos para conceder), três deles foram depositados em 2012 (média de dois anos para conceder) e três deles foram depositados em 2013 (média de um ano para conceder), gerando um “*backlog*<sup>42</sup>” de dois anos e três meses.

- Dos nove documentos de 2015, dois deles foram depositados em 2012 (média de três anos para conceder), quatro deles foram depositados em 2013 (média de dois anos para conceder) e três deles foram depositados em 2014 (média de um ano para conceder), gerando um “*backlog*” de um ano e nove meses.

- Dos nove documentos de 2016, um foi depositado em 2013 (média de três anos para conceder), sete deles foram depositados em 2014 (média de dois anos para conceder), um foi depositado em 2015 (média de um ano para conceder), gerando um “*backlog*” de dois anos.

Os resultados para o tempo de *backlog* entre os anos com maior concentração de concessão são mostrados na Tabela 9, sendo o tempo médio entre a data que a patente foi depositada até sua concessão (*backlog*) em torno de 2 anos.

<sup>42</sup> O tempo médio entre a data que a patente foi depositada até sua concessão é denominada *Backlog*.

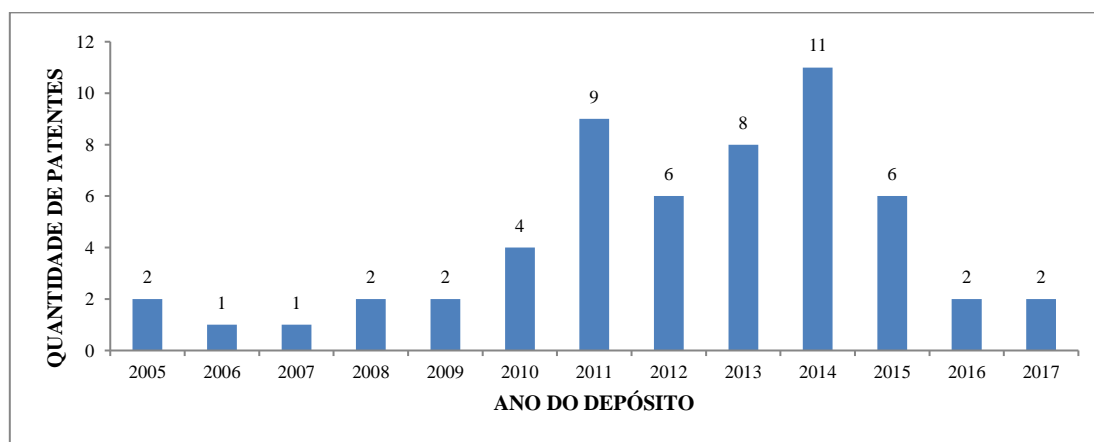
Tabela 9 - Dados relacionados às patentes concedidas entre 2014-2016 e seu *backlog* (USPTO)

Ano do Depósito \ Ano da Concessão	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Backlog
2014	-	6 patentes	3 patentes	3 patentes	-	-	2 anos e 3 meses
2015	-	-	2 patentes	4 patentes	3 patentes	-	1 ano e 9 meses
2016	-	-	-	1 patente	7 patentes	1 patente	2 anos

Fonte: Elaboração própria.

Segue Figura 59, onde é possível visualizar a distribuição da quantidade de patentes por ano do depósito dos cinquenta e seis documentos selecionados na busca da base americana.

Figura 59 - Quantidade de Patentes por Ano do Depósito (USPTO)

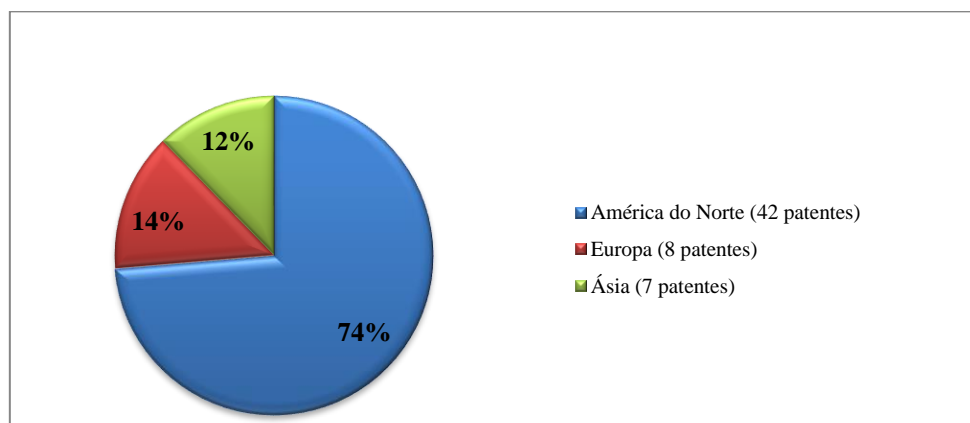


Fonte: Elaboração própria.

Como pode ser observado a partir da Figura 59, houve uma concentração de depósitos de pedidos de patente na área de interesse pelos depositantes no período entre 2011-2015, os quais se reverteram em patentes conforme exposto acima.

Na Figura 60 está representada a quantidade em percentual de patentes encontrada no período selecionado por continente.

Figura 60 - Quantidade em Percentual de Patentes por Continente (USPTO)

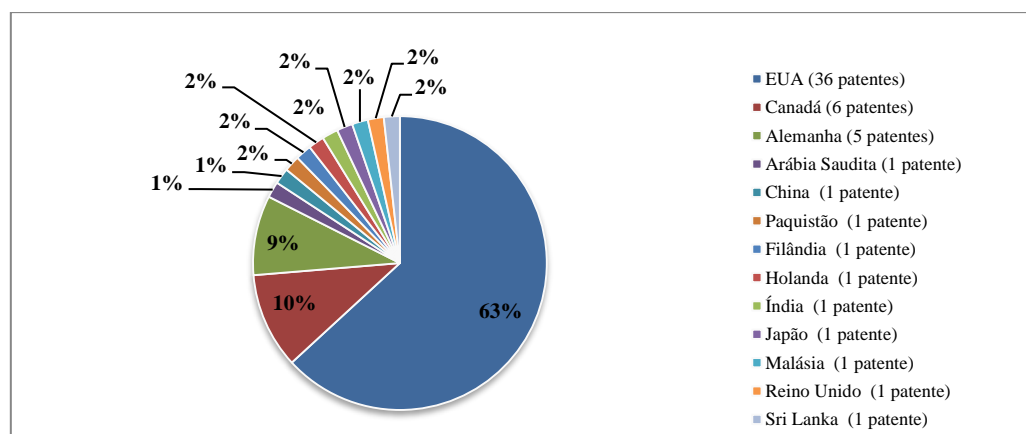


Fonte: Elaboração própria.

A Figura 60 ilustra que a América do Norte, na base americana de patentes, é o continente que mais possui patentes concedidas na área de interesse, seguida por Europa e Ásia. Nenhum documento de patente foi observado para África e Oceania com as condições de contorno utilizadas.

Na Figura 61 está representada a quantidade em percentual de patentes encontradas no período selecionado por países de origem dos Requerentes da patente.

Figura 61 - Quantidade em Percentual de Patentes por Países (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

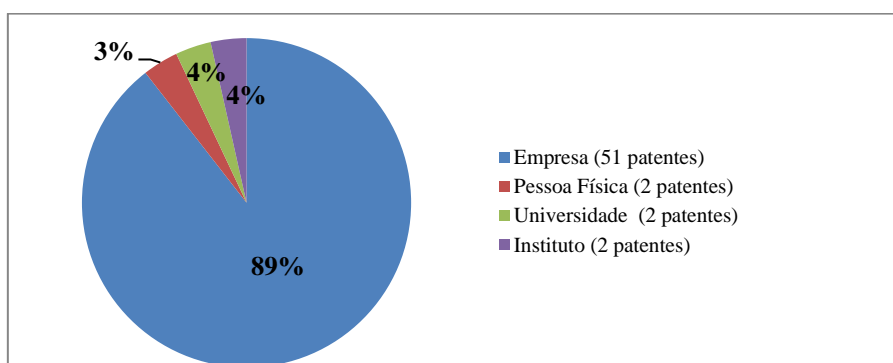
É possível observar a partir das Figuras 60 e 61 que existem países que são líderes continentais e mundiais que possuem patentes concedidas com o tema em

análise, sendo os Estados Unidos predominante na América do Norte e no mundo. Na Europa, a Alemanha lidera seguida de Finlândia, Reino Unido e Holanda. Na Ásia, não foi possível identificar uma hegemonia entre os países.

Embora esse resultado já fosse esperando, uma vez que os Estados Unidos estão entre os principais produtores de fertilizantes nitrogenados do mundo, de acordo com o *ranking* de 2009 da Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), mencionado por Da Costa e Silva (2012), essa instituição também relata que China e Índia são os maiores produtores e consumidores de fertilizantes. Diante dessa suspeita, foi também realizada busca no banco de dados da União Europeia (ESPACENET) para verificação de dados, os quais serão analisados em outro item abaixo.

Na Figura 62 está representada a quantidade em percentual de patentes encontradas no período selecionado (2008-2018) por tipo de instituição dos Requerentes da patente.

Figura 62 - Quantidade em Percentual de Patentes por Tipo de Instituição (USPTO)




















Fonte: Elaboração própria.

É possível observar a partir da Figura 62 que 89% das patentes foram concedidas para empresas, apenas 11% foram concedidas para universidades, pessoas físicas e institutos.

Com relação às empresas, segue Tabela 10 demonstrando as quantidades de patentes por empresas encontradas:

Tabela 10 - Quantidade de Patentes por Empresas (USPTO)

Empresas	Quantidade de Patentes	Logo
Agrium Inc.(CA) e (US)	5	
Specialty Fertilizer Pro LLC (US)	5	
Basf SE (DE)	5	
Agrium Advanced Technologies Inc (US)	4	
Verdesian life sciences LLC (US)	3	
Land View, Inc. (US)	2	
CelluloseTek LLC (US)	2	
Regal Chemical Company (US)	2	
UT Battelle LLC (US)	2	
Full Circle Biochar Inc. (US)	2	
Full Circle Solutions Inc. (US)	1	
Aditya Birla Nuvo Limited, Aditya Birla Science and technology Co., Ltd. (IN)	1	
Tiger Sul Products (CANADA) CO (CA)	1	
Tiger Sul Products LLC (US)	1	
Yara UK LTD (GB)	1	
The Andersons Inc. (US)	1	
OMS Investiments Inc. (US)	1	
Alcoa Inc. (US)	1	
NFT Ind LLC (US)	1	
Accelergy Corp. (US) <sup>1</sup>	1	
UPM Kymmene Corp (FI)	1	
Carbon Basis Company LTD (CA)	1	
Stamicarbon B. V. (NL)	1	
Eco Verde Technologies Inc (US)	1	
Empire Technology Dev LLC (US)	1	
Invista North America Sarl (US)	1	
Malaysian Palm Oil Board (MY)	1	
Sanc Salaam Corp (JP); Kuraray Living CO LTD (JP) <sup>2</sup>	1	
Georgia Pacific Chemicals LLC (US)	1	

<sup>1</sup> Possui parceria com o instituto Shanghai Advanced Res Inst of the Chinese Academy of Science.

<sup>2</sup> Parceria entre empresas.

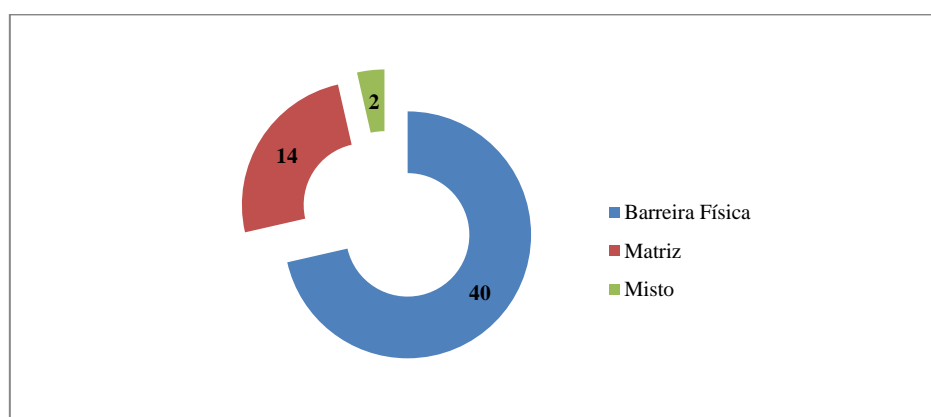
Fonte: Elaboração própria.

Destacam-se no período pesquisado como maiores detentoras de patentes, as empresas americanas, seguidas pelas canadenses e alemãs. O levantamento por tipo de instituições demonstrou uma boa variedade de empresas, mas apenas uma mínima quantidade de universidades e institutos. As universidades encontradas nesta pesquisa no banco de dados do escritório americano foram University of King Saud (SA) e University of South Florida (US) e os institutos Shanghai Advanced Res Inst of the Chinese Academy of Science (CN) e Sri Lanka Institute of Nanotechnology (PVT) LTD (LK). Entre pessoas físicas, encontra-se uma patente em parceria entre os inventores Farrukh Muhammad Akhyar & Naseem Fizza, e outra patente com titularidade para o inventor James Nevin.

#### 4.1.1.2 Análise Meso

As taxonomias apresentadas no capítulo de metodologia serão representadas através das Figuras 63 a 67.

Figura 63 - Quantidade de Patentes por Tipo de Suporte de Fertilizante (USPTO)



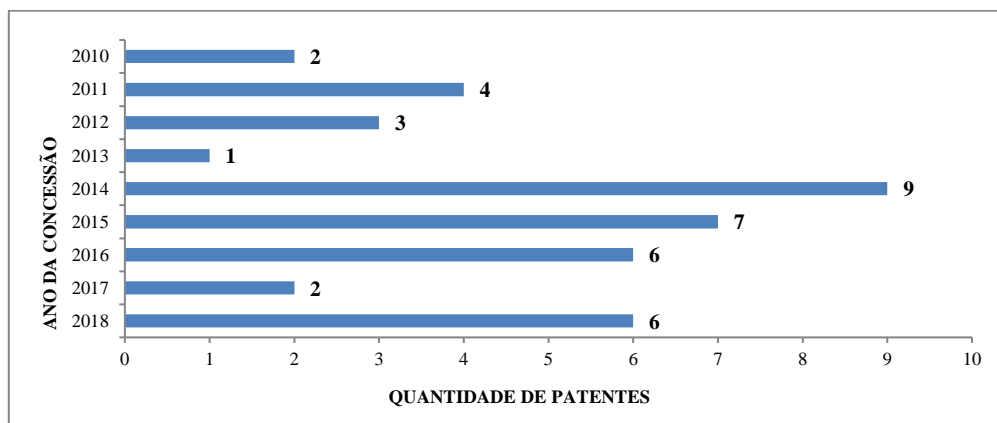
Fonte: Elaboração própria.

Como relatado na literatura que descreveu o capítulo de fertilizante dessa dissertação, a tecnologia, ou seja, o meio de liberação do fertilizante, com maior representatividade no período pesquisado ainda é o de barreira física, onde os nutrientes

são protegidos através de camada(s). Foi observado dentre esses documentos que o fertilizante mais utilizado como nutriente nitrogenado continua sendo a ureia.

Abaixo, seguem as Figuras 64 e 65 relacionadas ao tipo de suporte (barreira física ou matriz) por ano de concessão das patentes reveladas na pesquisa do USPTO.

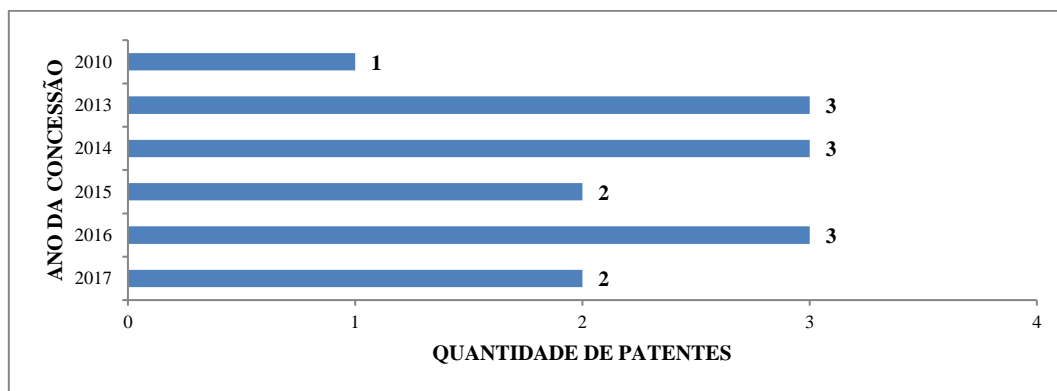
Figura 64 - Quantidade de Patentes com Barreira Física por Ano de Concessão (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Entre 2014-2016 foram concedidas um total de 22 patentes cujo objeto da invenção era um fertilizante suportado por uma barreira física, sendo o período com maior concentração de patentes no universo do período selecionado como condição de contorno (2008-2018). Após a queda em 2017, o ano de 2018 também apresenta uma quantidade mais significativa de patentes na área de interesse.

Figura 65 - Quantidade de Patentes com Matriz por Ano de Concessão (USPTO)

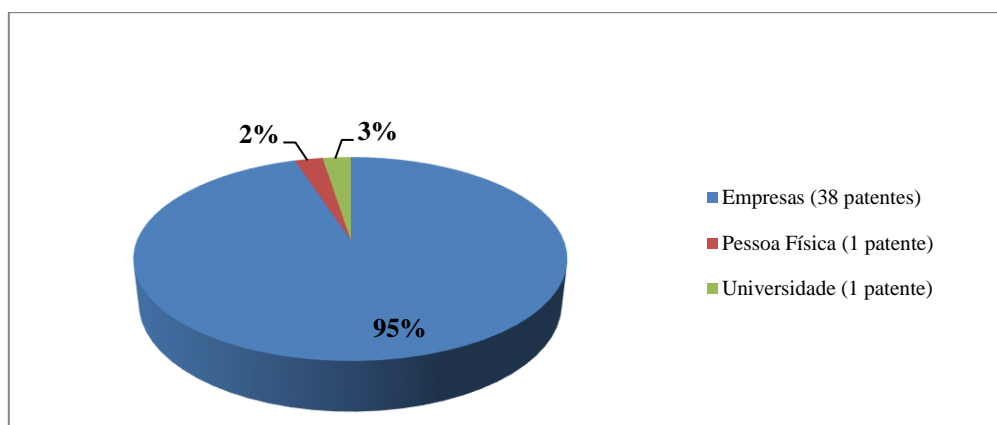


Fonte: Elaboração própria.

As patentes concedidas entre 2013-2017 mantiveram uma média, ou seja, não houve uma variação grande esses anos. Dentre as 14 matrizes reveladas, uma era do tipo matriz polimérica. As patentes concedidas com uma combinação entre meio de liberação de matriz e barreira física, doravante, misto, obtiveram duas patentes concedidas em 2013, sendo uma das matrizes do tipo matriz polimérica, como ficará mais evidente no *roadmap* de curto prazo do capítulo 5.

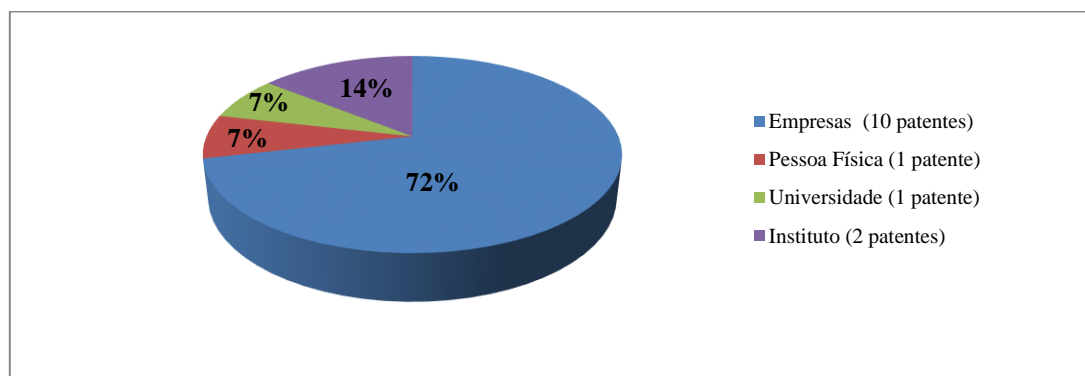
As Figuras 66 e 67 demonstram a distribuição dos tipos de suporte de interesse por tipo de instituição.

Figura 66 - Quantidade em Percentual de Patentes com Barreira Física por Tipo de Instituição (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 67 - Quantidade em Percentual de Patentes com Matriz por Tipo de Instituição (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.



A maioria das patentes concedidas para ambos os suportes foram para empresas. A participação de pessoas físicas, universidades e institutos tem uma representatividade muito pequena tanto para suporte de barreira física como para matriz. No caso do sistema misto de suporte (barreira física e matriz), as duas patentes encontradas também foram concedidas para empresas. Uma das patentes com sistema misto é constituída por uma parceria entre duas empresas (Sanc Salaam Corp (JP) & Kuraray Living CO LTD), essa parceria pode ser visualizada no *roadmap* de parceria na seção de curto prazo (vide linhas laranjas da Figura 137) relacionada à base americana. O resultado encontrado confirma a observação feita na literatura relacionada aos fertilizantes, ou seja, o suporte referente à barreira física é o preferido pelas empresas.

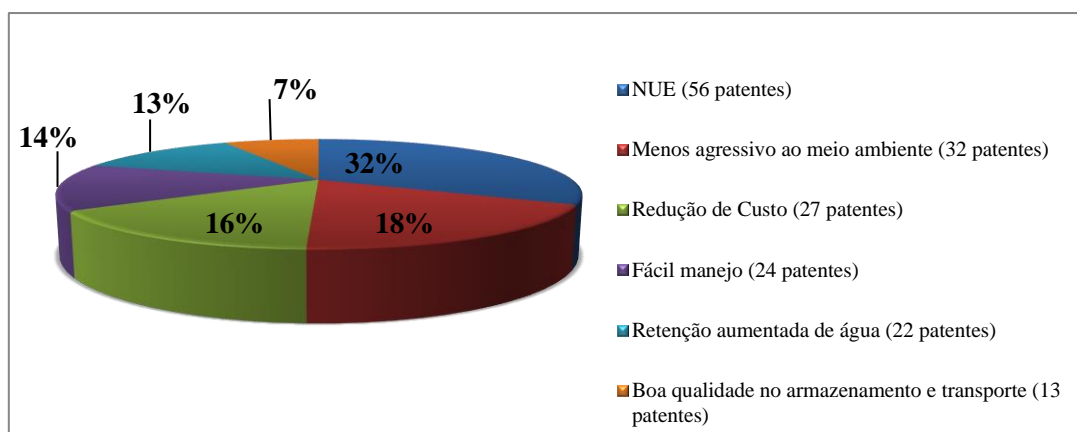
#### 4.1.1.3 Análise Micro

##### 4.1.1.3.1 Análise de Mercado

Nesta fase, analisam-se as subcategorias da taxonomia da análise meso acima. Essas subcategorias ressaltam as tendências de mercado identificadas através da leitura dos documentos de patentes encontrados no USPTO, sendo estas comuns do segmento de fertilizante. Nessa etapa, percebem-se as estratégias traçadas pelos Requerentes da patente a fim de alcançar os objetivos divulgados nos relatórios das patentes.

Na taxonomia referente ao mercado, observou-se que todas as patentes apresentaram produtos (fertilizante) com eficiência de uso de nutriente (NUE) aperfeiçoada. A partir da leitura dos documentos de patentes também é possível observar que os objetivos e as estratégias mais almejadas, além do aumento da NUE, foram (i) a preocupação com meio ambiente, (ii) redução dos custos e (iii) a facilidade com o manejo dos fertilizantes. Em outras palavras, os Requerentes desenvolveram produtos com NUE melhorado, menos agressivo ao meio ambiente e de fácil manejo, como pode ser observado na Figura 68. Algumas patentes também apontaram que seus produtos mantinham boa qualidade no armazenamento e transporte assim como tinham capacidade aumentada de retenção de água.

Figura 68 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à preocupação com meio ambiente identificada nas patentes selecionadas no USPTO, no geral, estava ligada à redução da lixiviação e volatilização de gases nocivos. Essa preocupação confirma o entendimento da literatura relacionada aos fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada (Shaviv, 2000, 2005; Trenkel, 2010).

A análise dos documentos de patentes revelou duas vertentes de linhas operacionais de redução de custos: (i) na linha industrial; e (ii) na agricultura. Os Requerentes das patentes relataram que a redução de custos relacionada à indústria ocorria através de etapas mais simplificadas de processo assim como utilização de matéria-prima de menor valor. Houve relatos voltados à possibilidade de redução de custos de matéria-prima através da utilização de biomassa por reutilização ou recuperação desta por resíduos<sup>43</sup> vegetais. Na agricultura, os Requerentes relataram que devido à melhora da eficiência de uso de nutriente, ocorrerá diminuição na compra de fertilizantes e na mão de obra nas agriculturas. Na sua grande maioria, foi possível perceber que a redução de custo mencionada era referente à diminuição do parcelamento do uso de fertilizantes, uma vez que a aplicação única de fertilizantes com eficiência aprimorada de uso de nutriente reduz custos com compra de fertilizantes e mão de obra.

<sup>43</sup> Masullo et al. (2018) ressalta que um exemplo particular de resíduos abundantes provenientes da agricultura é o bagaço e palha proveniente da cana-de-açúcar, de acordo com dados disponíveis, para cada tonelada de cana-de-açúcar utilizada na produção sucroalcooleira são produzidos cerca de 560 kg de resíduos (bagaço e palha), gerando anualmente 15 toneladas por hectare de resíduos de cana. Da Cruz (2008) também ressalta a abundância dessa fonte de biomassa.

A preocupação com o manejo está ligada, principalmente, ao fato da ureia ser o fertilizante mais utilizado, sendo esta extremamente higroscópica, o percentual de perda dela é muito elevado<sup>44</sup>. Foi possível notar também o desenvolvimento de fertilizantes com revestimentos tendo a finalidade de evitar pós ou aglutinação, facilitando, assim, o manejo e o armazenamento dos produtos. Uma das patentes, por exemplo, divulgava o uso de uma suspensão à base de óleo na etapa de mistura, desta forma, suprimindo pó presente no fertilizante granular, resultando em um efeito benéfico nas características de armazenamento e manejo do produto final por reduzir a tendência de aglomeração.

#### 4.1.1.3.2 Análise de Produto

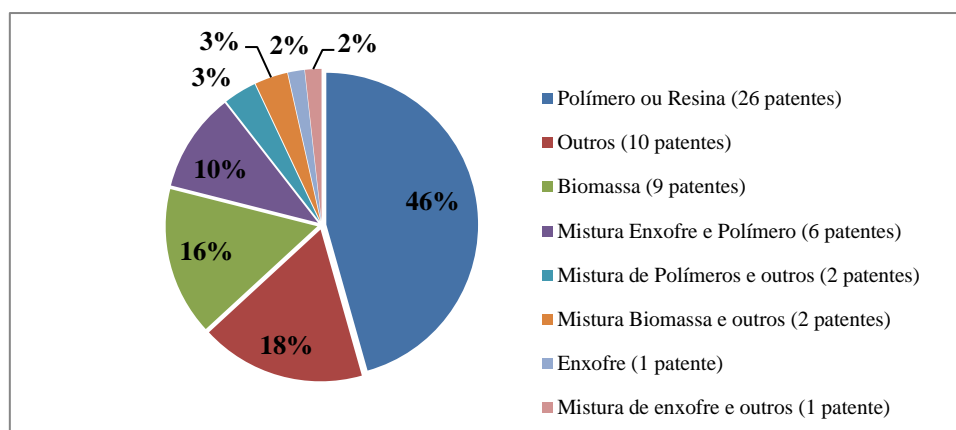
Numa análise mais detalhada dos fertilizantes encontrados com as características da condição de contorno, acima especificada, foi possível observar que o uso de polímeros e resinas como matéria-prima, ainda, é predominante nesta área (Vide Figura 69). Embora os polímeros e resinas não sejam matérias-primas baratas e ecologicamente amigáveis, sua eficiência na proteção da liberação de nutrientes é evidente (Trenkel, 2010).

Não obstante exista uma demanda para produtos utilizando matéria-prima ecologicamente amigável, como observado na análise de mercado, constatou-se que a quantidade de patentes concedidas para biopolímeros (duas patentes apenas revelaram utilizar esse tipo de matéria-prima) como suporte, ainda, é insuficiente para caracterizar essa matéria-prima como um dos fatores responsáveis para tornar o fertilizante suportado menos agressivo ao meio ambiente. No geral, a leitura dos documentos de patentes permite o entendimento de que os produtos desenvolvidos são menos agressivos ao meio ambiente, pois como a liberação do fertilizante é lenta ou controlada, ou seja, uma liberação mais aperfeiçoada, a redução da quantidade desse produto no ambiente automaticamente reduz a poluição inerente ao excesso de fertilizante por parcelamento do uso.

---

<sup>44</sup> As perdas por volatilização da amônia decorrentes do uso de ureia estão compreendidas em torno de 25 a 30 % da quantidade aplicada, podendo chegar a 70 % dependendo do solo e da forma de aplicação. No geral, a ureia é o fertilizante que apresenta o menor custo por Kg nitrogênio do mercado devido a sua elevada concentração (44 a 46%) de nitrogênio (Lara Cabezas et al., 1997a,b; Cantarella et al., 2008, Scivittaro et al., 2010, Stefanato, et al., 2013, Zambiasi et al., 2014).

Figura 69 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação à Matéria-prima Empregada como Suporte (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

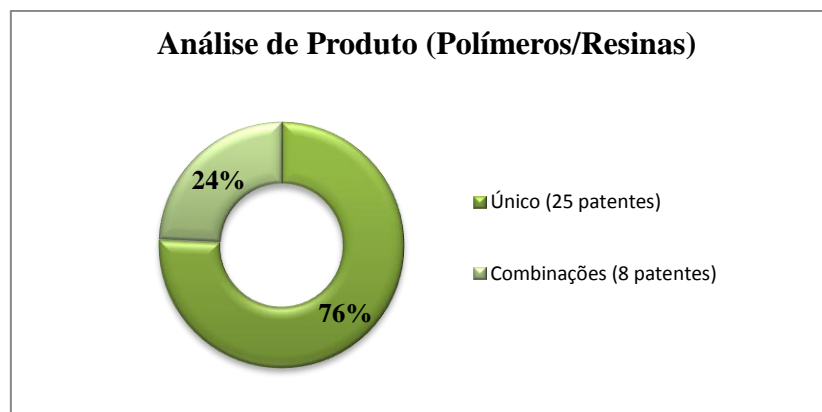
Com relação ao termo “outros”, citado na Figura 69, este significa matéria-prima diferente de polímero, biomassa e enxofre, como, por exemplo, zeólita, sílica, etc. Na construção do *roadmap* esse termo foi dividido em argila, zeólita, sílica e materiais variados devido à quantidade encontrada de documentos (principalmente pedidos de patente e artigos científicos) referindo-se às matérias-primas argila, sílica e zeólita.

Cabe ressaltar que a soma das patentes na análise de produto é igual a cinquenta e sete, e não cinquenta seis (quantidade de patentes recuperada na busca da base americana), pois duas patentes referem-se ao sistema misto. Neste sentido, cabe mencionar que a matéria-prima de um dos sistemas mistos é a mesma (polímero) para barreira física e matriz. No entanto, uma das patentes com sistema misto compreende uma matriz com um tipo de matéria-prima (mistura de enxofre e outros) e uma barreira física com outra matéria-prima (outros).

De forma geral, as Figuras 70 e 71 ilustram como a matéria-prima (polímero/resina e/ou biomassa) encontrada nas patentes concedidas está arranjada, ou seja, no momento da formação/construção das matrizes ou revestimentos, o Requerente utilizou ou uma única matéria-prima ou uma combinação de matérias-primas. No caso dos polímeros e resinas, a preferência é por um tipo específico de polímero, por exemplo, utilizou apenas poliuretano, ao invés de uma combinação destes a fim de obter um efeito sinérgico positivo. A leitura cuidadosa das patentes encontradas na base do USPTO revelou que, no geral, os Requerentes desenvolveram produtos utilizando um único polímero e/ou resina na formação da(s) camada(s) que encapsula(m) o fertilizante

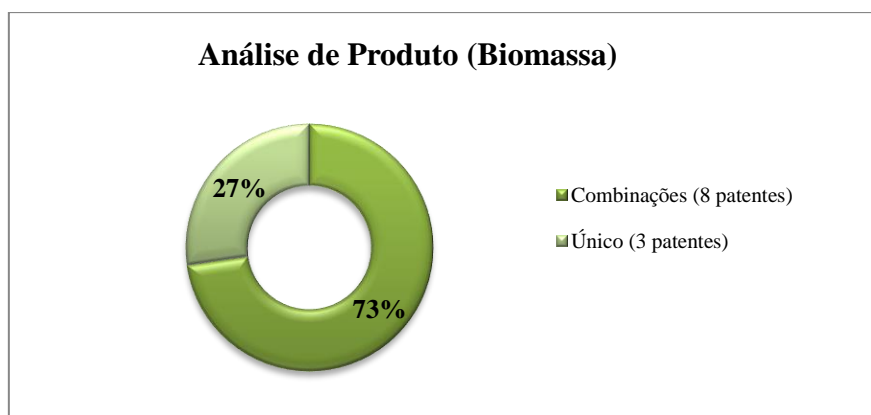
ao invés de produtos com camada(s) combinando certa variedade de polímeros e/ou resinas.

Figura 70 - Análise de produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta e/ou controlada com relação ao arranjo dos polímeros e/ou resinas (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 71- Análise de produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação ao arranjo da biomassa (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Para biomassa, no entanto, foram identificadas patentes concedidas com combinações de biomassas vegetais assim como biomassas vegetais misturadas com biomassas animais. Cabe lembrar que não foram analisadas patentes que continham apenas biomassa animal, ou seja, elas foram descartadas tendo em vista as condições de contorno aplicadas nessa dissertação.

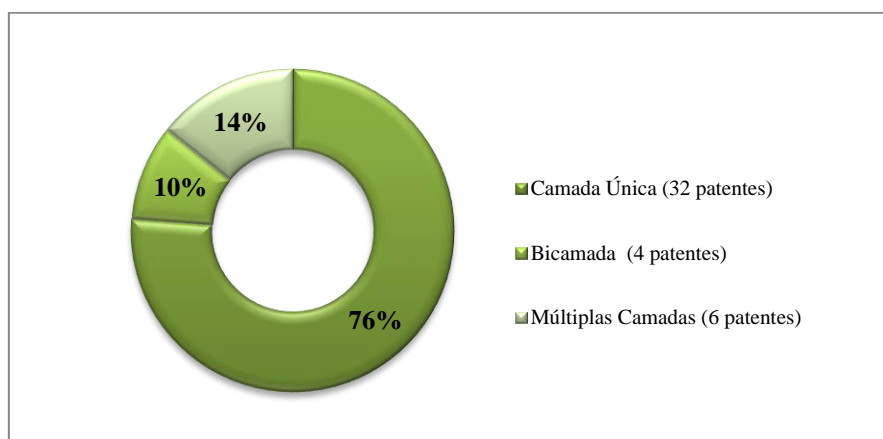
Diferente dos artigos científicos que são, no geral, bem objetivos e claros com relação à matéria estudada, o material utilizado e a metodologia aplicada, as patentes, principalmente, na área de química, bioquímica e farmacêutica, raramente, possuem essa objetividade e clareza ao longo do relatório descritivo e reivindicações. O Requerente está preocupado em proteger toda a matéria que foi revelada em sua pesquisa, de preferência, no menor intervalo de tempo possível para não perder a exclusividade e proteção do produto ou processo desejado. A patente tem um cunho totalmente comercial, ou seja, o Requerente deseja que sua invenção torne-se um produto exclusivo e esteja disponível no mercado de forma a ter seu investimento em pesquisa e desenvolvimento o mais breve possível. Diferente dos artigos científicos, que no geral, pretendem revelar a linha de pesquisa adotada por seu(s) autor(es).

Neste sentido, foram observadas patentes que revelaram não somente um processo novo e inventivo para a produção de biocarvão e/ou o biocarvão em si, com características técnicas melhoradas (objeto principal da patente), mas as quais possuíam como objeto secundário a utilização desse produto em um fertilizante de suporte de liberação lenta ou controlada. Não havia detalhamentos nesse tipo de patente do processo de obtenção do fertilizante ou em todas as matérias-primas envolvidas, apenas que poderiam ser fertilizantes nitrogenados (no geral, ureia) utilizando o biocarvão como uma matriz.

#### 4.1.1.3.3 Análise de Tecnologia

Para análise de tecnologia, buscou-se observar nos documentos das patentes, encontradas na busca do USPTO, se o fertilizante de suporte do tipo barreira física continha uma ou mais camadas da matéria-prima (resina e/ou polímero) empregada (vide Figura 72).

Figura 72 - Análise de tecnologia (Barreira Física) de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação ao encapsulamento por camadas (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

As patentes selecionadas na pesquisa com suporte do tipo barreira física referem-se à formação de uma ou mais camadas de proteção/barreira através de encapsulamento ou recobrimento do fertilizante, tornando-se, assim, um suporte físico para o fertilizante. O estudo dessas patentes selecionadas permitiu o entendimento de que, no geral, quanto mais camadas empregadas no fertilizante, melhor o resultado revelado em relação à eficiência de utilização de nutriente - NUE. O entendimento, no geral, seria que mais camadas de polímeros e/ou resinas reduziram a possibilidade de defeitos, usualmente, encontrados nesta(s) camada(s).

A leitura de alguns documentos das patentes selecionadas direciona para o entendimento de que a quantidade predominante de patentes de fertilizantes suportados encapsulados com camada única (vide Figura 72), provavelmente, é devido ao aumento de custo de produção que camadas extras da matéria-prima demandariam. Sendo essa uma das razões prováveis para alguns Requerentes preferirem a aplicação de uma única camada da matéria-prima (polímero ou resina) no fertilizante.

Ainda, uma combinação da análise de tecnologia com a de produto da seção anterior, com relação ao predomínio de polímeros e resinas não combinados (camadas formadas exclusivamente com um único polímero ou resina), valida a informação, encontrada em algumas patentes, de que o mercado está interessado na redução de custo de produção através da simplificação de etapas de processos e/ou matérias-primas. A preferência por fertilizantes de barreira física apresentando características mais simples,

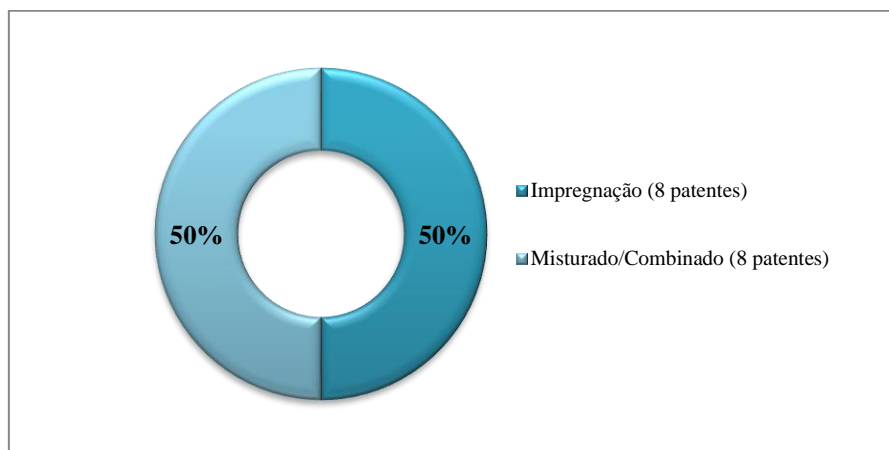
como matéria-prima única (polímeros e/ou resinas) e aplicação de camada única (apenas uma camada protegendo o fertilizante) no fertilizante aparenta a busca por tal simplificação no processo.

Com relação aos métodos mencionados para a formação de camadas (barreira física), as patentes, encontradas na base americana, adotaram diferentes estratégias, tais como, métodos de precipitação, emulsão, pulverização, imersão, entre outros.

Com relação à mistura mencionada para o suporte do tipo matriz, os documentos de patentes selecionadas na busca mencionavam, no geral, a combinação ou mistura da matéria-prima (biomassa) e do nutriente através de extrusão, fusão, peletização, etc. Ainda, algumas patentes foram mais genéricas descrevendo uma etapa de processo de mistura/combinação através de um misturador com agitação constante. A utilização de aglutinantes ou aditivos também foi mencionada nessa etapa do processo por alguns Requerentes. Cabe mencionar que duas patentes eram relacionadas às matrizes poliméricas.

A impregnação do fertilizante no suporte do tipo matriz, no geral, era realizada através da adsorção ou pulverização do fertilizante líquido na matéria-prima sólida (biomassa, por exemplo). A Figura 73 ilustra a distribuição uniforme na escolha dos Requerentes com relação à mistura/combinação ou impregnação das matérias-primas com o fertilizante, resultado bem diferente do encontrado para o suporte do tipo barreira física, onde a diferença é bem expressiva.

Figura 73 - Análise de tecnologia (Matriz) de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação à forma de inclusão da matéria-prima (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.



#### 4.1.2 Análise Bibliométrica dos Documentos de Patentes no Banco de Dados Europeu - ESPACENET

Tendo em vista que o banco de dados americano revelou, basicamente, patentes americanas de titulares norte-americanos (conhecidas como patentes de residentes), contrariando, os dados encontrados na literatura sobre o mercado de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada que apresentava o mercado asiático como um grande destaque, julgou-se apropriado realizar uma busca no banco de dados europeu, o qual possui abrangência mundial. A nova busca no banco europeu tem como objetivo complementar a pesquisa para elaboração do *roadmap* de forma que este represente de forma mais realista o trinômio (mercado, produto e tecnologia) relacionado ao fertilizante nitrogenado suportado de liberação lenta ou controlada.

Diferente do banco de dados americano (USPTO), o banco de dados gratuito do escritório europeu (ESPACENET), cujo endereço eletrônico é <https://worldwide.espacenet.com/>, não permite a pesquisa em duas plataformas diferentes de busca: (i) patentes e (ii) pedidos de patente. Para verificação da concessão ou não da patente, é necessário buscar a informação na capa do documento de patente. No geral, as patentes possuem a designação B ou C após sua numeração, ou seja, indicação de que a patente foi concedida, por exemplo, patente JP5657869**B2** (Patente Japonesa Concedida de No. 5657869).

A seguir serão apresentadas as informações obtidas nas análises macro, meso e micro provenientes das referidas bases de dados de patentes, as quais fornecem um panorama mundial do tema. As informações técnicas provenientes dos documentos de patentes subsidiaram<sup>45</sup> a construção do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada a ser apresentado no Capítulo 5.

##### 4.1.2.1 Análise Macro

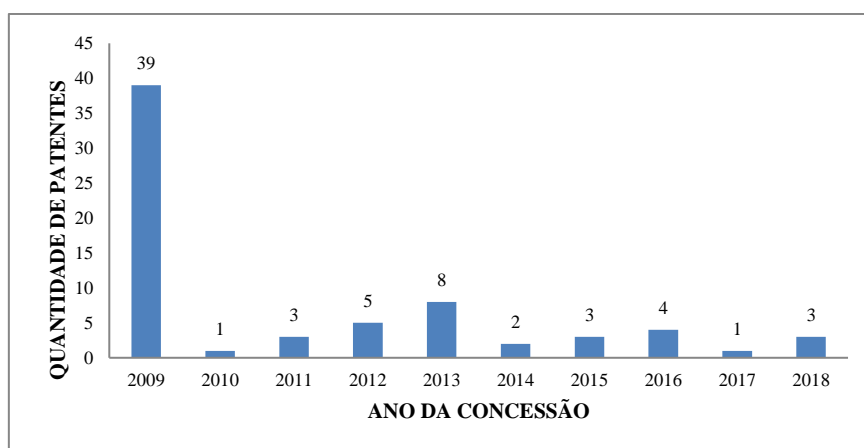
A Figura 74 ilustra a evolução, no período selecionado (2008-2018), das concessões das patentes (base europeia - espacenet) relacionadas ao assunto de

---

<sup>45</sup> Os documentos provenientes de ambos os banco de dados, ou seja, USPTO e ESPACENET.

interesse, totalizando sessenta e nove documentos relevantes (considerando as condições de contorno acima mencionadas) dos quinhentos e sessenta e dois documentos recuperados na busca. Dos documentos recuperados, foram descartados os documentos que não estavam abrangidos nas condições de contorno definidas anteriormente. Observou-se nas patentes descartadas um interesse dos requerentes chineses pela utilização de biomassa animal, principalmente, resíduos de animais. Algumas patentes descartadas japonesas referiam-se a utilização de inibidores. Cabe ainda ressaltar que muitos dos documentos encontrados nessa busca estavam fora do período determinado (2008-2018), portanto, foram totalmente descartados sem nenhuma análise.

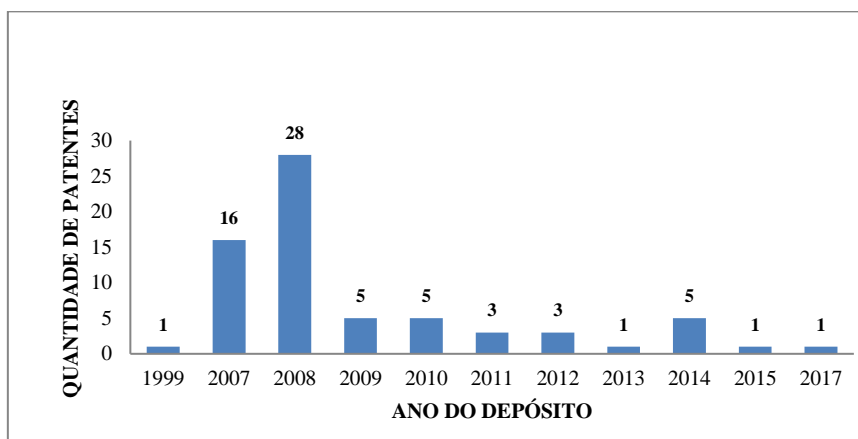
Figura 74 - Quantidade de Patentes por ano da Concessão (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Das patentes selecionadas, é possível observar, na Figura 74, uma concentração maior de concessão de patentes para o produto pesquisado no ano de 2009. Em paralelo, através da Figura 75, referente ao ano de depósito, é revelado um interesse dos requerentes pelos fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada nos anos de 2008 e 2007. Todas as patentes concedidas em 2009 eram chinesas e foram depositadas em 2008 e 2007. Portanto, um ano a dois anos de *backlog* (tempo médio entre a data que a patente foi depositada até sua concessão) nesse período de maior concentração de concessão de patentes.

Figura 75 - Quantidade de Patentes por ano do Depósito (ESPACENET)

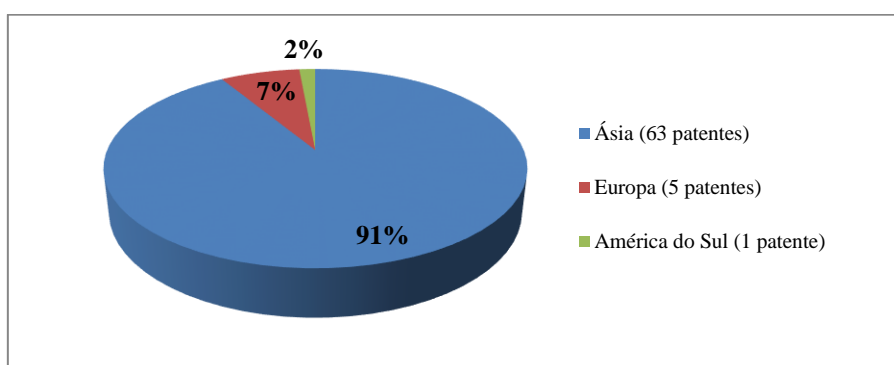


Fonte: Elaboração própria

A patente brasileira BR9906487, cuja titularidade é holandesa, foi depositada em Junho de 1999 e concedida em Setembro de 2013, ou seja, cerca de 14 anos de *backlog*. Esse tempo elevado entre a data de depósito até a concessão (*backlog*) é um exemplo do tempo que o Brasil está levando para conceder uma patente.

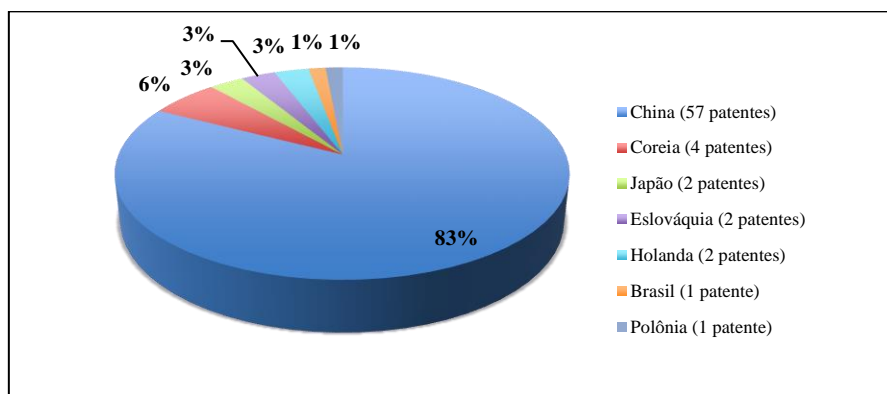
Nas Figuras 76 e 77 estão representadas as quantidades em percentual de patentes encontradas no período selecionado por continentes e países, respectivamente.

Figura 76 – Quantidade em Percentual de Patentes por Continente (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 77 - Quantidade Percentual de Patentes por Países (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.


Antes de analisar as informações relacionadas aos continentes e países, os seguintes aspectos devem ser levados em consideração:

- As patentes chinesas separadas como relevantes para o produto pesquisado não possuíam documentos correspondentes<sup>46</sup> em outros países (família de patentes<sup>47</sup>), ou seja, elas não possuíam depósito em outro país (a Figura 78 é um exemplo de uma lista de família). O foco desses Requerentes foi na China, no continente asiático. O mesmo ocorreu com as patentes coreanas encontradas nessa pesquisa.

<sup>46</sup> Os pedidos europeus possuíam, no geral, pelo menos um pedido internacional WO correspondente (Sistema PCT – Patent Cooperation Treaty).


<sup>47</sup> Está definido no espacenet que uma Família de patentes compreende todos os documentos possuindo exatamente a mesma prioridade ou combinação de prioridades - [https://lp.espacenet.com/help?topic=patentfamily&locale=pt\\_LP&method=handleHelpTopic](https://lp.espacenet.com/help?topic=patentfamily&locale=pt_LP&method=handleHelpTopic).



Figura 78 - Lista de documentos correspondentes à patente SK 288066 em outros países ou no sistema PCT e EP (ESPAENET)

Family list: SK500232010 (A3) — 2011-12-05  RSS: family dossiers

Select all (0/5)  Compact  Export (CSV | XLS)  Download covers  CCD  Print

5 application(s) for: SK500232010 (A3)

Sort by:  Sort order:    show citations 

1. Granulated fertilizer with controlled release of nutrients					
★ Inventor: KOVACIK JAN [SK] HERENC SAROVA GABRIELA [SK] (+4)	Applicant: DUSLO AS [SK]	CPC: <a href="#">C05G3/0029</a>	IPC: C05G3/00	Publication info: SK500232010 (A3) 2011-12-05 SK288066 (B6) 2013-04-03	Priority date: 2010-05-18
2. GRANULAR FERTILIZER WITH CONTROLLED RELEASE OF NUTRIENTS					
★ Inventor: KOVACIK JAN [SK] HERENC SAROVA GABRIELA [SK] (+4)	Applicant: DUSLO AS [SK]	CPC: <a href="#">C05G3/0029</a>	IPC: C05G1/00 C05G3/00	Publication info: EP2571831 (A2) 2013-03-27  Global Dossier	Priority date: 2010-05-18
3. GRANULAR FERTILIZER WITH CONTROLLED RELEASE OF NUTRIENTS					
★ Inventor: КОВАЧИК Ян, ГЕРЕНЦАРОВА Габриела, (+4)	Applicant: ДУСЛО, А.С.	CPC: <a href="#">C05G3/0029</a>	IPC: C05G3/00	Publication info: RU2012154636 (A) 2014-06-27 RU2579460 (C2) 2016-04-10	Priority date: 2010-05-18
4. GRANULAR FERTILIZER WITH CONTROLLED RELEASE OF NUTRIENTS					
★ Inventor:	Applicant:	CPC: <a href="#">C05G3/0029</a>	IPC: C05C13/00 C05G1/00 C05G3/00 (+1)	Publication info: UA107228 (C2) 2014-12-10	Priority date: 2010-05-18
5. GRANULAR FERTILIZER WITH CONTROLLED RELEASE OF NUTRIENTS					
★ Inventor: KOVACIK JAN [SK] HERENC SAROVA GABRIELA [SK] (+4)	Applicant: DUSLO AS [SK] KOVACIK JAN [SK] (+5)	CPC: <a href="#">C05G3/0029</a>	IPC:	Publication info: WO2011146027 (A2) 2011-11-24 WO2011146027 (A3) 2012-01-19 WO2011146027 (A4) 2012-03-15  Global Dossier	Priority date: 2010-05-18

Fonte: *Printscreen* da imagem retirada da base de dados do ESPACENET, 2018.

- Foram selecionadas apenas patentes concedidas<sup>48</sup>. No exemplo da Figura 78, o documento SK 288066 (vide seta verde) foi escolhido por ser uma patente concedida e por ter sido o primeiro de sua família a aparecer na listagem da busca.

O resultado encontrado no banco de dados europeu revelou uma hegemonia asiática com relação às patentes concedidas para o produto pesquisado desta dissertação. Diferente do banco de dados americano que mostrava uma liderança do continente norte-americano, seguido pelo europeu.

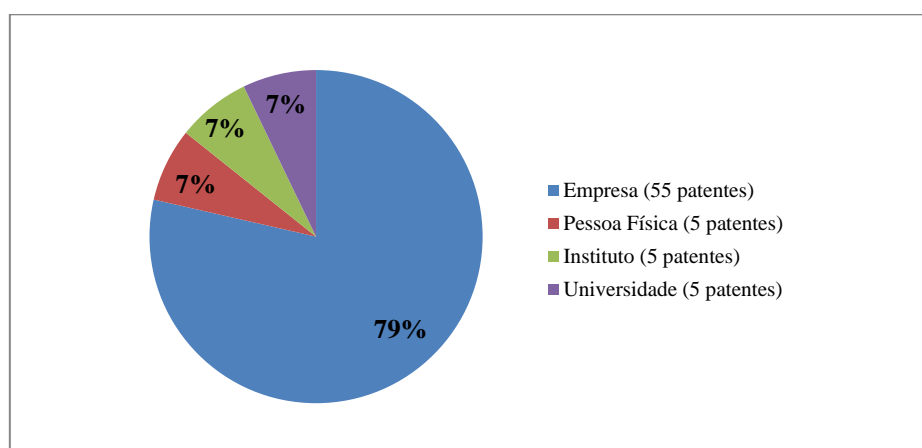
É possível observar a partir das Figuras 76 e 77 que há países que são líderes continentais e mundiais que possuem patentes concedidas com o tema em análise, sendo a China predominante na Ásia. Na Europa, a Eslováquia lidera seguida de Holanda e Polônia. Esse resultado confirmou as informações do *ranking* de 2009 disponibilizado

<sup>48</sup> Os países possuem independência no exame de mérito, ou seja, não necessariamente um pedido de patente será deferido em todos os países onde foi depositado. Ainda, o Requerente pode perder o interesse no mercado de um país e simplesmente abandonar o caso antes de ser concedido.

pela IFA, mencionado por Da Costa e Silva (2012), que aponta a China como um dos maiores produtores e consumidores de fertilizantes. Apenas uma patente com Requerente brasileiro foi identificada na pesquisa da base europeia, a saber: PI 1106423-4.

É possível observar a partir da Figura 79 que 79% das patentes foram concedidas para empresas, apenas 21% foram concedidas para universidades, pessoas físicas e institutos.



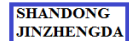




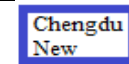
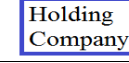



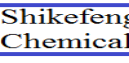

Figura 79 - Quantidade em Percentual de Patentes por Tipo de Instituição (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação às empresas, segue Tabela 11 demonstrando as quantidades de patentes por empresas encontradas na base europeia de dados:

Tabela 11 - Quantidade de Patentes por empresas (ESPAENET)

Empresas	Quantidade de Patentes	Logo
Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., LTD (CN)	21	
Shandong Zhengda Biological Engineering Co., LTD (CN)	17	
Jinzhengda Ecological Engineering Co., LTD (CN)	10	
Heze Kingenta Ecological Engineering Co LTD (CN)	2	
Duslo SA (SK)	2	
Sumitomo Chemical Co LTD (JP)	2	
Ecoplus Consultoria e Assessoria Tecnológica Ltda ME (BR)	1	
Chengdu New Keli Chemical Science Co., LTD (CN)	1	
Holding Company Belgie NV (NL)	1	
Phygen Inc. (KR)	1	
Dongbu Hannong Chemical Co LTD (KR)	1	
China National Offshore Oil Company Limited (CNOOC Ltd) (CN)	1	
Shikefeng Chemical Ind Co LTD (CN)	1	
Everris International B.V. (NL)	1	

Fonte: Elaboração própria

Cabe mencionar que as empresas chinesas Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., LTD e Shandong Zhengda Biological Engineering Co., LTD (mesmo grupo) possuem 7 patentes em parceria; a empresa CNOOC Ltd também possui parceria com a Ocean University of China. Uma das patentes encontradas possui parceria entre pessoas físicas (Jiushun Chen e Xichun Zhang). Por isso, a diferença encontrada na quantidade de patentes na Tabela 11 e na Figura 79.

Destacam-se no período pesquisado como maiores detentoras de patentes, as empresas chinesas, seguidas pelas coreanas e japonesas. O levantamento por tipo de instituições demonstrou uma boa variedade de empresas, mas apenas uma mínima

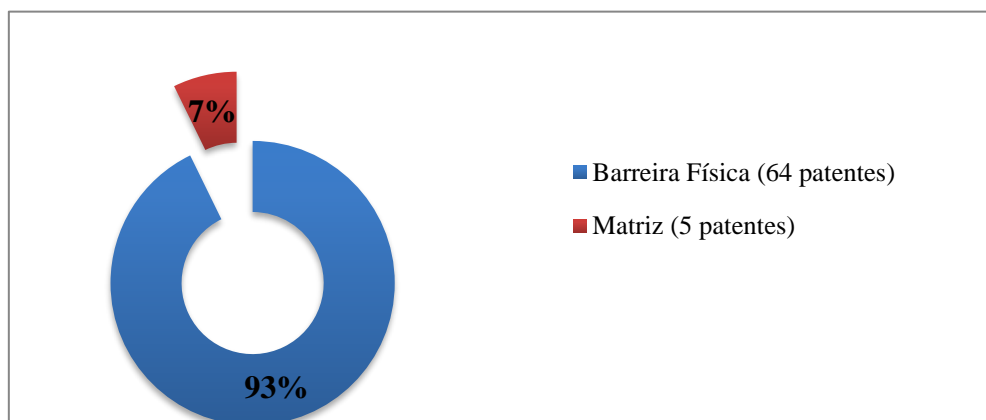
quantidade de universidades e institutos, embora tenha sido encontrada uma quantidade um pouco maior do que a encontrada no banco de dados americano.

As universidades encontradas no banco de dados europeu foram as universidades chinesas: Shanghai Normal University, Univ. Southwest Science & Tech, Univ. Hunan Agriculture e Ocean University of China e a universidade coreana Industry-Academy Cooperation Corps of Sunchon National University. As instituições chinesas encontradas foram: Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences; e Guangdong Academy of Agricultural Sciences (GDAAS), CAAS – Chinese Academy of Agricultural Sciences. Foi identificado na pesquisa que o instituto de pesquisa Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences possuía três patentes relacionados ao assunto de interesse.

#### 4.1.2.2 Análise Meso

As taxonomias apresentadas no capítulo de metodologia serão representadas através das Figuras 80 a 83.

Figura 80 - Quantidade de Patentes por Tipo de Suporte de Fertilizante (ESPACENET)

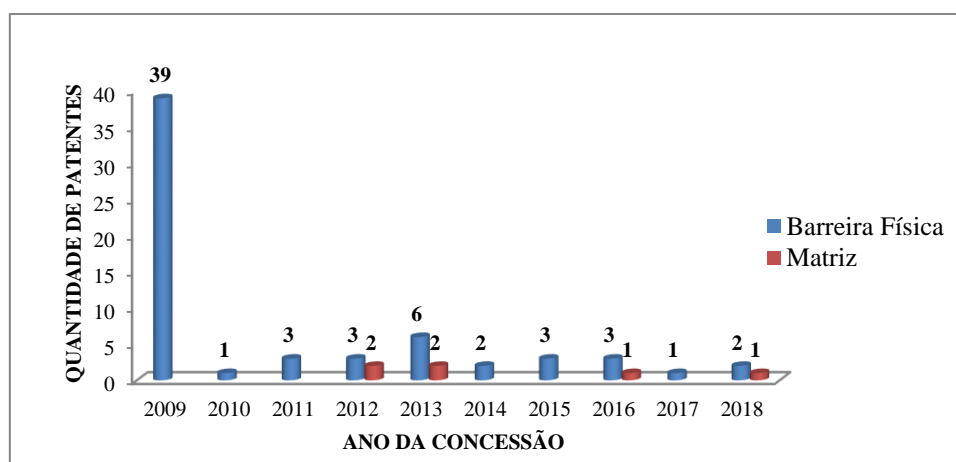


Fonte: Elaboração própria.



Como relatado na literatura (Shaviv, 2000; Trenkel, 2010) que descreveu o capítulo de fertilizante dessa dissertação, a tecnologia, ou seja, o meio de liberação do fertilizante, com maior representatividade no período pesquisado ainda é através da barreira física, onde os nutrientes são protegidos através de camada(s). Como nas patentes da base americana, foi observado dentre esses documentos selecionados que o fertilizante mais utilizado como nutriente nitrogenado continua sendo a ureia.

Figura 81 - Quantidade de Patentes com Barreira Física e Matriz por Ano de Concessão (ESPACENET)

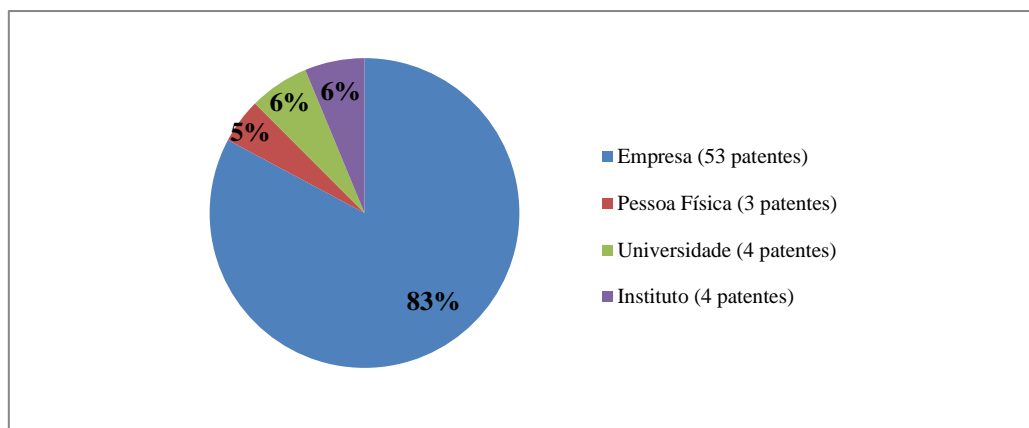


Fonte: Elaboração própria.

A distribuição de patentes concedidas por ano com relação à matriz foi bem regular. Diferente da barreira física que teve uma concentração de patentes no ano de 2009 (Figura 81). Não foram encontradas patentes com sistema misto na busca realizada na base de dados europeia. As Figuras 82 e 83 demonstram a distribuição dos tipos de suporte de interesse por tipo de instituição.

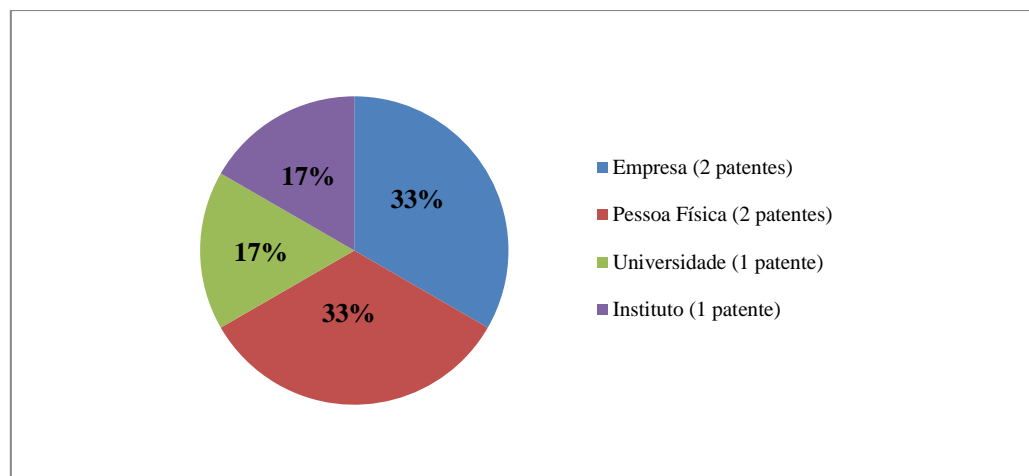
Como pode ser observado nas Figuras 82 e 83, a maioria das patentes concedidas para os suportes foram para empresas. A participação de pessoas físicas, universidades e institutos tem uma representatividade muito pequena tanto para suporte de barreira física como matriz. O resultado encontrado confirma a observação feita na literatura de fertilizantes, ou seja, o suporte referente à barreira física ainda é o preferido pelas empresas.

Figura 82 - Quantidade em Percentual de Patentes com Barreira Física por Tipo de Instituição (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 83 - Quantidade em Percentual de Patentes com Matriz por Tipo de Instituição (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

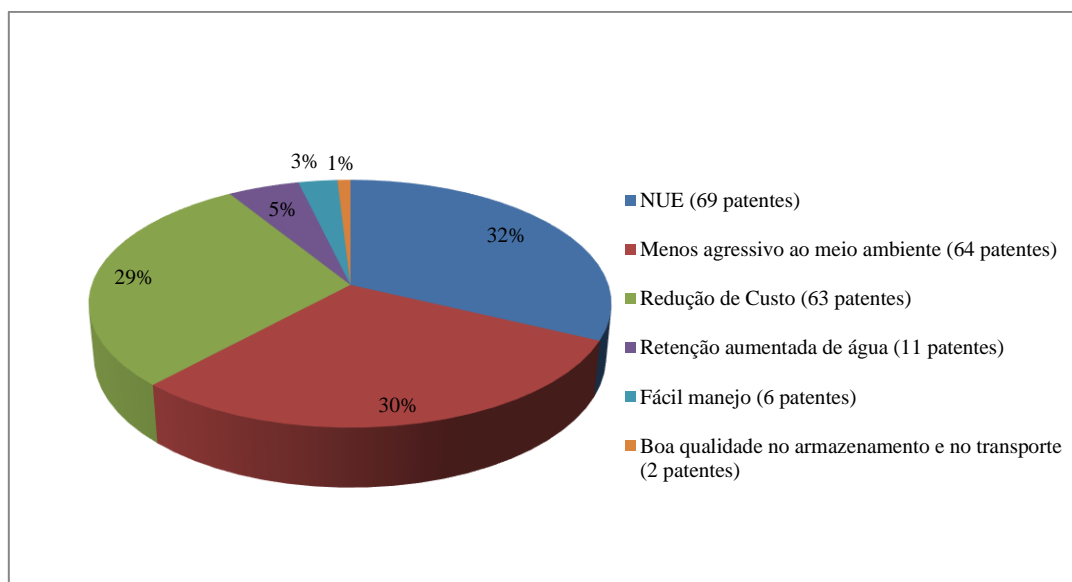
### 4.1.2.3 Análise Micro

#### 4.1.2.3.1 Análise de Mercado

Tal como no banco de dados americano, são aqui analisadas as subcategorias destacadas na análise meso com relação às tendências de mercado identificadas na base de dados do ESPACENET.

Na taxonomia referente ao mercado, todos os fertilizantes, identificados nas patentes selecionadas na busca, apresentavam eficiência de uso de nutriente (NUE) aperfeiçoada. A partir da leitura dos documentos de patentes, também foi possível identificar que os objetivos e estratégias mais almejadas, além do aumento da NUE, foram (i) a preocupação com meio ambiente, (ii) redução dos custos e (iii) capacidade de retenção de água aperfeiçoada (Figura 84). Alguns documentos de patentes também revelaram que seu produto mantinha boa qualidade no armazenamento e transporte assim como possuía manejo facilitado.

Figura 84 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Assim como nas patentes encontradas no banco de dados americano, a preocupação com meio ambiente, no geral, estava ligada à redução da lixiviação e volatilização de gases nocivos, ocasionada pelo uso eficiente do nutriente, evitando, assim, perdas excessivas de nutriente para o meio ambiente.

Com relação à possibilidade de redução de custos, similarmente ao descrito nos documentos de patentes encontrados no banco de dados americano, as patentes da base europeia apontaram na direção de redução de custos por duas vertentes: (i) na agricultura, os Requerentes relataram que devido à melhora da eficiência de uso de nutriente, ocorrerá redução na compra de fertilizantes e na mão de obra nas agriculturas; e (ii) na indústria, o relato dos Requerentes apontava para a redução de custos através de etapas mais simplificadas de processo assim como utilização de matéria-prima de menor valor.

Nas patentes relacionadas à biomassa, os titulares apontavam para reutilização de resíduos de biomassas vegetais como uma possibilidade de redução do custo, fora o fato do ganho ao meio ambiente. Na sua grande maioria, foi possível perceber que a redução de custo mencionada era referente à diminuição do parcelamento do uso de fertilizantes, conseqüentemente, atenuação na contratação de trabalhadores e compra suplementares de fertilizantes. No entanto, cabe ressaltar que nenhum estudo foi apresentado nas patentes de ambas as bases a fim de comprovar essas hipóteses relatadas.

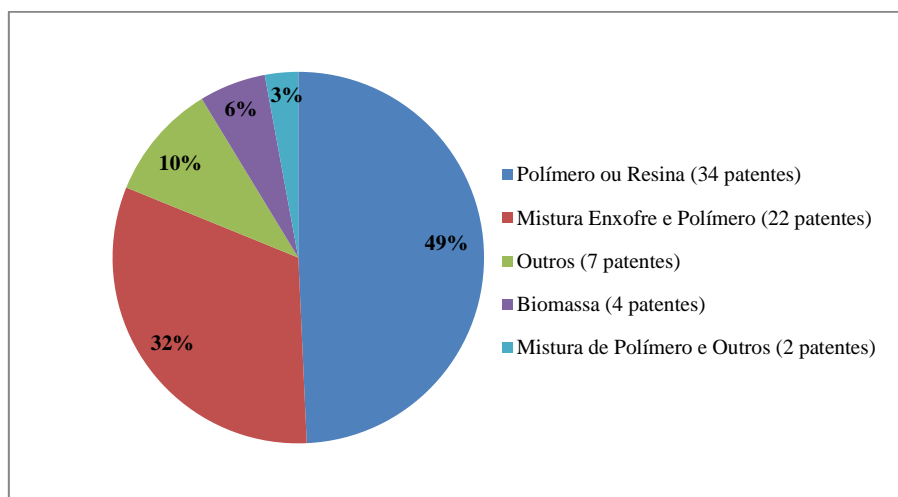
As patentes relacionadas com produtos possuindo retenção de água aperfeiçoada estão relacionadas diretamente com a quantidade de patentes referentes ao suporte do tipo matriz de biomassa vegetal e de materiais denominados como outros (materiais diferentes de biomassa, enxofre e polímero), tais como gesso, argila, sílica, zeólitas, e similares.

#### 4.1.2.3.2 Análise de Produto

A leitura cuidadosa dos documentos de patentes, encontrados na base europeia, revelou, assim como na base americana, que o uso de polímeros e resinas como matéria-prima, ainda, é predominante nesta área (Vide Figura 85). Embora os polímeros e

resinas não sejam matérias-primas baratas e ecologicamente amigáveis, sua eficiência na proteção da liberação de nutrientes é evidente.

Figura 85 - Análise de Produto (Barreira Física) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação à Matéria-prima Empregada como Suporte (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

A despeito da demanda para produtos utilizando matéria-prima ecologicamente amigável, como ilustrado na Figura 84, através da taxonomia relacionada aos produtos menos agressivos ao meio ambiente, constatou-se, na base europeia, a ausência de patentes concedidas para biopolímeros como suporte. Portanto, essa matéria-prima não pode ser elencada como um dos fatores responsáveis por tornar o fertilizante suportado menos agressivo ao meio ambiente.

A leitura das patentes chinesas também revelou a priorização de suportes de enxofre e polímeros, sendo, no geral, o enxofre a primeira camada e o polímero uma segunda camada. Essa proteção dupla ocorre pelas imperfeições conhecidas da camada de enxofre, como relatado no capítulo de fertilizantes dessa dissertação.

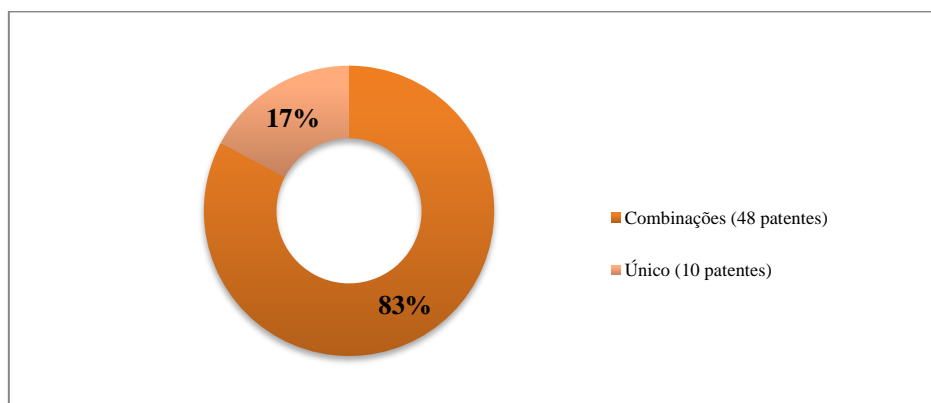
Ainda com relação à análise de produto, as Figuras 86 e 87 ilustram como a matéria-prima (polímero/resina e/ou biomassa), encontrada nas patentes recuperadas na base europeia de dados, está arranjada. No caso dos polímeros e resinas, a preferência de arranjo foi pela utilização de polímero único ao invés de combinação de polímeros na formação da camada, embora a combinação de polímeros e/ou resinas pudesse agregar um efeito sinérgico à camada do produto. Foi relatado nos relatórios de algumas

patentes que a utilização de um único polímero ou resina, como matéria-prima de encapsulamento, reduz o custo de produção pela simplificação das etapas de processo e/ou matérias-primas.

Para biomassa, no geral, foram identificadas, nos documentos de patentes tanto combinações de biomassas vegetais como a utilização de um único tipo de biomassa vegetal, por exemplo, os chineses possuem uma preferência por casca de arroz. Também foram identificadas biomassas vegetais misturadas com biomassas animais.

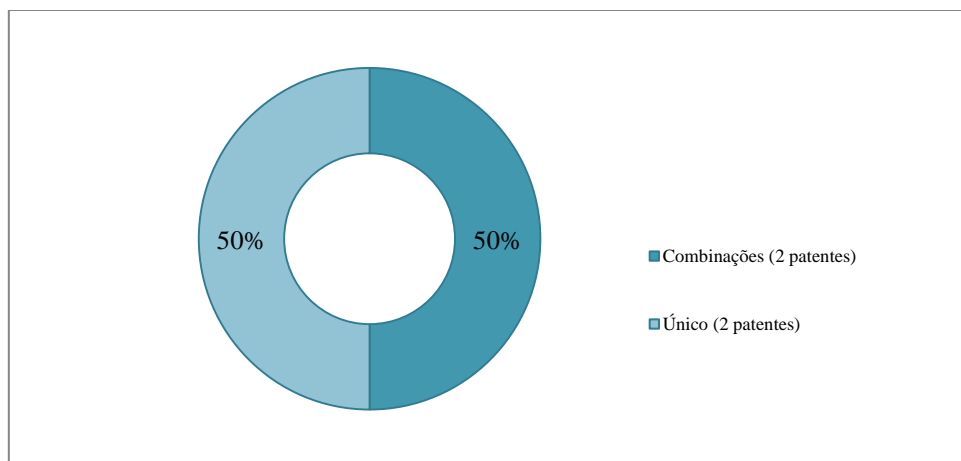
O termo “outros”, citado na Figura 85, significa matéria-prima diferente de polímero, biomassa e enxofre, como, por exemplo, zeólita, sílica, etc.

Figura 86 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 87 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (ESPACENET)



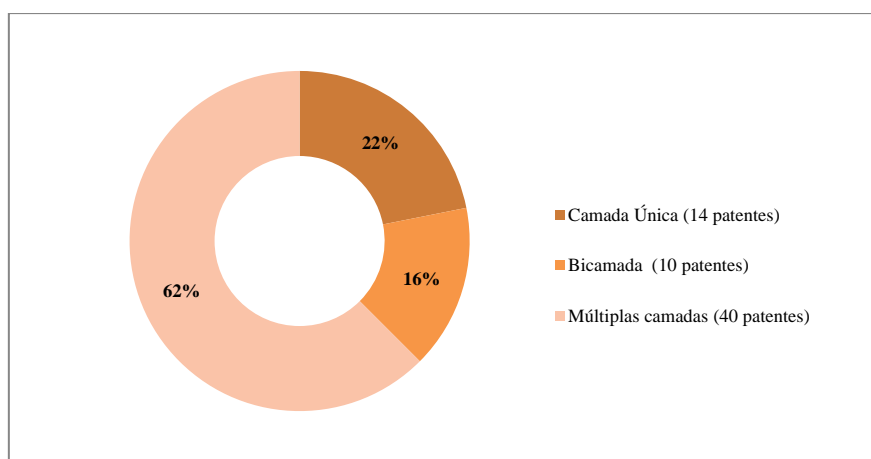
Fonte: Elaboração própria.

#### 4.1.2.3.3 Análise de Tecnologia

Para análise de tecnologia, buscou-se observar nos documentos das patentes, encontradas na base europeia, se o fertilizante de suporte do tipo barreira física continha uma ou mais camadas da matéria-prima (resina e/ou polímero) empregada (vide Figura 88).

As patentes selecionadas na pesquisa com suporte do tipo barreira física referem-se à formação de uma ou mais camadas de proteção/barreira através de encapsulamento ou recobrimento do fertilizante, tornando-se, assim, um suporte físico para o fertilizante.

Figura 88- Análise de Tecnologia (Barreira Física) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Diferente do resultado encontrado nas patentes da base americana, a leitura das patentes da base europeia revelou predominância de fertilizantes encapsulados com múltiplas camadas. As patentes selecionadas na base europeia, no geral, relatavam que quanto mais camadas, melhor o resultado revelado em relação à eficiência de utilização de nutriente - NUE.

Com relação aos métodos mencionados para a formação de camadas (barreira física), as patentes, encontradas na base europeia, adotaram diferentes estratégias, tais como, métodos de precipitação, emulsão, pulverização, imersão, entre outros.

Com relação à maneira que a matéria-prima é incluída no fertilizante (no geral, ureia), os documentos de patentes apontaram para mistura/combinção da matéria-prima no fertilizante. As patentes, no geral, relataram a mistura/combinção através da granulação, fusão, extrusão, entre outros. Algumas patentes ainda referiam-se à utilização de aglutinantes ou aditivos nessa etapa de mistura. Não foram encontradas patentes na base europeia relacionadas à impregnação do fertilizante no suporte do tipo matriz.

#### 4.1.3 Considerações Relacionadas ao Perfil Encontrado nas Patentes de ambas as bases de dados (USPTO e ESPACENET)

O banco de dados americano revelou um perfil de Requerente(s), no geral, de empresas, sendo estas localizadas, basicamente, no continente norte americano. A quantidade de patentes concedidas para universidades e institutos de pesquisa no produto estudado foi muito pequena. O banco de dados europeu revelou um perfil de requerente(s), no geral, de empresas, sendo estas localizadas, basicamente, no continente asiático. Entre os maiores Requerentes da área, fica notório a participação das seguintes empresas chinesas: Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., LTD e Shandong Zhengda Biological Engineering Co., LTD.

Ambos as bases de dados de patentes (USPTO e ESPACENET), através da leitura dos documentos, revelaram interesse dos Requerentes no suporte do tipo barreira física, ou seja, fertilizantes encapsulados com uma ou mais camadas.

Com relação ao perfil de fertilizantes verificado na análise de mercado, ambas as bases indicaram estratégias similares, sendo elas produtos com eficiência aumentada de uso de nutriente (NUE), custos reduzidos e menos agressivo ao meio ambiente. Também foi possível observar, na pesquisa de ambas as bases, uma quantidade expressiva de patentes encontrada com produtos possuindo retenção aumentada de água e com manejo melhorado.



O perfil de produto de ambas as bases revelou interesse dos requerentes em fertilizantes de liberação lenta ou controlada utilizando polímeros ou resinas. No entanto, a base europeia também ilustrou (Figura 87) interesse dos requerentes por fertilizantes de liberação lenta ou controlada utilizando mistura de polímeros e enxofre. Ainda, com relação ao perfil de produtos, a base americana revelou que os Requerentes desenvolveram produtos utilizando um único polímero e/ou resina na formação da(s) camada(s) que encapsula(m) o fertilizante ao invés de produtos com camada(s) combinando certa variedade de polímeros e/ou resinas, ao contrário dos Requerentes da base europeia que desenvolveram produtos utilizando uma combinação de polímeros e/ou resina. Com relação à biomassa, na base americana houve priorização de uma combinação de biomassas vegetais na formação do suporte. Na base europeia foram identificadas uma uniformidade na utilização tanto de combinações de biomassas vegetais como de um único tipo de biomassa vegetal como suporte.

Na análise de tecnologia, na base americana houve o predomínio de revestimentos com camada única nas barreiras físicas (Figura 72); assim como mistura da biomassa com o fertilizante (Figura 73) ao invés da impregnação na matriz. No entanto, a base europeia revelou interesse, principalmente, das empresas chinesas, por múltiplas camadas no suporte de barreira física (Figura 88). Com relação à matriz, a biomassa foi exclusivamente misturada ao fertilizante na base europeia, ou seja, não foi encontrada patente impregnando o fertilizante na matriz.

Embora não tenha sido o foco dessa pesquisa, foi possível observar uma quantidade expressiva de patentes que usavam inibidores de nitrificação na sua formulação para controlar a liberação dos nutrientes. Outra constatação, é que a ureia, principalmente di-ureia e ureia-formaldeído são importante focos de investimento em P&D devido as suas propriedades, composições e custo acessível.

Como uma generalização pertinente da documentação de patentes analisadas, essas revelavam os seguintes fatores ou estratégias como meios para liberação controlada ou lenta: (i) uso de inibidores de nitrificação; (ii) uso de anti-aglutinantes; (iii) revestimentos com diferentes materiais (orgânicos e/ou inorgânicos); (iv) aumento da dureza; (v) uso de biomaterias como suporte; e (vi) aumento da espessura.

A análise de patentes demonstrou que ainda existe uma demanda do mercado a ser preenchida tanto com biopolímeros como na recuperação de biomassa para ser utilizada em combinação com fertilizantes. Existe uma preocupação evidente nas

patentes com relação ao meio ambiente, no entanto, a quantidade de matéria-prima ecologicamente amigável, ainda, é pequena.

#### 4.2 Médio Prazo - Pedidos de Patente

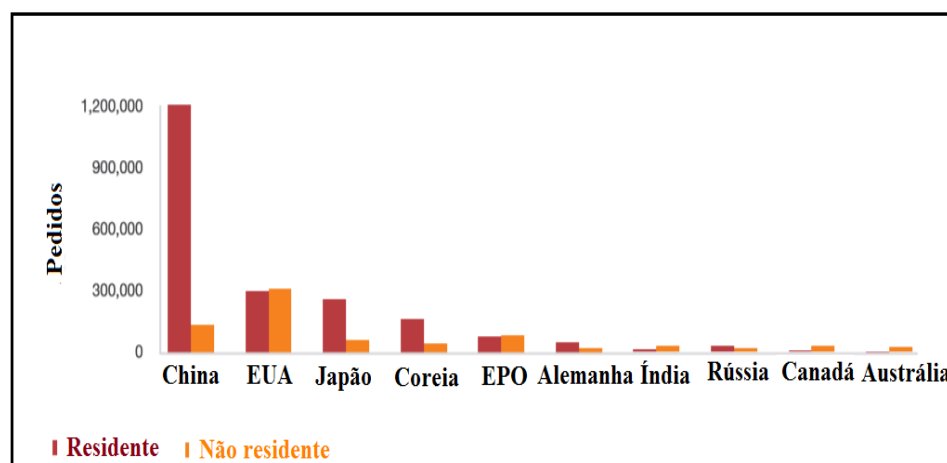
De acordo com a Lei No. 9,279 (1996), a patente concede ao titular direitos de impedir que terceiros utilizem com fins econômicos invenção patenteada, no entanto, o pedido de patente é uma mera expectativa desse direito. Apesar dessa diferença, ambos são produtos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O investimento em pesquisa e desenvolvimento, por empresas de todos os portes, institutos, centros de pesquisas e universidades, certifica o grau de produtividade de uma nação (Brega, 2018).

Neste sentido, o pedido de patente por identificar o grau de desenvolvimento das tecnologias nas nações e suas organizações, pode ser considerado um bom indicativo do nível de inovação e do andamento da economia de um país (WIPO, 2017). No caso de países emergentes, como a China, por exemplo, a mudança do modelo de industrialização com investimento em pesquisa e desenvolvimento pode ser observada a partir do crescimento do número de pedidos de patente requeridos nacionalmente e internacionalmente na última década. A percepção de mudança de paradigma no cenário industrial e científico foi possível através do aumento de depósitos de pedidos de patente no escritório chinês tanto devido ao interesse de empresas estrangeiras no país quanto do aumento de depósitos de residentes estimulados pelo aumento de investimento em pesquisa e desenvolvimento nacional chinês.

De acordo com dados disponibilizados pelo escritório internacional - WIPO (World Intellectual Property Office), mais de 3 milhões de pedidos de patente foram depositados em 2016, deste montante de depósitos, o escritório chinês de propriedade intelectual (SIPO - State Intellectual Property Office of the People's Republic of China) recebeu cerca de 1,3 milhões de pedidos de patente, seguido pelo escritório americano (USPTO- United States Patent and Trademark Office) com 605.571 pedidos de patente, escritório japonês (JPO - Japan Patent Office) com 318.381 pedidos de patente, escritório coreano (KIPO - Korean Intellectual Property Office) com 208.830 pedidos de patente e escritório europeu (EPO - European Patent Office) com 159.358 pedidos de patente.

Infelizmente, esse fenômeno não é constatado no Brasil (WIPO, 2017). De acordo com a professora Maria Felipe, o Brasil adotou a estratégia de que a pesquisa científica e acadêmica geraria conhecimento que se reverteria espontaneamente em inovações tecnológicas, o que não reflete a realidade atual do país (Felipe, 2007). Isso se retrata nos dados encontrados na estatística de 2016 do escritório internacional - WIPO, onde a lista dos dez escritórios com maior número de depósitos é basicamente a mesma do ano 2015, com a exceção do Brasil que foi substituído pela Austrália, como pode ser notado na Figura 89.

Figura 89 - Quantidade de Pedidos de Patente depositados nos Dez Principais Escritórios (2016)



Fonte: WIPO/OMPI (adaptado).

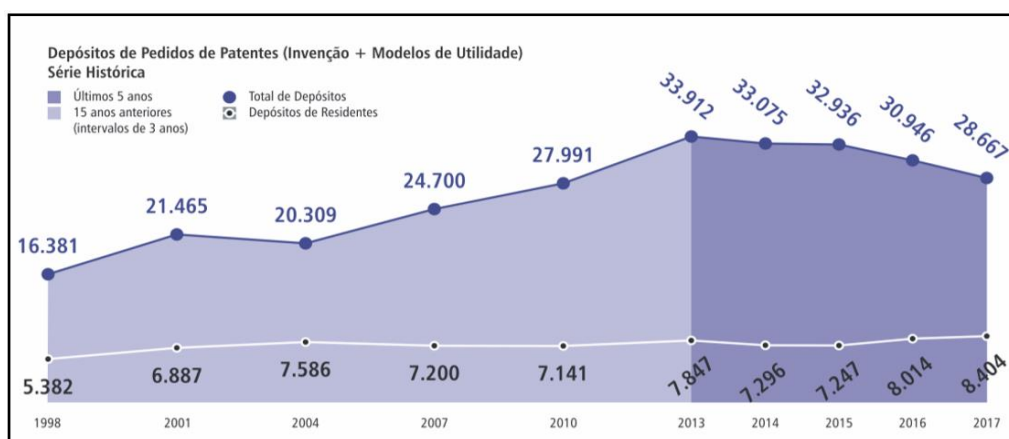
O perfil de depósitos realizados no escritório chinês é de grande maioria de residentes<sup>49</sup>, no entanto, embora ranqueados em primeiro lugar em termos de pedidos de residentes, como mostrado no gráfico acima, os chineses depositaram uma quantidade bem menor em outros países (51.522.000 depósitos de pedidos chineses em outros países), de acordo com dados divulgados pelo escritório internacional – WIPO (2017).

Já os brasileiros tiveram uma proporção elevada de depósitos fora do Brasil, sendo 27,3% de pedidos de brasileiros depositados em outros países. Em 2016, no entanto, o Brasil registrou uma queda de -7,3% de depósitos, principalmente, de

<sup>49</sup> Residente - pessoa considerada residente no Brasil, com obrigações tributárias e cadastrais, é aquela que reside no país em caráter definitivo; e não residente - Pessoa considerada não-residente no Brasil é aquela que não reside em caráter permanente no Brasil. (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações –MCTIC, 2018).

depósitos de não residentes, sendo o quarto ano consecutivo de queda (WIPO, 2017). Apesar dessa queda, o Brasil apresentou crescimento nas últimas duas décadas como pode ser observado na Figura 90. Em 1998 foram depositados 16.381 pedidos de patente e modelos de utilidade, dentre os quais 5.382 eram de depositantes nacionais (residentes). Em 2013, uma concentração excelente de 33.912 depósitos, dentre os quais 7.847 eram de depositantes nacionais (residentes).

Figura 90 - Quantidade de Depósito de Pedidos de Patente no INPI



Fonte: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), 2017.

No Brasil, os americanos continuam sendo os maiores depositantes, como pode ser observado na Figura 91:

Figura 91 - Pedidos de Patente por País de Origem de Depositante Não Residente, 2016

Posição	País	2016	Part.(%)	Δ(2016/2015)
1	ESTADOS UNIDOS	9.100	39,9	-11%
2	ALEMANHA	2.219	9,7	-11%
3	JAPÃO	1.829	8,0	-15%
4	FRANÇA	1.452	6,4	-15%
5	SUÍÇA	1.347	5,9	-2%
6	HOLANDA	965	4,2	-23%
7	CHINA	799	3,5	8%
8	REINO UNIDO	697	3,1	-5%
9	ITÁLIA	640	2,8	-8%
10	SUÉCIA	604	2,6	-6%
	DEMAIS PAÍSES	3.158	13,8	-10%
<b>Total de Pedidos de Patentes de Invenção por Não Residentes</b>		<b>22.810</b>	<b>100</b>	<b>-11%</b>

Fonte: INPI (2017).

Os Estados Unidos, mesmo com a redução de 11% em relação a 2015, mantiveram a maior participação entre os não residentes com seus 9.100 depósitos de pedidos no Brasil, seguidos por Alemanha, Japão, França e Suíça.

Os dados acima demonstram como o uso do conhecimento, tanto científico como tecnológico, é uma poderosa ferramenta de informação indicativa do desenvolvimento econômico.

O pedido de patente pode ser considerado como uma fonte rica em dados bibliométricos, os quais podem ser considerados como valioso instrumento para verificação e análise das tendências tecnológicas emergentes. A análise bibliométrica de pedidos de patente pode direcionar uma pesquisa em andamento assim como viabilizar projetos em desenvolvimento. (Sánchez et al., 2007)

Entre os dados bibliográficos encontrados em um pedido de patente estão: (i) data do depósito e publicação deste; (ii) país(países) de origem do depósito (consequentemente, o(s) continente(s)); (iii) Depositante(s) e inventor(es), consequentemente, os tipos de instituições interessadas na tecnologia estudada, (iv) o número do pedido de patente; (v) o título e resumo do mesmo; (vi) a classificação internacional, a qual identifica o assunto da invenção, entre outros.

#### 4.2.1 Análise Bibliométrica dos Documentos de Pedidos de Patente no Banco de Dados do USPTO

O funcionamento assim como o endereço eletrônico do banco americano de dados é tal como relatado na seção 4.1.1 para patentes. Destaca-se que na plataforma relacionada aos pedidos de patentes da referida base de dados encontram-se apenas os pedidos de patente americanos, mas os Depositantes podem ser de qualquer nacionalidade.

Como informado anteriormente na seção 4.1.1, os Estados Unidos continuam sendo o país líder em depósitos de pedidos de patente via *Patent Cooperation Treaty* (PCT), assim como continuam sendo os maiores depositantes não residentes no Brasil, como mostrado na Figura 91. Portanto, a escolha desse banco de dados é de extrema relevância considerando referidos dados.

Na próxima seção, serão apresentadas as informações obtidas nas análises macro, meso e micro provenientes da referida base americana de dados de pedidos de patente, as quais fornecem um panorama mundial do tema. As informações técnicas provenientes dos documentos de pedidos de patente subsidiaram a construção do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada a ser apresentado no Capítulo 5 dessa dissertação.

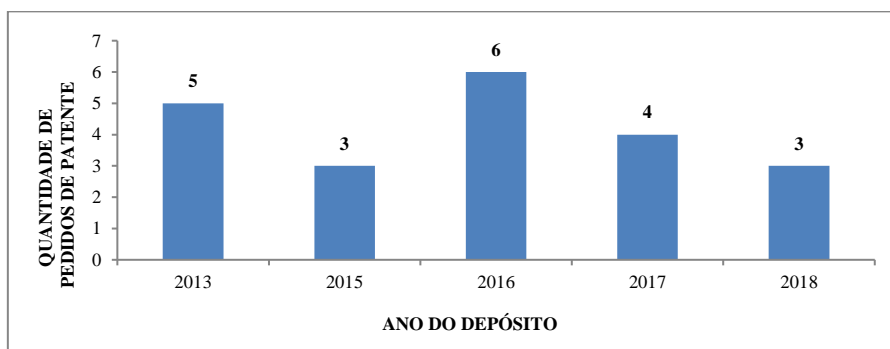
Assim como ocorreu na seção de patentes, nem todos os anos estão representados nas figuras relacionadas à quantidade encontrada de pedidos de patente versus ano de depósito e/ou ano da publicação nas análises macro e meso (em ambas as bases - USPTO e ESPACENET).

#### 4.2.1.1 Análise Macro

As Figuras 92 e 93 demonstram a evolução, no período selecionado (2008-2018), dos pedidos de patente, depositados e publicados, relacionados ao assunto de interesse, totalizando vinte e um documentos relevantes (considerando as condições de contorno acima mencionadas) dos trezentos e noventa e três documentos recuperados na busca de pedidos de patente realizada no website do escritório americano de marcas e patentes - USPTO.

Cabe ressaltar que muitos dos documentos encontrados nessa busca estavam fora do período determinado (2008-2018), portanto, foram totalmente descartados sem nenhuma análise. Documentos de pedidos de patente, cujo objeto de interesse era fertilizante de liberação lenta ou controlada proveniente de biomassa exclusivamente animal ou, ainda, fertilizante de liberação lenta ou controlada, cujo mecanismo de liberação era controlado exclusivamente por meio de inibidores de urease e nitrificação ou, ainda, composto de baixa solubilidade com uma estrutura química complexa, dependente da ação microbiana, tal como ureia-formaldeído (Borsari, 2013), também foram descartados após análise criteriosa.

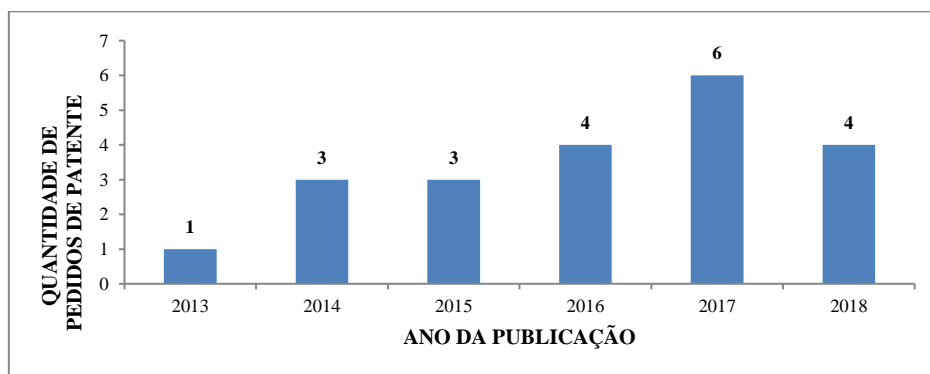
Figura 92 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Depósito (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Em 2013 houve uma pequena concentração de depósitos de pedidos de patente na área de interesse pelos depositantes, assim como em 2016, com pequena redução nos anos seguintes. No entanto, cabe ressaltar que pedidos depositados do meio do ano em diante de 2018 podem estar fora dessa busca, pois não possuem publicação dos seus documentos disponível no escritório americano. No geral, o USPTO publica seus pedidos com cerca de um ano após o depósito. A Figura 93 mostra os respectivos anos que referidos pedidos foram publicados.

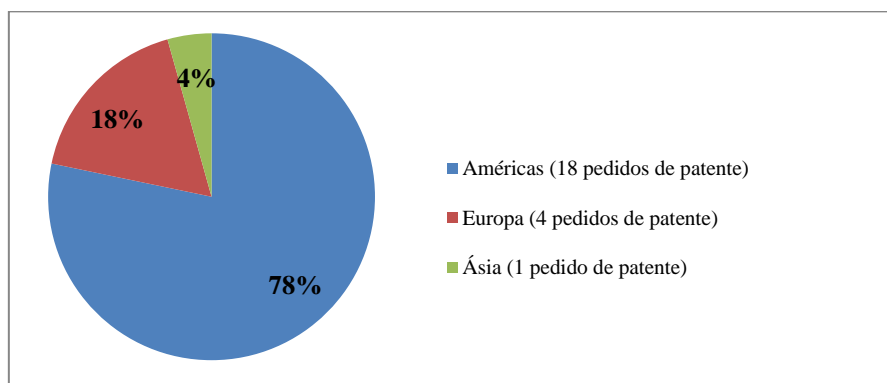
Figura 93 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Publicação (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 94 está representada a quantidade em percentual de documentos de pedidos de patente encontrados no período selecionado por continente.

Figura 94 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Continente (USPTO)

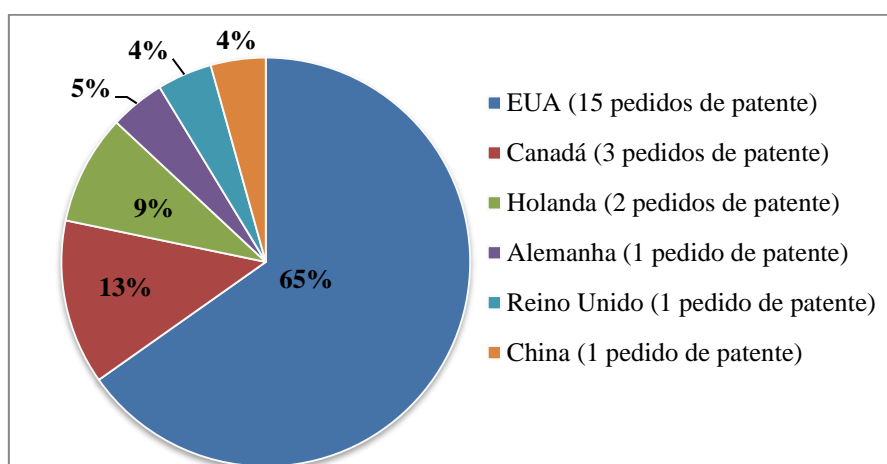


Fonte: Elaboração própria.

A América do Norte, representada por Canadá e EUA (Vide Figura 95), sendo o continente que mais possui pedidos de patente depositados na área de interesse no USPTO, seguido pela Europa, cujos países representantes são Alemanha, Holanda e Reino Unido (vide Figura 95). Apenas um documento foi encontrado no USPTO pertencente aos Depositantes asiáticos (parceria entre uma empresa e pessoa física). Nenhum documento de pedido de patente foi observado para África e Oceania com as condições de contorno utilizadas no escritório americano.

Na Figura 95 está representada a quantidade em percentual de pedidos de patente encontrados no período selecionado por países de origem dos depositantes dos pedidos de patente.

Figura 95 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Países (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

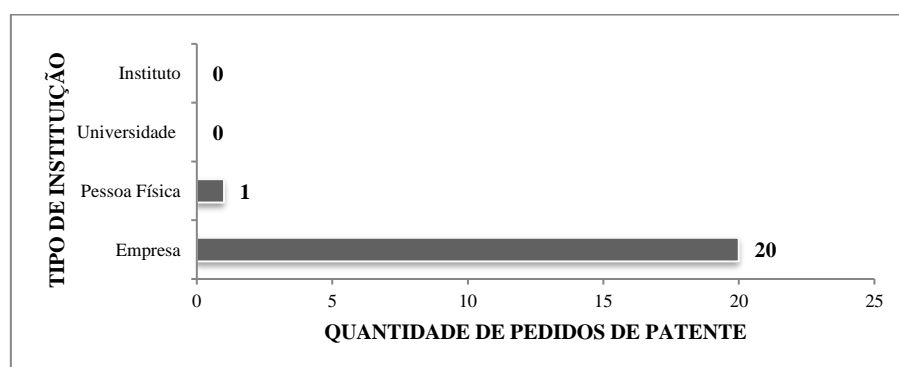


As Figuras 94 e 95 mostram os Estados Unidos como país depositante predominante na América do Norte e no mundo, seguido do Canadá. Na Europa, a Holanda lidera seguida de Alemanha e Reino Unido. Na Ásia, um documento foi encontrado pertencente a dois depositantes residentes da China. Esses países são os mesmos, com pequenas exceções, que foram mencionados na seção 4.1.1.1, confirmando o interesse dos depositantes residentes nesses países na área de fertilizante nitrogenado suportado de liberação controlada ou lenta, objeto do presente estudo. Holanda e EUA possuem dois pedidos de patente em parceria relacionados ao assunto de interesse, como será comentado mais abaixo na análise do tipo de instituição.

Embora esse resultado já fosse esperando, uma vez que os Estados Unidos estão entre os principais produtores de fertilizantes nitrogenados do mundo, de acordo com o *ranking* da Associação Internacional de Fertilizantes mencionado por Da Costa e Silva (2012), essa instituição também relata que China e Índia são os maiores produtores e consumidores mundiais de fertilizantes. Diante dessa suspeita, assim como para patentes, foi também realizada busca no banco de dados da União Europeia para verificação de dados, os quais serão analisados em outra seção. A busca por documentos de pedidos de patente no banco europeu (ESPACENET) possui a finalidade de complementação da presente pesquisa.

Na Figura 96 está representada a quantidade de documentos dos pedidos de patente encontrados no período selecionado (2008-2018) por tipo de instituição dos Depositantes no banco de dados americanos - USPTO.

Figura 96 - Quantidade de Pedidos de Patente por Tipo de Instituição (USPTO)













Fonte: Elaboração própria.

Diferente do resultado encontrado na seção de patentes relacionada à pesquisa no USPTO, não foram identificados pedidos de patente, considerando as condições de contorno definida no início deste capítulo, para Universidade, Institutos ou Centro de pesquisas. As empresas totalizaram 95% dos depósitos de pedidos de patente relacionados ao assunto de interesse. Apenas uma pessoa física (Lv Qinghuai) foi encontrada como depositante no pedido de patente chinês.

Com relação às empresas, segue Tabela 12 demonstrando as quantidades de pedidos de patente por empresas encontradas:

Tabela 12 - Quantidade de Pedidos de Patente por Empresas (USPTO)

Empresas	Quantidade de Pedidos de Patente	Logo
Cool Planet Energy Systems, Inc. (US)	11	
Tiger-Sur (Canada) Co. (CA)	2	
Sirius Minerals PLC (GB)	1	
Agrium Advanced Technologies Inc. (US)	1	
Sulvaris Inc.	1	
Basf SE	1	
Everris International B.V. (NL) e OMS Investments, INC. (US)	1	
Plantacote B.V. e CelluloseTek LLC	1	
Shikefeng Chemical Ind CO LTD	1	
Koch biological solutions, LLC	1	

Fonte: Elaboração própria.

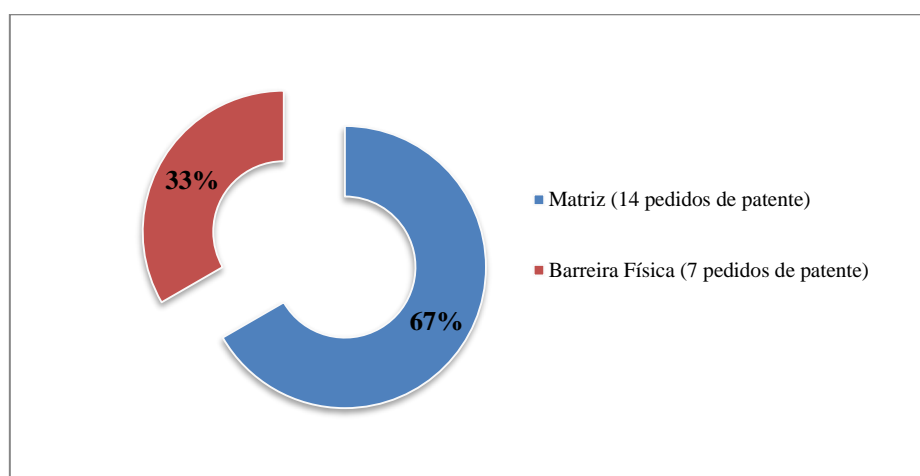
As empresas Everris International B.V. (Holandesa) e a OMS Investments, INC. (Americana) possuem um pedido de patente em parceria, assim como as empresas Plantacote B.V. (Holandesa) e CelluloseTek LLC (Americana). A empresa Shikefeng Chemical Ind CO LTD possui um pedido em parceria com um dos inventores chineses do referido pedido (Lv Qinghuai).

Um novo depositante aparece desempenhando importante papel nessa pesquisa, a Cool Planet Energy Systems, Inc. Seus pedidos de patente estão relacionados às matrizes utilizando biocarbonizados ou biocarvões (*biochar*, em inglês) modificados juntamente com fertilizantes. No geral, utilizam biomassa vegetal e trabalham com a modificação dos poros do biocarvão.

#### 4.2.1.2 Análise Meso

As taxonomias apresentadas no capítulo de metodologia serão representadas através das Figuras 97 a 100.

Figura 97 - Quantidade de Pedidos de Patente por Tipo de Suporte de Fertilizante (USPTO)

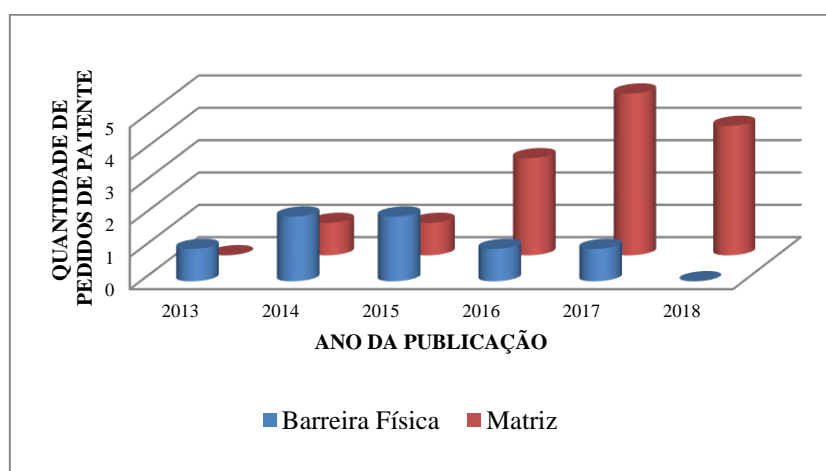


Fonte: Elaboração própria.

Diferente do resultado encontrado na pesquisa de patentes realizada no USPTO, a maior parte de pedidos de patente depositados no referido escritório americano refere-se à matriz, em especial, refere-se à utilização de biomassa vegetal como suporte físico para o fertilizante. A pesquisa no USPTO para pedidos de patente não revelou suporte do tipo misto (combinação entre matriz e barreira física). Foi observado dentre esses documentos que o fertilizante mais utilizado como nutriente nitrogenado continua sendo a ureia.

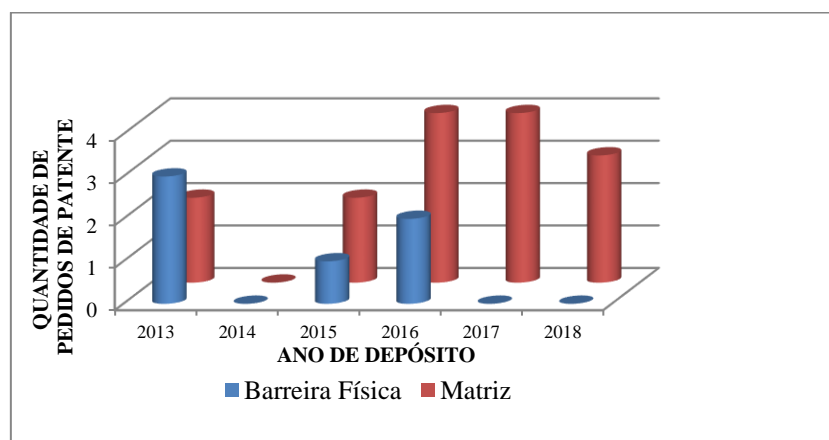
As Figuras 98 e 99 mostram o tipo de suporte (barreira física ou matriz) por ano de depósito e ano de publicação dos pedidos de patente revelados na pesquisa realizada na base de dados do USPTO. Os gráficos representados nas Figuras 98 e 99 relacionados aos referidos anos ilustram a distribuição dos pedidos de patente por tipo de suporte, onde também é possível observar uma predominância do suporte do tipo matriz, tal como ilustrado na Figura 97.

Figura 98 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Ano de Publicação (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 99 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Ano de Depósito (USPTO)



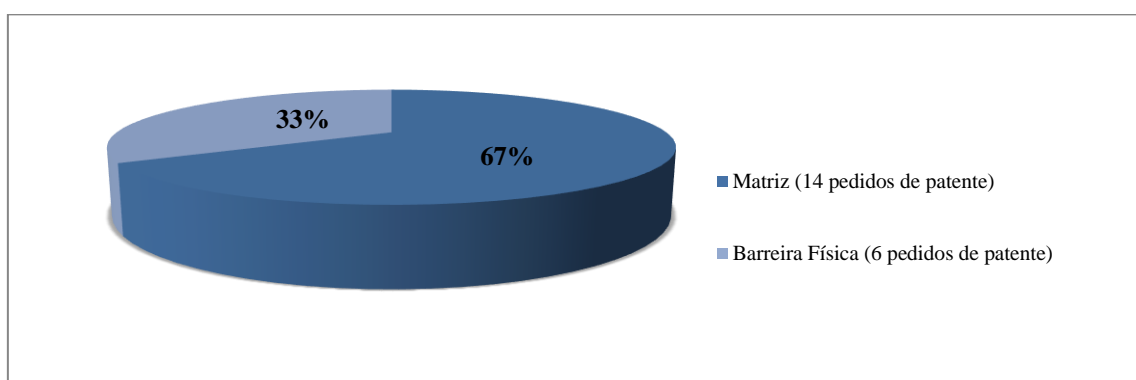
Fonte: Elaboração própria.

Em ambos os casos (ano de depósito e ano de publicação), o ano de 2017 foi o ano com maior concentração de pedidos de patente com suporte do tipo matriz. O ano de 2016, como pode ser observado na Figura 99, possui a maior concentração de pedidos de patente em ambos os tipos de suporte (matriz e barreira física), como anteriormente observado na Figura 92, referente à quantidade de pedidos de patente por ano de depósito no escritório americano.

Vale notar que o ano de 2018 pode registrar posteriormente depósitos de pedidos de patente relacionados ao tipo de suporte (matriz e/ou barreira física), tendo em vista que existe a possibilidade de alguns pedidos de patente não terem sido publicados até o presente momento da pesquisa.

Os documentos de pedido de patente encontrados na busca do banco de dados do USPTO revelaram as empresas como o tipo de instituição depositante predominante interessado no objeto do presente estudo. A Figura 100 ilustra que o tipo de suporte preferido pelas referidas empresas foi o suporte do tipo matriz. Cabe ressaltar que o gráfico da Figura 100 não considerou o depositante chinês Lv Qinghuai (pessoa física) encontrado como depositante em parceria com a empresa chinesa (Shikefeng Chemical Ind Co LTD), cujo pedido requer proteção para fertilizante suportado do tipo barreira física de liberação controlada ou lenta.

Figura 100 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente com Matriz e Barreira Física por Empresas (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

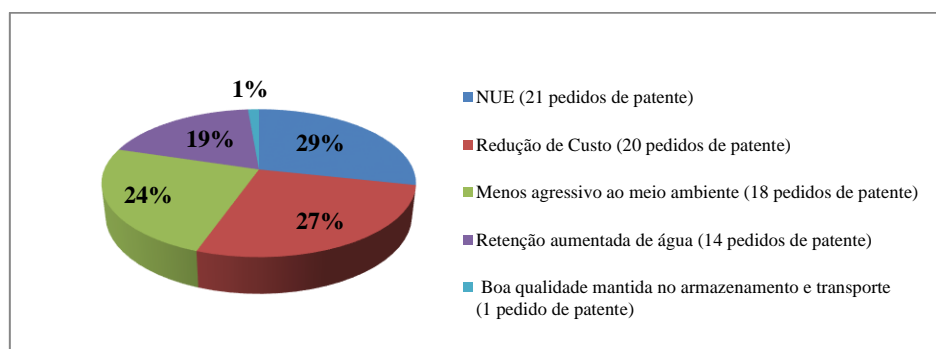
### 4.2.1.3 Análise Micro

#### 4.2.1.3.1 Análise de Mercado

A análise de mercado foi realizada tal como relatada na seção 4.1.1.3.1 do banco de dados americano para patentes.

Na taxonomia referente ao mercado, observou-se que todos os pedidos de patente apresentaram produtos (fertilizante) com eficiência de uso de nutriente (NUE) aperfeiçoada. A partir da leitura dos documentos de pedidos de patente também é possível observar que os objetivos e estratégias mais almejadas, além do aumento da NUE, foram (i) retenção aumentada de água, (ii) redução dos custos e (iii) preocupação com meio ambiente. Em outras palavras, os depositantes desenvolveram produtos com NUE melhorado, menos agressivo ao meio ambiente e com retenção aumentada de água, como pode ser observado na Figura 101. Apenas um pedido de patente mencionou que seu produto mantinha boa qualidade no armazenamento e transporte.

Figura 101 - Análise de Mercado de Fertilizantes Nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

A quantidade expressiva de pedidos de patente encontrada com produtos possuindo retenção aumentada de água está relacionada com a quantidade de pedidos referentes ao suporte do tipo matriz de biomassa vegetal, tendo como seu principal player a empresa Cool Planet Energy Systems, Inc. Os suportes do tipo matriz de biomassa são os mais citados como bons retentores de água, confirmando o

entendimento da literatura relacionada aos biocarvões com aplicação na agricultura (Lehmann *et al.*, 2011).

Com relação à preocupação com meio ambiente identificada na pesquisa para pedidos realizada no USPTO, no geral, estava ligada à redução da lixiviação, eutrofização e volatilização de gases nocivos em consequência da diminuição do parcelamento de uso de fertilizantes, que limita a perda do fertilizante para o meio ambiente. O aumento no uso de biomassa vegetal, fonte renovável de matéria-prima, é um indicativo da busca por fertilizantes ecologicamente amigáveis (doravante, ecofertilizante).

A análise dos documentos de pedidos de patente revelou que a redução do custo está, no geral, ligada à redução do parcelamento de uso de fertilizantes, uma vez que a aplicação única de fertilizantes com eficiência aprimorada reduz custos com compra de fertilizantes e mão de obra.

#### 4.2.1.3.2 Análise de Produto

A leitura mais cuidadosa dos documentos de pedidos de patente, encontrados na pesquisa da base americana, possibilitou a observação do aumento do interesse do uso de biomassa como matriz (Vide Figura 102), mais especificamente, biomassa vegetal. Diferente do resultado encontrado na pesquisa de patentes realizada no banco de dados do USPTO, a pesquisa no mesmo banco para pedidos de patente revelou uma concentração de pedidos de patente relacionados ao biocarvão ou biocarbonizado<sup>50</sup>.

O resultado é bem positivo (12 pedidos de patente relacionados à biomassa dos 21 documentos separados na base americana) tendo em vista a mudança de rumo nesse cenário dominado por patentes com fertilizantes encapsulados ou recobertos por polímeros e/ou resinas abrindo, assim, uma nova perspectiva de linha de pesquisa.

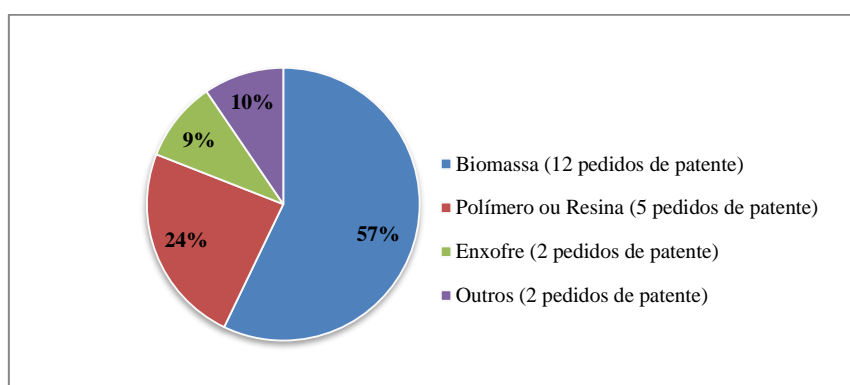
Em um mundo onde se busca alternativas para os resíduos gerados tanto pela indústria como pela agricultura e pecuária, a utilização de biomassa (tanto vegetal como animal) como matéria-prima para suporte do tipo matriz gera um saldo positivo ao meio ambiente extremamente desejado.

---

<sup>50</sup> Termo em inglês, biochar.

Além do fato de que os fertilizantes de liberação lenta revestidos com polímero sofrem de certas desvantagens, tais como (1) a camada do polímero pode rachar/fissurar ou ser danificada durante o transporte e manuseio, resultando em entrada de umidade irrestrita e perda da capacidade de liberação lenta, assim como (2) as camadas do polímero são, geralmente, pouco biodegradáveis e acumulam-se no solo após o uso repetido (conforme divulgado no Pedido de Patente BR1120160279344).

Figura 102 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada com relação à matéria-prima (USPTO)

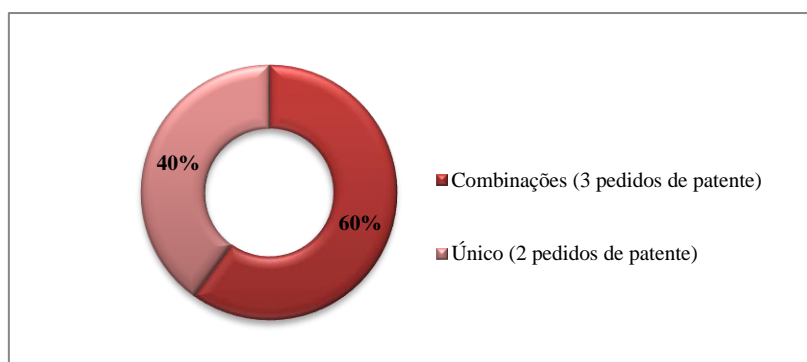


Fonte: Elaboração própria.

Ainda com relação à análise de produto, as Figuras 103 e 104 ilustram como a matéria-prima (polímero/resina e/ou biomassa) encontrada nos pedidos de patente depositados no USPTO está arranjada. No caso dos polímeros e resinas, houve uma pequena preferência de arranjo pela utilização de combinação de polímeros na formação do revestimento de camadas ao invés da utilização de um único polímero. Portanto, a leitura cuidadosa dos pedidos de patente encontrados na busca do USPTO revelou que os Depositantes desenvolveram, preferencialmente, produtos utilizando uma variedade de polímeros e/ou resinas na formação da(s) camada(s) que encapsula(m) o fertilizante.

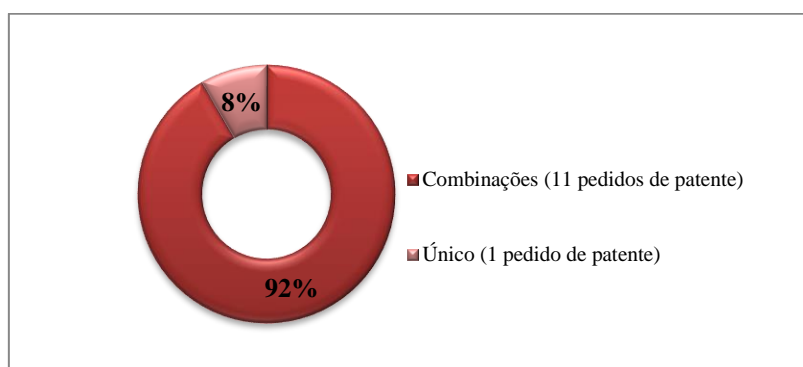


Figura 103 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 104 - Análise de Produto de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Para biomassa, no geral, foram identificadas combinações de biomassas vegetais nos documentos de pedidos de patente. Os documentos da empresa Cool Planet Energy Systems, Inc., a qual desenvolveu produtos a partir do biocarvão modificado, menciona que os biocarvões podem ser preparados basicamente a partir de qualquer fonte de carbono, por exemplo, de hidrocarbonetos (tal como lignita, carvão, etc.) e de biomassa (por exemplo, madeiras, resíduos de papel, casca de coco, estrume, palha, resíduos de alimentos, etc.). De acordo com as informações levantadas nos pedidos de patente da referida empresa, as combinações e variações destes materiais de partida proporciona biocarvões tendo propriedades diferentes.

Tendo em vista a abrangência dos documentos de pedidos de patente (vide explicação mais detalhada sobre esse assunto na seção 4.1.1.3.2, intitulada Análise de

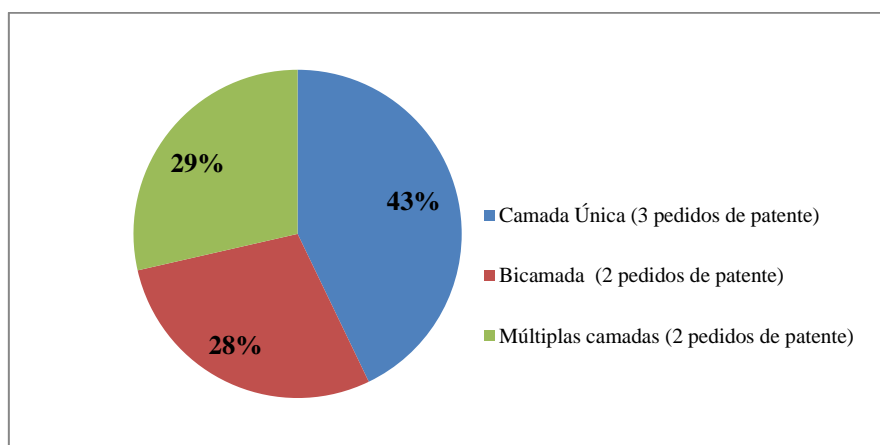
Produto - referente às patentes no USPTO), foram observados pedidos de patente que revelaram não somente um processo novo e inventivo para a produção de biocarvão e/ou o biocarvão em si, com características técnicas melhoradas (objeto principal do pedido de patente), mas os quais possuíam como objeto secundário a utilização desse produto em um fertilizante de suporte de liberação lenta ou controlada.

Cabe mencionar que o termo “outros”, citado na Figura 102, significa matéria-prima diferente de polímero, biomassa e enxofre, como, por exemplo, zeólita, sílica, etc. Na construção do *roadmap* esse termo foi dividido em argila, zeólita, sílica e materiais variados devido à quantidade encontrada de documentos (principalmente, pedidos de patente e artigos científicos) referindo-se às matérias-primas argila, sílica e zeólita.

#### 4.2.1.3.3 Análise de Tecnologia

Para análise de tecnologia, buscou-se observar nos documentos dos pedidos de patente, encontrados na busca do USPTO, se o fertilizante de suporte do tipo barreira física continha uma ou mais camadas da matéria-prima (resina e/ou polímero) empregada (vide Figura 105).

Figura 105 - Análise de Tecnologia (Barreira Física) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Os pedidos de patente selecionados na pesquisa com suporte do tipo barreira física referem-se à formação de uma ou mais camadas de proteção/barreira através de encapsulamento ou recobrimento do fertilizante, tornando-se, assim, um suporte físico para o fertilizante.

Similarmente ao relatado na busca de patentes no USPTO (Seção 4.1.1.3.3, intitulada Análise de Tecnologia), a leitura dos documentos dos pedidos de patente selecionados direciona para o entendimento de que a quantidade predominante de pedidos de patente de fertilizantes suportados do tipo barreira física é de fertilizantes encapsulados com camada única (vide Figura 105). Provavelmente, tal constatação está relacionada à redução dos custos de produção pela aplicação na etapa de revestimento de uma única camada de matéria-prima. A aplicação de duas ou mais camadas implicaria no aumento da quantidade utilizada de matéria-prima refletindo diretamente no custo, sendo esta matéria-prima representada por polímeros que, no geral, não é um material econômico.

Com relação aos métodos mencionados para a formação de camadas (barreira física), os pedidos de patente, encontrados na base americana, adotaram diferentes estratégias, tais como, métodos de precipitação, emulsão, pulverização, imersão, entre outros.

Um dos documentos encontrados na busca prevê a possibilidade da aplicação tanto de camada única como de múltiplas camadas de polímero no fertilizante. Neste sentido, cabe ressaltar que é muito comum nos documentos de pedidos de patente ou patentes, a descrição de modalidades variadas da invenção pelo Depositante no relatório descritivo. Isso não significa que o produto final comercializado apresentará todas as características técnicas divulgadas como modalidades da invenção. Na verdade, esse tipo de comportamento comum praticado por Depositantes/Requerentes<sup>51</sup> de pedidos de patente ou patentes é para inibir que terceiros depositem pedidos de patente na sua área de interesse.

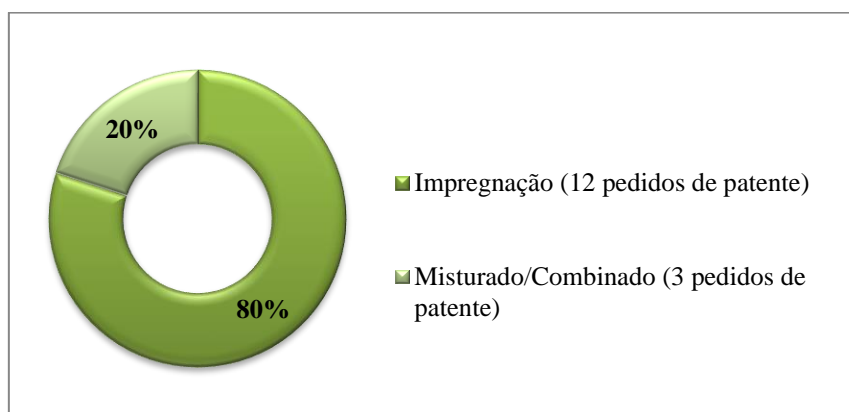
Com relação à mistura mencionada para o suporte do tipo matriz, os documentos de pedidos de patente selecionados na busca revelaram a preferência dos Depositantes por impregnação da matéria-prima no fertilizante (vide Figura 106). A impregnação do

---

<sup>51</sup> O termo *Requerente* refere-se à pessoa física ou jurídica titular da patente concedida e *Depositante* refere-se ao titular do pedido de patente, o qual não possui ainda direito adquirido de impedir terceiros de reproduzirem sua invenção, apenas uma expectativa de direitos.

fertilizante no suporte do tipo matriz, no geral, era realizada através da adsorção ou pulverização do fertilizante líquido na matéria-prima sólida (biomassa).

Figura 106 - Análise de Tecnologia (Matriz) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Forma de Inclusão da Matéria-prima (USPTO)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à mistura/combinção de matéria-prima no fertilizante, tal como encontrado na pesquisa de patentes, no geral, foi descrito uma etapa de processo de mistura/combinção do nutriente e da matéria-prima por extrusão, fusão, peletização, entre outros. Alguns pedidos de patente referiam-se a utilização de aglutinantes ou aditivos nessa etapa de mistura.

É interessante notar que o resultado acima difere daquele encontrado nas patentes americanas selecionadas na base do USPTO (seção 4.1.1.3.3, intitulada Análise de Tecnologia), uma vez que as patentes não apresentaram diferença expressiva na técnica empregada (mistura/combinção ou impregnação) para formação do suporte do tipo matriz.

#### 4.2.2 Análise Bibliométrica dos Documentos de Pedidos de Patente no Banco de Dados Europeu - Espacenet

Tal como em patentes, realizou-se busca por pedidos de patente no banco de dados europeu, pelos mesmos motivos apontados na seção 4.1.2. Da mesma forma que

em patentes, essa nova busca tem como finalidade complementar a pesquisa para elaboração do *roadmap* de fertilizante nitrogenado suportado de liberação lenta ou controlada.

Os mesmos esclarecimentos relacionados ao endereço eletrônico e a plataforma de busca do Espacenet relatados na seção 4.1.2 devem ser aqui considerados. Apenas complementando, no geral, os pedidos de patente possuem a designação A após sua numeração, ou seja, indicação de que o pedido de patente ainda não foi concedido, por exemplo, BR112015013462A2 (Pedido de Patente Brasileiro não concedido No. 112015013462), diferente da designação B1 de patentes.

A seguir serão apresentadas as informações obtidas nas análises macro, meso e micro provenientes da referida base de dado europeia de pedidos de patente, as quais fornecem um panorama mundial do tema. As informações técnicas provenientes dos documentos de pedidos de patente subsidiaram<sup>52</sup> a construção do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada a ser apresentado no Capítulo 5.

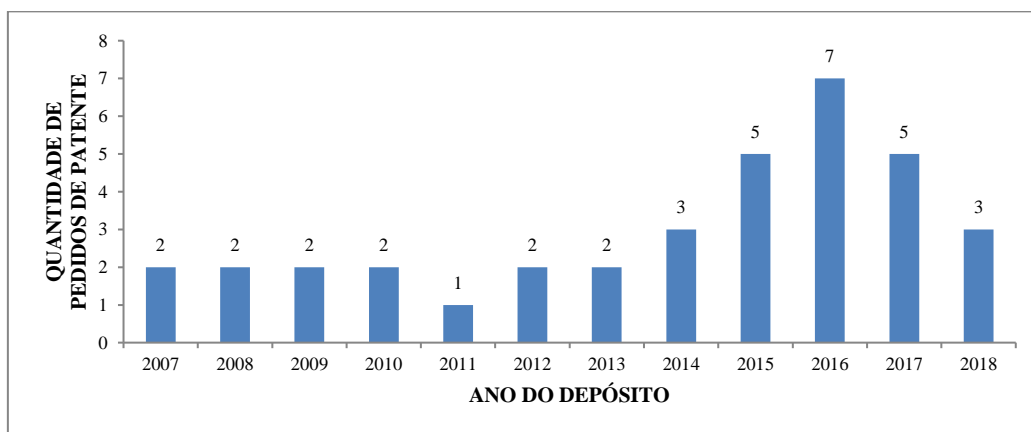
#### 4.2.2.1 Análise Macro

As Figuras 107 e 108 ilustram a evolução, no período selecionado (2008-2018), dos pedidos de patente, depositados e publicados, relacionados ao assunto de interesse, totalizando trinta e seis documentos relevantes (considerando as condições de contorno acima mencionadas) dos seiscentos e noventa e nove documentos recuperados na busca de patentes realizada no website do escritório europeu de marcas e patentes - ESPACENET.

---

<sup>52</sup> Os documentos provenientes de ambos os banco de dados, ou seja, USPTO e ESPACENET.

Figura 107 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano de Depósito (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Embora o número de pedidos de patente recuperados na busca (699 documentos) tenha sido expressivo, cabe mencionar que como a busca no ESPACENET foi realizada com a combinação de palavras-chave e classificação, muitos desses pedidos eram repetidos em cada consulta realizada com classificação variada. Por exemplo, o pedido de patente EP2279989, cuja classificação internacional encontra-se em: C05B7/00; C05C1/02; C05C9/00; C05F3/02; C05G3/00; e C05G5/00, apareceu mais de uma vez na busca, pois possuía mais de uma classificação adotada na presente pesquisa.

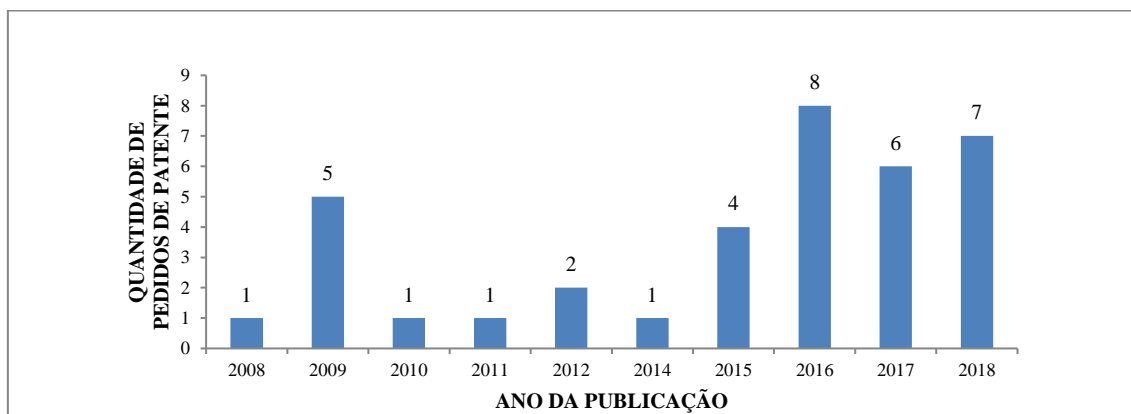
Cabe ressaltar ainda que muitos dos documentos encontrados nessa busca estavam fora do período determinado (2008-2018), portanto, foram totalmente descartados sem nenhuma análise. Também foram descartados, após leitura criteriosa, pedidos de patente, cujo objeto de interesse referia-se a: (i) fertilizante de liberação lenta ou controlada proveniente de biomassa exclusivamente animal; (ii) fertilizante de liberação lenta ou controlada, cujo mecanismo de liberação era controlado exclusivamente por meio de inibidores de urease e nitrificação; e (iii) composto de baixa solubilidade com uma estrutura química complexa, dependente da ação microbiana, tal como ureia-formaldeído.

Entre 2015-2017 houve uma concentração de depósitos de pedidos de patente na área de interesse pelos depositantes. No entanto, cabe ressaltar que pedidos depositados do meio do ano em diante de 2018 podem estar fora dessa busca, pois não possuem publicação dos seus documentos disponível no banco de dados europeu.

O tempo de publicação varia de país em país, por exemplo, China e Japão costumam publicar seus pedidos dentro de um ano contados da data de depósito. No

Brasil, cabe ressaltar que o artigo 30 da Lei 9.279/96 dispõe que o pedido de patente será mantido em sigilo durante dezoito meses contados da data de depósito ou da prioridade mais antiga, quando houver, após o que será publicado. No entanto, quando o pedido for depositado via PCT, ele deve ser publicado na revista de propriedade intelectual o mais breve possível, visto que seu pedido PCT correspondente não se encontra mais em sigilo, mas, infelizmente, esse tempo entre o depósito no Brasil e a publicação do pedido está levando, no geral, mais de um ano. A Figura 108 exibe os respectivos anos que referidos pedidos foram publicados.

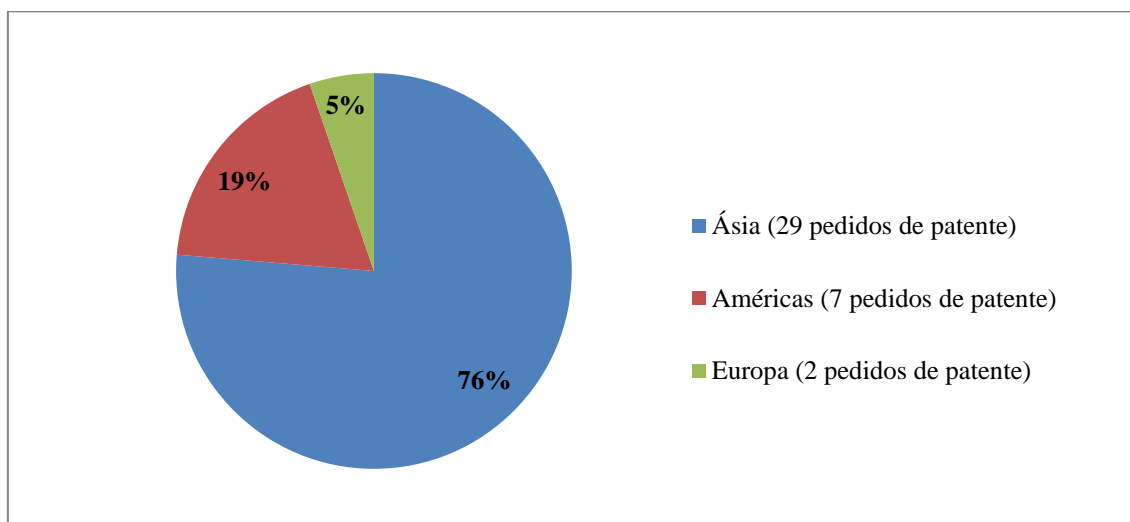
Figura 108 - Quantidade de Pedidos de Patente por Ano da Publicação (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 109 está representada a quantidade em percentual de pedidos de patente encontrados no período selecionado por continente.

Figura 109 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Continente (ESPACENET)



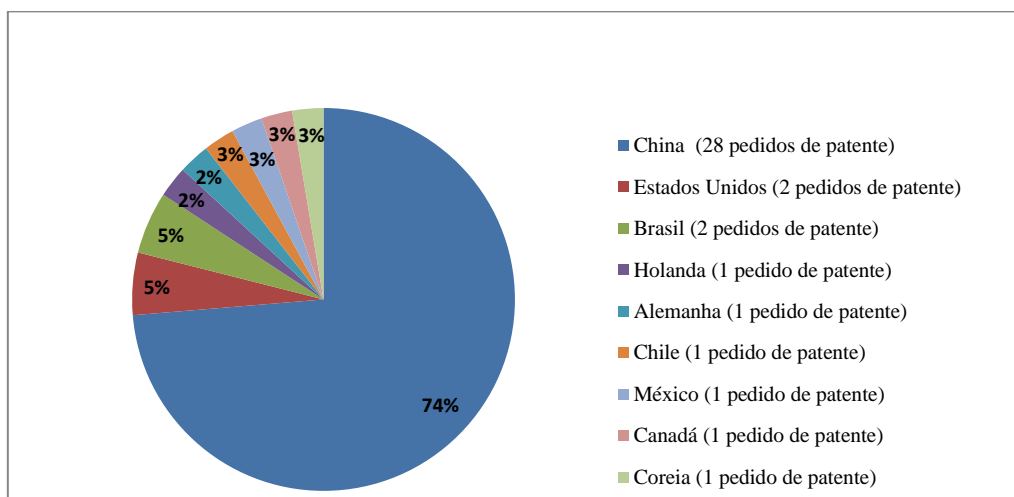
Fonte: Elaboração própria.

O resultado encontrado no banco de dados europeu revelou uma hegemonia asiática com relação aos pedidos de patente depositados para o produto pesquisado desta dissertação. Diferente do banco de dados americano relacionados aos pedidos de patente que mostrava uma liderança do continente norte-americano, seguido pelo europeu. Nenhum documento de pedido de patente foi observado para África e Oceania com as condições de contorno utilizadas na base europeia (ESPACENET). O termo “Américas”, tal como citado na Figura 109, engloba América do Norte e América do Sul.

Na Figura 110 está representada a quantidade em percentual de pedidos de patente encontrada no período selecionado (2008-2018) por países de origem dos depositantes dos pedidos de patente.



Figura 110 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Países (ESPACENET)



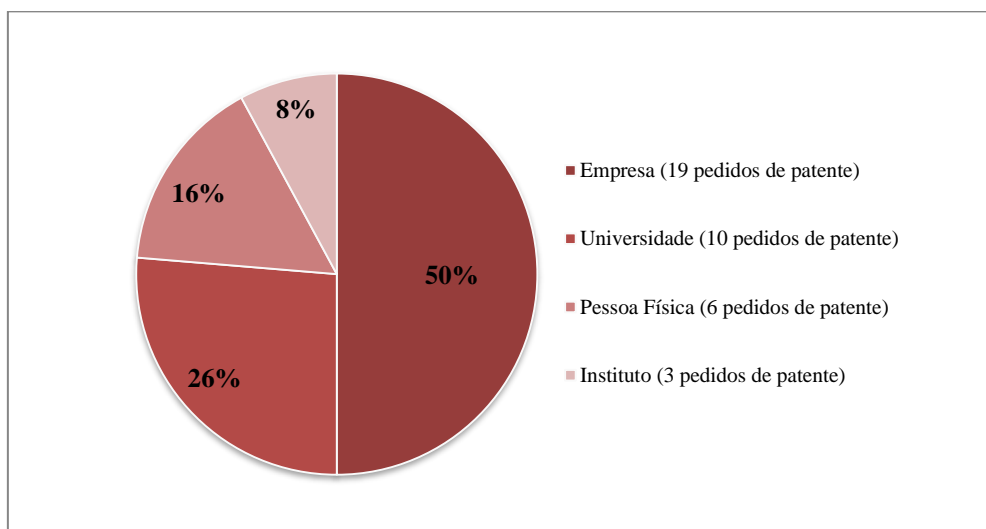
Fonte: Elaboração própria.

É possível observar a partir das Figuras 109 e 110 que há países que são líderes continentais e mundiais que possuem pedidos de patente depositados com o produto em análise, sendo a China predominante na Ásia. Na Europa não houve hegemonia de um país. Na América do Norte e do Sul, foram observados pedidos de patente para os depositantes americanos, canadenses, mexicanos, brasileiros e chilenos. Esse resultado confirmou as informações disponibilizadas no *ranking* de 2009 da IFA<sup>53</sup> que aponta a China como um dos maiores produtores e consumidores mundiais de fertilizantes. Holanda, China e EUA possuem um pedido de patente em parceria relacionado ao assunto de interesse, como será comentado mais abaixo na análise do tipo de instituição.

Na Figura 111 está representada a quantidade em percentual de documentos dos pedidos de patente encontrados no período selecionado (2008-2018) por tipo de instituição dos Depositantes no banco de dados europeu - ESPACENET.

<sup>53</sup> De acordo com o ranking de 2009 da Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), mencionado por Da Costa e Silva (2012).

Figura 111 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por Tipo de Instituição (ESPACENET)


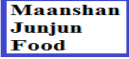









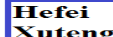


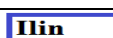
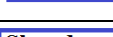



Fonte: Elaboração própria.

Similar ao resultado encontrado para patentes no banco de dados do ESPACENET, a maior concentração (cerca de 50% do total) de depositantes dos pedidos de patente são provenientes de empresas. No entanto, ao comparar com o resultado encontrado para patentes na mesma base, também é possível observar um aumento do interesse de universidades no produto ora estudado.

Com relação às empresas, segue Tabela 13 demonstrando as quantidades de pedidos de patente por empresas encontradas:

Tabela 13 - Quantidade de Pedidos de Patente por Empresas (ESPAENET)

<b>Empresas</b>	<b>Quantidade de Pedidos de Patente</b>	<b>Logo</b>
BMA AGRO Comércio de Fertilizantes Eireli ME (BR)	2	
Maanshan Junjun Food Technology Co LTD (CN)	2	
Anhui Xintiandi Bio Fertilizer Co LTD (CN)	2	
SABIC Global Technologies BV (NL)	1	
Sulvaris Inc. (CA)	1	
Guiyang Kailin Fertilizer Co LTD	1	
Suzhou Fengyuan Biotechnology Co LTD (CN)	1	
Linyi Yirui Agricultural Dev CO LTD (CN)	1	
Anuvia Plant Nutrients Holdings LLC (US)	1	
Jiangyin Lianye Biotechnology Co LTD (CN)	1	
Dae Duck Frd Co., LTD (KR)	1	
Hefei Xuteng Enviromental Protection Technology Co., LTD (CN)	1	
Qingdao Fengtai Marine Organism Technology Co. LTD (CN)	1	
Shandong Ushu Biotechnology Development Co., LTD (CN)	1	
Ilin Iapeng Usen Fertilizer Industry Co., LTD (CN)	1	
Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., LTD (CN)	1	
Kingenta Ecological Engineering Group Co LTD (CN)	1	

Fonte: Elaboração própria.

Nos resultados encontrados no banco europeu para patentes, a hegemonia das empresas Shandong Kingenta Ecological Engineering Co., LTD e Shandong Zhengda Biological Engineering Co., LTD era evidente. Na busca do mesmo banco para pedidos de patente, não foi possível observar uma concentração predominante de pedidos de patente para uma ou mais empresas encontradas na busca.

As universidades encontradas no banco de dados europeu foram Hefei University of Technology; Universidad De La Frontera; Universidad De Sonora; University Qilu Technology; University Huazhong Agricultural; University South China Tech; Ilin University; Ocean University China; Southwest University of Science and Technology; e Northeast Normal University.

A América do Sul sendo representada pela universidade chilena, Universidad De La Frontera, cujo objeto do pedido de patente refere-se a um ecofertilizante compreendendo um fertilizante nitrogenado de liberação controlada granular a base de ureia usando biocarvão como uma matriz de suporte renovável. A ureia impregnada no biocarvão é, ainda, encapsulada em um polímero biodegradável. Esse pedido (BR BR112015013462) da universidade chilena mescla dois tipos de suporte (barreira física e matriz) ecologicamente corretos ao utilizar biomassa vegetal e um polímero biodegradável (selecionado dentre alginato de sódio, acetato de celulose e acetato de etila).

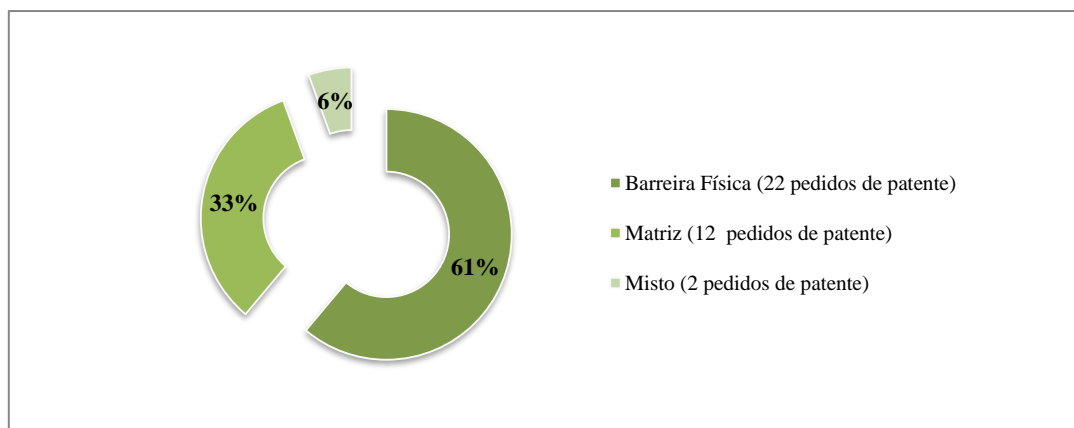
Ao pesquisar no banco de dados europeu a universidade chilena como titular de patentes ou pedidos, é possível encontrar 23 documentos com assuntos variados desta, alguns destes em parceria com inventores (pessoas físicas), universidades, laboratório e empresas. Inclusive, os pedidos PI0821425-5, BR112012024138 e CL2012003142 em parceria com a Universidade Federal de São Paulo – USP.

As instituições encontradas na pesquisa da base europeia para pedidos de patente foram: China National Rice Res Institute; Inst Coal Chemistry CAS - Institute of Coal Chemistry, Chinese Academy of Sciences; e Biotechnology Research Center Shandong Academy of Agricultural Sciences.

#### 4.2.2.2 Análise Meso

As taxonomias apresentadas no capítulo de metodologia serão representadas através das Figuras 112 a 114.

Figura 112 - Quantidade em Percentual de Pedidos de Patente por tipo de Suporte de Fertilizante (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

O meio de liberação do fertilizante com maior representatividade no período pesquisado (2008-2018) ainda é por meio de barreira física (Figura 112), onde os nutrientes são protegidos através de camada(s). Esse resultado confirma as informações encontradas na literatura (Shaviv, 2000; Trenkel, 2010) que descreveu o capítulo de fertilizante dessa dissertação. Como nos pedidos de patente da base americana, foi observado dentre esses documentos selecionados que o fertilizante mais utilizado como nutriente nitrogenado continua sendo a ureia.

No entanto, cabe ressaltar que a quantidade de pedidos de patente visando à proteção para suporte do tipo matriz de biomassa vegetal também alcançou um valor expressivo, confirmando o relatado na base americana para pedidos de patente, ou seja, um crescimento do interesse de depositantes com relação a esse tipo de suporte.

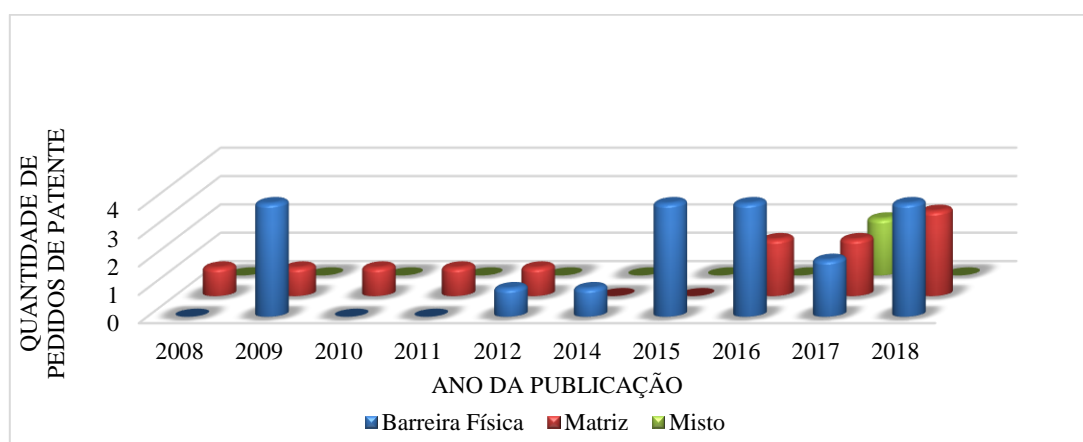
Dois pedidos revelaram suportes mistos (combinação entre matriz e barreira física), um deles sendo o do pedido da universidade chilena comentado acima na seção de análise macro.

Abaixo, seguem as Figuras 113 e 114 relacionadas com o tipo de suporte (barreira física, matriz ou misto) por ano de publicação dos pedidos de patente revelados na pesquisa realizada na base de dados europeia - ESPACENET.

O gráfico representado na Figura 113 relacionado aos referidos anos ilustram a distribuição dos pedidos de patente por tipo de suporte, onde também é possível observar uma predominância do suporte do tipo barreira física. Novamente, vale ressaltar a quantidade de pedidos de patente relacionados com biomassa, em especial,

biomassa vegetal. O gráfico permite notar certa uniformidade nos anos de 2015-2018 para suporte do tipo barreira física, e, no ano de 2017, uma uniformidade entre os tipos de suporte. Vale notar que o ano de 2018 pode registrar posteriormente depósitos de pedidos de patente relacionados aos tipos de suporte, tendo em vista que existe a possibilidade de alguns pedidos de patente não terem sido publicados até o presente momento da pesquisa.

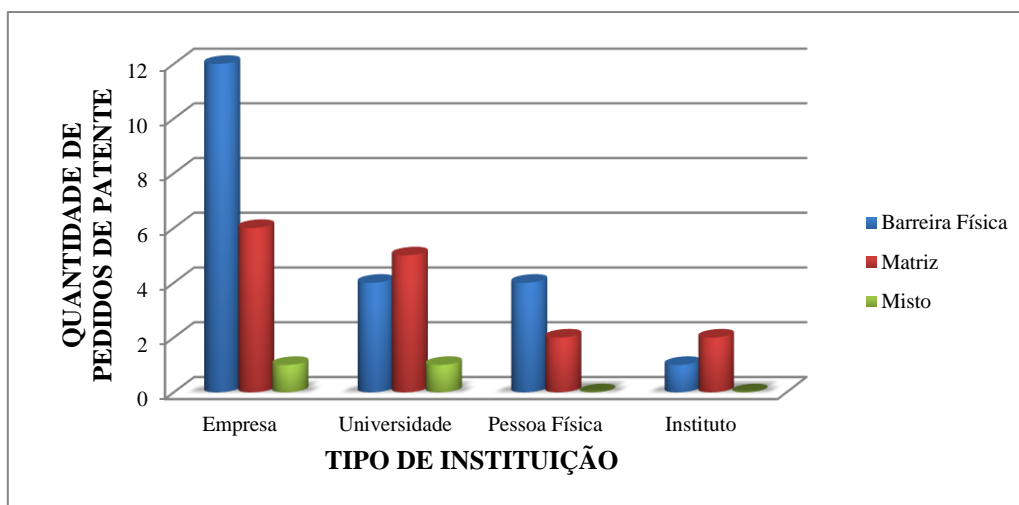
Figura 113 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz, Barreira Física e Misto por Ano de Publicação (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Os documentos de pedidos de patente encontrados na busca do banco de dados europeu (ESPACENET) revelaram as empresas, como o tipo de instituição depositante, interessadas, principalmente, no suporte do tipo barreira física (vide Figura 114). No entanto, buscando alternativas como suporte do tipo matriz e suporte do tipo misto (empresa Suzhou Fengyuan Biotechnology Co. LTD, por exemplo).

Figura 114 - Quantidade de Pedidos de Patente com Matriz, Barreira Física e Misto por Tipo de Instituição (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

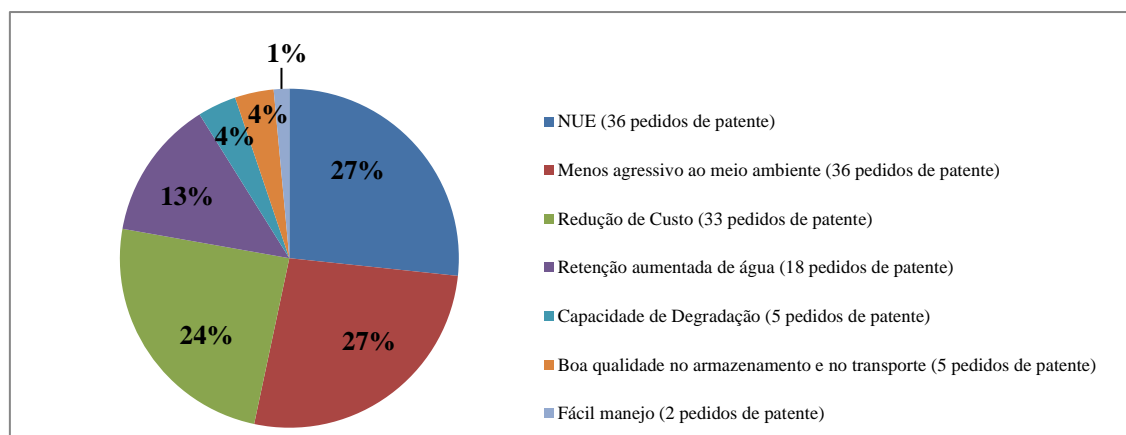
#### 4.2.2.3 Análise Micro

##### 4.2.2.3.1 Análise de Mercado

A análise de mercado foi realizada tal como relatada na seção 4.1.2.3.1 do banco de dados europeu para patentes.

Na taxonomia referente ao mercado, observou-se que todos os pedidos de patente apresentaram produtos (fertilizante) com eficiência de uso de nutriente (NUE) aperfeiçoada. A partir da leitura dos documentos de pedidos de patente também é possível observar que os objetivos e estratégias mais almejadas, além do aumento da NUE, foram (i) preocupação com meio ambiente e (ii) redução dos custos. Em outras palavras, os depositantes desenvolveram produtos com NUE melhorado e menos agressivo ao meio ambiente, como pode ser observado na Figura 115. Ainda foi possível observar documentos de pedido de patentes descrevendo que seu produto mantinha boa qualidade no armazenamento e transporte, fácil manejo, boa capacidade de degradação e retenção aumentada de água.

Figura 115 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à preocupação com meio ambiente identificada nos pedidos de patente selecionados na busca realizada no ESPACENET, no geral, estava ligada à redução da lixiviação, eutrofização e volatilização de gases nocivos em consequência da diminuição do parcelamento de aplicação de fertilizantes, que limita a perda do fertilizante para o meio ambiente.

Além do mais, o aumento de aplicação de biomassa e/ou de materiais alternativos (cera, glúten, sílica, etc.) como suporte renovável (suporte de matriz ou misto), e de polímeros biodegradáveis (suporte de barreira física ou misto), encontrados na pesquisa da base europeia para pedidos de patente, aponta exatamente para essa direção (preocupação em reduzir a quantidade de poluentes no solo, águas e ar). Os pedidos de patente indicam uma preocupação com o emprego de polímeros não biodegradáveis nos fertilizantes, por este constituir um risco a natureza, portanto, sua substituição por biopolímeros, por exemplo, poderia ser uma solução para alcançar produtos menos agressivos ao meio ambiente.

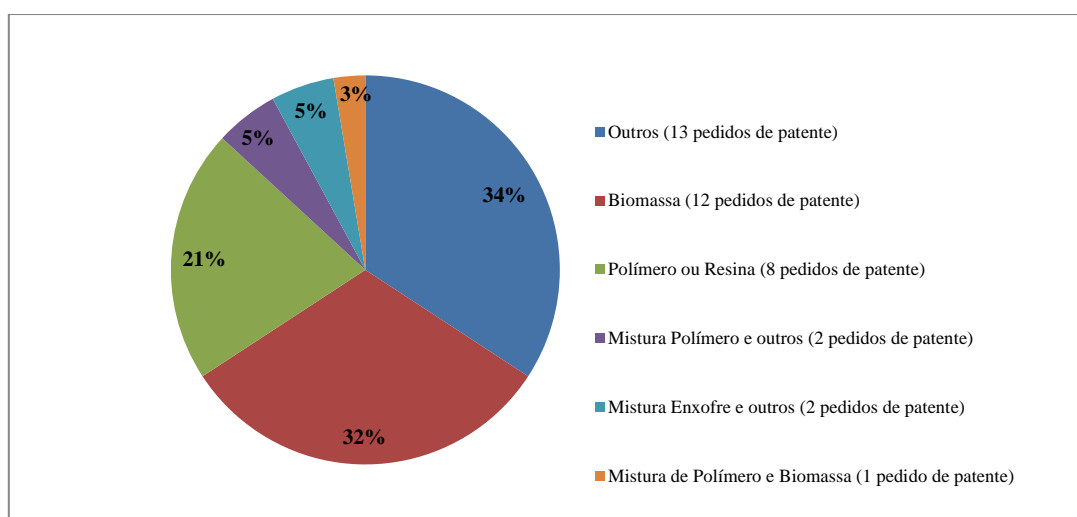
A análise dos documentos de pedidos de patente também revelou que a redução do custo está, no geral, ligada à redução do parcelamento do uso de fertilizantes, uma vez que a aplicação única de fertilizantes com eficiência aprimorada reduz custos com compra de fertilizantes e mão de obra. Além disso, alguns pedidos relatavam redução de custo na produção por simplificação das etapas do processo ou por utilização de matéria-prima mais em conta (no geral, esses pedidos tratavam de fertilizantes do tipo barreira física).



#### 4.2.2.3.2 Análise de Produto

A leitura cuidadosa dos documentos de pedidos de patente, encontrados na base europeia, revelou, assim como no banco de dados americano relacionado aos pedidos de patente, um aumento (quando comparado com os documentos de patentes encontrados nas bases patentárias) no interesse pela utilização de biomassa (vide Figura 116), principalmente, vegetal.

Figura 116 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Matéria-prima (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Houve também um aumento da quantidade de pedidos relacionados com materiais alternativos, como sílica, zeólitas, hidroxiapatita, glúten, cera, entre outros (na Figura 116, esses compostos estão denominados como “outros”). O pedido BR1020130012890 é um exemplo da divulgação do uso de referidos compostos, cujo objeto é a aplicação de sílica reativa como uma matriz.

Esses compostos nomeados de outros, no geral, ponderam a possibilidade de redução de custos através de matérias-primas mais baratas ou através do reaproveitamento de determinados resíduos, como o pedido BR1020130012890, por exemplo, que usa escórias de alto forno como fonte de sílica reativa.

Ainda com relação a esses compostos, percebe-se a preocupação em utilizar matéria-prima ecologicamente amigável. Por exemplo, nos fertilizantes suportados de barreira física são mencionados a aplicação de óleos, argila, parafinas, glúten, entre outros compostos<sup>54</sup>, como matérias-primas da(s) camada(s) protetora(s) do fertilizante.

Os comentários relacionados à mudança de rumo no cenário de fertilizantes dominados por suportes de barreira física constituídos com polímeros e/ou resinas, emitidos na seção 4.2.1.3.2, intitulada Análise de Produto, para os pedidos de patente da base americana, devem ser aqui considerados uma vez que a matéria divulgada nos pedidos de patente, encontrados na base europeia, também priorizam outros materiais diferentes de polímero e resina, tal como evidenciado na Figura 116.

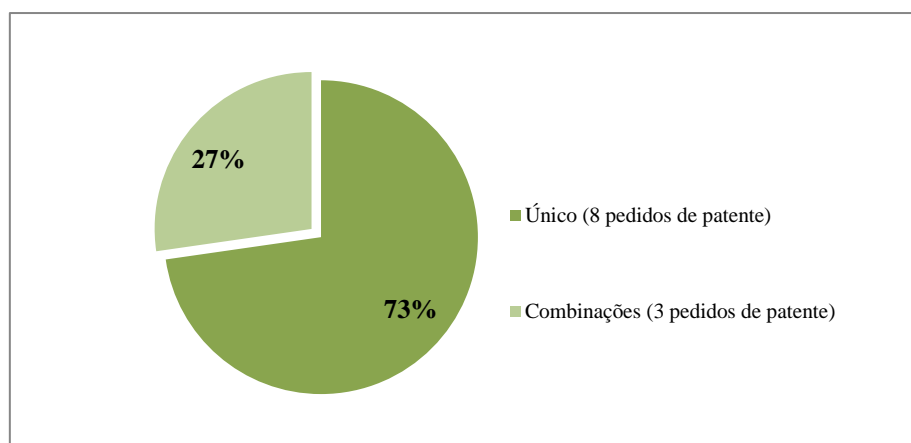
Ainda com relação à análise de produto, as Figuras 117 e 118 ilustram como a matéria-prima (polímero/resina e/ou biomassa) encontrada nos pedidos de patente depositados no ESPACENET está arranjada. No caso dos polímeros e resinas, a preferência de arranjo foi pela utilização de polímero único ao invés de combinação de polímeros na formação da camada. Foi relatado nos relatórios de alguns pedidos de patente que a utilização de um único polímero ou resina, como matéria-prima de encapsulamento, reduz o custo de produção pela simplificação das etapas de processo e/ou matérias-primas.

Para biomassa, no geral, foram identificadas, nos documentos de pedidos de patente, combinações de biomassas vegetais. Esse predomínio pela combinação pode estar relacionado com as diferentes propriedades que podem ser obtidas com a variação de biomassa (como relatado nos pedidos de patente da empresa Cool Planet Energy Systems revelada na pesquisa da base americana).

---

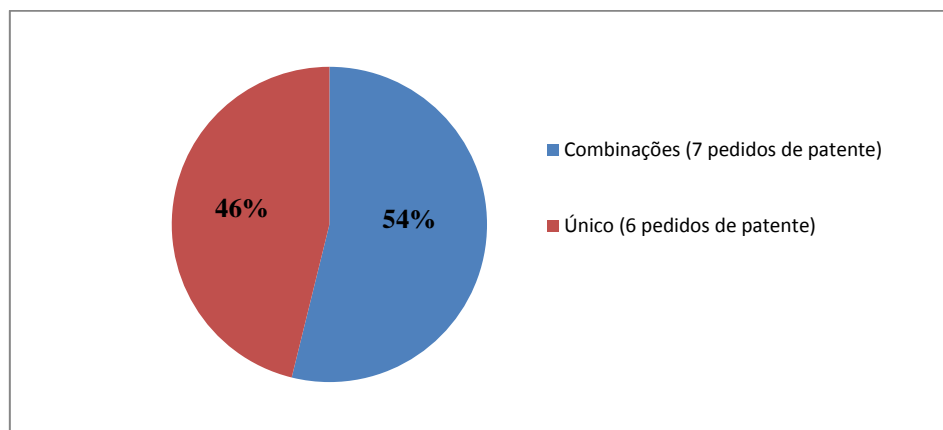
<sup>54</sup> Além desses compostos nos revestimentos, foram descritos, nos pedidos de patente, a utilização de agentes de cura, reticulação entre outros juntamente com estes.

Figura 117 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 118 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Arranjo da Biomassa (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.2.3.3 Análise de Tecnologia

Para análise de tecnologia, buscou-se observar nos documentos dos pedidos de patente, encontrados na base europeia, se o fertilizante de suporte do tipo barreira física continha uma ou mais camadas da matéria-prima (resina e/ou polímero) empregada (vide Figura 119).

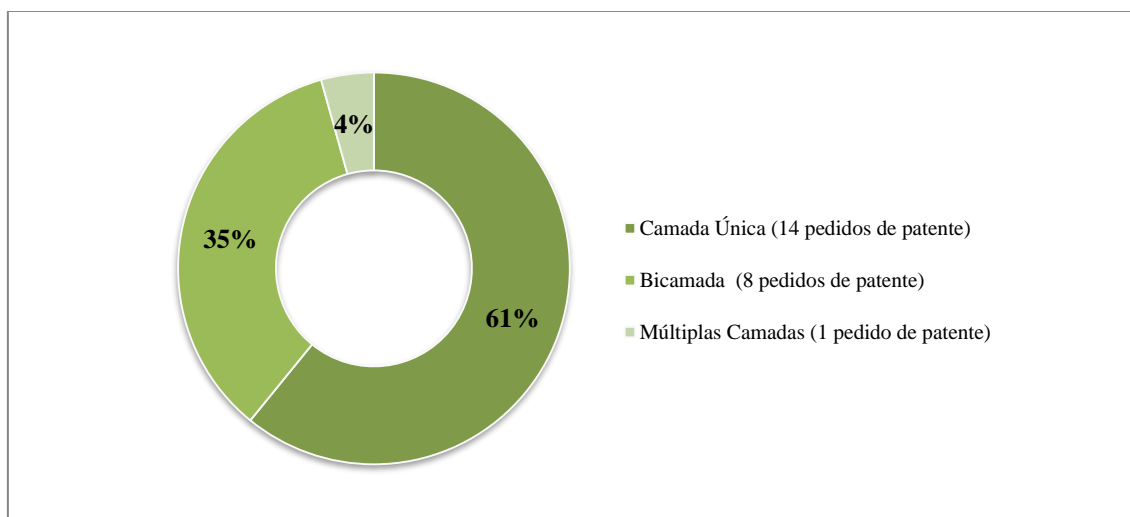
Os pedidos de patente selecionados na pesquisa com suporte do tipo barreira física referem-se à formação de uma ou mais camadas de proteção/barreira através de

encapsulamento ou recobrimento do fertilizante, tornando-se, assim, um suporte físico para o fertilizante.

A leitura dos documentos dos pedidos de patente selecionados revelou uma quantidade de pedidos de patente de fertilizantes encapsulados com camada única, no entanto, com uma quantidade relevante de bicamada (vide Figura 119). De acordo com o relatado em alguns pedidos de patente, quanto mais camadas o fertilizante possuir, melhor será o resultado revelado em relação à eficiência de utilização de nutriente - NUE. Como desvantagem do aumento do número de camadas, foi apontado aumento do custo da produção.

Com relação aos métodos mencionados para a formação de camadas (barreira física), os pedidos de patente, encontrados na base europeia, adotaram diferentes estratégias, tais como, métodos de precipitação, emulsão, pulverização, imersão, entre outros.

Figura 119 - Análise de Tecnologia (Barreira Física e Misto) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com Relação ao Encapsulamento por Camadas (ESPACENET)



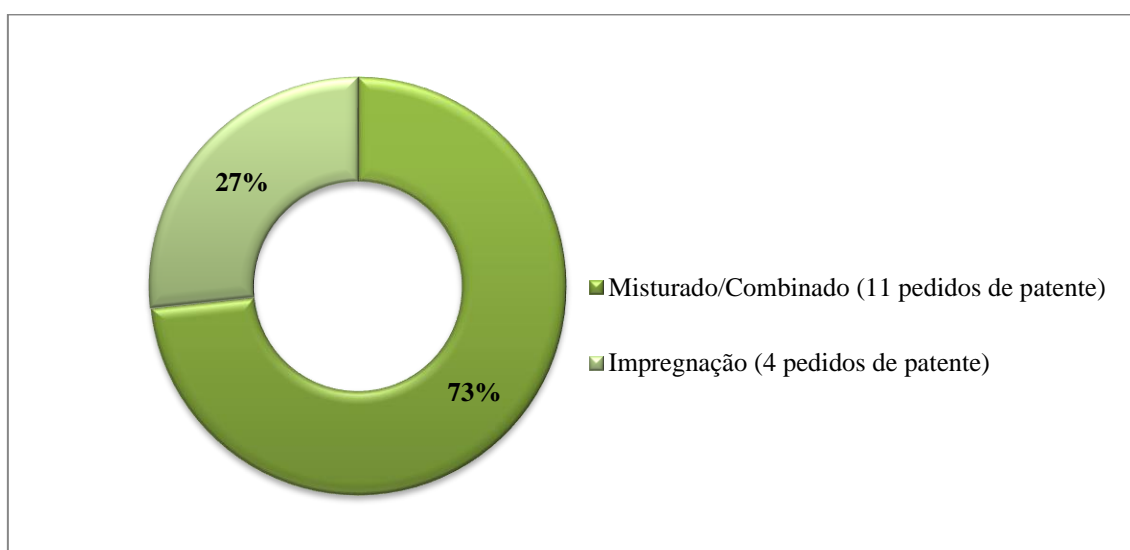
Fonte: Elaboração própria.

Com relação à maneira que a matéria-prima é incluída no fertilizante, os documentos de pedidos de patente revelaram a preferência dos Depositantes por mistura/combinação da matéria-prima no fertilizante (vide Figura 120). Os pedidos, no geral, relataram a mistura/combinação através da granulação, fusão, extrusão, entre

outros. Alguns pedidos de patente referiam-se a utilização de aglutinantes ou aditivos nessa etapa de mistura.

Assim como na base americana, os pedidos de patente da base europeia também revelaram que impregnação do fertilizante no suporte do tipo matriz, no geral, era realizada através da adsorção ou pulverização do fertilizante líquido na matéria-prima sólida (biomassa).

Figura 120 - Análise de Tecnologia (Matriz e Misto) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Forma de inclusão da Matéria-prima (ESPACENET)



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.3 Considerações relacionadas ao perfil encontrado nos pedidos de patente de ambas as bases de dados (USPTO e ESPACENET)

O banco de dados americano (USPTO) revelou um perfil de depositante(s) basicamente de empresas, sendo estas localizadas, substancialmente, no continente norte americano. Dentre as empresas encontradas como depositantes na pesquisa da base americana, ênfase deve ser dada a Cool Planet Energy Systems, Inc., cujos pedidos de patente estão relacionados às matrizes utilizando biocarvões modificados juntamente com fertilizantes. O resultado encontrado na busca (USPTO) revelou 11 pedidos de patente da referida empresa considerando as condições de contorno aqui adotadas.

O banco de dados europeu (ESPACENET) revelou um perfil de depositantes(s), no geral, de empresas, sendo estas localizadas, principalmente, no continente asiático. No entanto, o banco de dados europeu também revelou um aumento do interesse de universidades no produto ora estudado. Outro dado interessante da pesquisa, na base europeia, é o crescente interesse, no produto do presente estudo, dos depositantes da América do Norte e do Sul, representados pelos EUA, Canadá, México, Brasil e Chile.

Com relação aos tipos de suportes, a surpresa foi o aumento do interesse dos depositantes no suporte do tipo matriz na pesquisa da base americana para os pedidos de patente, pois na mesma base para patentes, o interesse era predominantemente de suporte do tipo barreira física. Esse novo rumo de direção também é possível notar na pesquisa da base europeia para pedidos. Embora a maior concentração de pedidos de patente (22 pedidos) ainda possa ser observada para suporte de barreira, a quantidade de suportes do tipo matriz e misto (14 pedidos) não deixa de ser um número crescente expressivo considerando o resultado final da pesquisa (36 pedidos considerando as condições de contorno anteriormente determinadas).

Com relação ao perfil de fertilizantes verificado na análise de mercado, ambas as bases indicaram estratégias similares, sendo elas produtos com eficiência aumentada de uso de nutriente (NUE), custos reduzidos e menos agressivo ao meio ambiente. Também foi possível observar na pesquisa da base americana uma quantidade expressiva de pedidos de patente encontrada com produtos possuindo retenção aumentada de água.

O perfil de produto da base americana indicou crescente interesse dos depositantes em fertilizantes de liberação lenta ou controlada utilizando biomassa, substancialmente, vegetal. A pesquisa também apontou a busca pela combinação das biomassas como alternativa de obtenção de propriedades diferentes, e com sorte, melhoradas agregando valor ao produto final.

A base europeia sinalizou a busca por novos materiais (denominados pelo termo outros na análise de tecnologia do ESPACENET) e confirmou um aumento do interesse por suportes de biomassa, embora a concentração de pedidos de patente ainda seja predominante para suporte de barreira física. De acordo com as informações extraídas dos relatórios dos documentos de pedidos de patente, esse aumento crescente de materiais alternativos e biomassa vegetal está ligado à busca de matérias-primas ecologicamente amigável. Também foi possível observar um aumento do interesse em biopolímeros ou polímeros biodegradáveis como uma alternativa de suporte para

ecofertilizantes. Nos suportes de barreiras físicas, ainda, há o predomínio por polímeros ou resinas únicos na(s) camada(s) e nas matrizes (tanto utilizando materiais alternativos como biomassa), os depositantes priorizaram combinação desses materiais.

A partir da análise de tecnologia é possível delinear o interesse dos depositantes de ambas as bases (USPTO e ESPACENET) por fertilizantes possuindo uma única camada de polímero e/ou resina. No entanto, ambas as bases também revelaram crescente interesse por camadas duplas de proteção. De acordo com o resultado encontrado na base americana, a impregnação de fertilizantes no suporte do tipo matriz foi o método mais empregado. Já na base europeia, os depositantes priorizaram a mistura/combinação.

Embora não tenha sido o foco dessa pesquisa, vale ressaltar que o número encontrado de depósito de pedidos de patente relacionados à utilização da ureia formaldeído e dos inibidores de urease e nitrificação como meio responsável pela liberação lenta ou controlada dos nutrientes foi bem expressivo, principalmente, na base europeia, sendo esses pedidos descartados por não se englobarem nas condições de contorno aqui adotadas.

O resultado das pesquisas de ambas as bases (USPTO e ESPACENET) revelou uma tendência para a produção de fertilizantes à base de biomassa vegetal seca, como uma fonte renovável, acrescentado nitrogênio em um processo de mistura direta ou impregnação. O encapsulamento ou revestimento dessas matrizes também sendo uma alternativa para uma proteção mais efetiva.

Verificou-se um aumento na busca por materiais ecológicos para fins de encapsulamento ou revestimento como, por exemplo, ceras, óleos, glúten, enxofre e polímeros orgânicos, tais como poliolefinas, polietileno, lignina, acetato de celulose, alginato de sódio, entre outros.

#### 4.3 Longo Prazo – Artigos Científicos

Os artigos científicos, produto da atividade intelectual do(s) pesquisador(es), são um dos principais meios usados pela comunidade científica para divulgar o conhecimento através de periódicos (Pizzani *et al.*, 2008). A utilização desse meio como fonte de informação não só contribui para disseminação do conhecimento científico

como serve de parâmetro para validar estudos pré-existentes e influenciar novas pesquisas. Isto se deve pela qualidade encontrada nos artigos, os quais, no geral, abordam a pertinência do assunto tratado, as teorias e os conceitos utilizados na fundamentação teórica, o rigor metodológico adotado, a coleta e análise dos dados, assim como detalhamento dos resultados obtidos (Dubé e Paré, 2003).

De acordo com Pizzani *et al.* (2008), como regra geral, os periódicos científicos devem publicar predominantemente artigos originais resultantes de pesquisa científica e/ou significativas para a área específica do periódico. No entanto, outros tipos de contribuições podem ser encontrados nos periódicos, tais como, artigos de revisão, comunicações, resenhas, relatos de casos e estudos comparativos. Portanto, os artigos científicos, assim como os documentos de patentes e pedidos de patente, podem ser considerados fontes de informações originais com qualidade.

Portanto, assim como os documentos de patentes e pedidos de patente, a avaliação dos artigos científicos permite esboçar um panorama dos temas que estão sendo abordados no Brasil e no mundo, contribuindo efetivamente para o direcionamento de estratégias a serem adotadas na linha de pesquisa predeterminada ou nova.

#### 4.3.1 Análise Bibliométrica dos Artigos Científicos no Banco de dados SCOPUS

O banco de dados utilizado para o levantamento de artigos científico foi a base de dados SCOPUS ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), sendo esta uma base notoriamente consolidada e de fácil acesso. Além do fato de que essa base possui uma ferramenta de agrupamento de informações que facilita a execução das análises quantitativas por autor, por ano da publicação, entre outros.

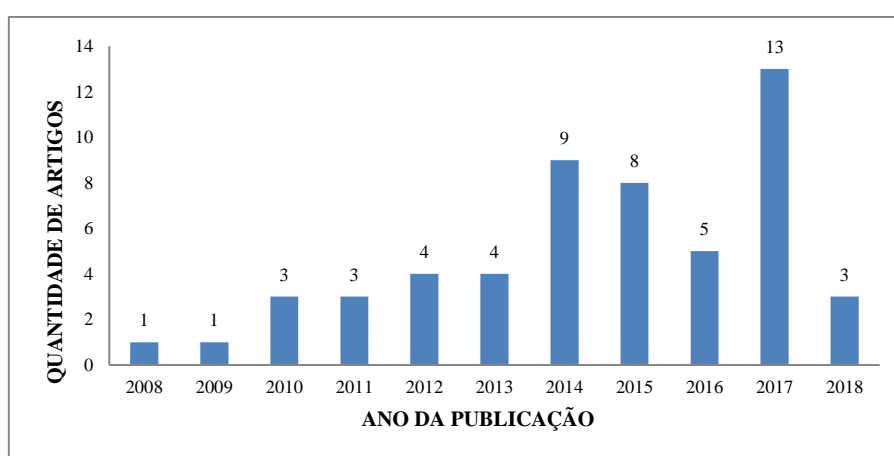
Na sequência, serão apresentadas as informações obtidas nas análises macro, meso e micro provenientes da referida base de dados de artigos científicos, as quais fornecem um panorama mundial do tema. Assim como as informações técnicas provenientes dos documentos de patentes e pedidos de patente, as informações científicas dos artigos subsidiaram a construção do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada a ser apresentado no Capítulo 5 dessa dissertação.



#### 4.3.1.1 Análise Macro

A Figura 121 resume a evolução, no período selecionado (2008-2018), dos artigos publicados relacionados ao assunto de interesse, totalizando cinquenta e quatro documentos relevantes (considerando as condições de contorno acima mencionadas) dos cento e setenta e dois documentos recuperados na busca de artigos realizada no website SCOPUS.

Figura 121 - Quantidade de Artigos por Ano de Publicação (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

Cabe ressaltar que alguns documentos encontrados nessa busca estavam fora do período determinado (2008-2018), portanto, foram totalmente descartados sem nenhuma análise. Assim como nas patentes e pedidos de patente, foram descartados artigos relacionados aos fertilizantes de liberação lenta ou controlada (i) proveniente de biomassa exclusivamente animal; (ii) com mecanismo de liberação controlado exclusivamente por meio de inibidores de urease e nitrificação; e (ii) composto de baixa solubilidade com uma estrutura química complexa, dependente da ação microbiana, tal como ureia-formaldeído.

É possível notar uma concentração maior de artigos na área de interesse de 2014 a 2017. Com relação ao ano de 2018, cabe ressaltar que essa busca foi realizada em julho de 2018, portanto, até o meado do ano de 2018, três artigos relacionados ao tema estudado foram recuperados na presente busca.

Com relação aos continentes e países das instituições revelados nessa pesquisa, assim como nas seções anteriores referentes aos pedidos depositados e patentes concedidas, a Ásia destaca-se com trinta e sete artigos publicados, seguido pelo continente americano (América do Sul e do Norte) com vinte documentos, Europa com seis documentos, Oceania com cinco documentos e África com um documento (Vide Figura 122).

A diferença encontrada na quantidade total dos artigos selecionados (54 artigos) na base SCOPUS da soma encontrada na legenda da Figura 122 referente à quantidade em percentual de artigos representada (69 artigos) por continente vinculado à instituição do(s) pesquisador(es) é devido à quantidade de parcerias internacionais (por exemplo, América do Norte e Ásia) entre as instituições e aos países transcontinentais, Rússia (Europa e Ásia) e Indonésia (Oceania e Ásia)<sup>55</sup>. O perfil de parceria encontrado no levantamento de artigos foi completamente diferente do perfil encontrado no levantamento de pedido depositado e patente concedida. No geral, poucos artigos não possuíam parcerias com outras instituições.

O destaque do continente asiático continua sendo a China, seguida de Índia e Indonésia. Com relação ao continente americano, destacam-se os brasileiros com 11 artigos publicados, seguidos de Estados Unidos (5 artigos publicados) e Argentina (3 artigos publicados), como esboçado na Figura 123.

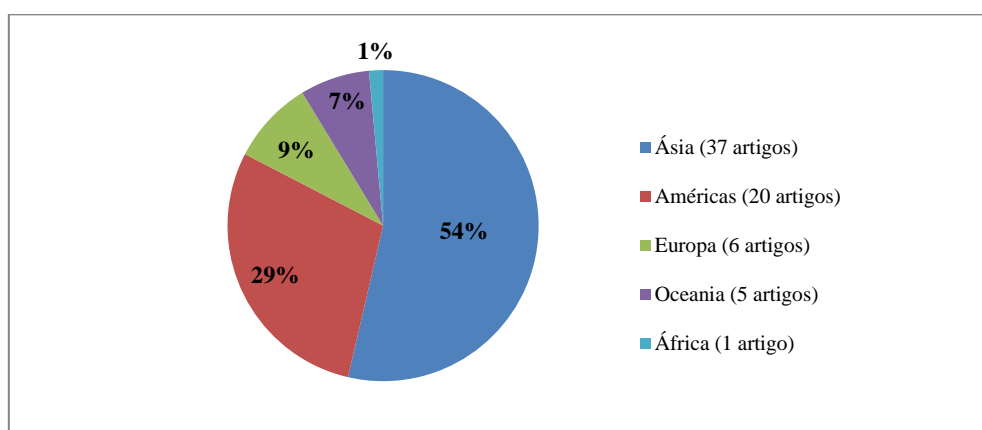
Embora o *ranking* de 2009 da IFA<sup>56</sup>, relacionado aos maiores produtores e consumidores mundiais de fertilizantes, aponta-se a Índia como um *player* importante na área de fertilizantes, tanto na busca de patentes quanto de pedidos de patente não foram encontrados documentos para titulares indianos. Na pesquisa da base SCOPUS apenas cinco artigos foram encontrados. A fim de compreender a divergência existente entre os bancos de dados aqui utilizados (USPTO, ESPACENET e SCOPUS) e os dados levantados pela IFA (2013, 2014, 2015 A, B, 2017 A, B, C e 2018), uma breve busca foi realizada adotando os seguintes critérios (i) palavra-chave “*fertilizer*” e (ii) a sigla da Índia (IN) no banco de dados do ESPACENET, através do qual 107 documentos indianos foram encontrados. Talvez, a Índia desempenhe um papel mais relevante em fertilizantes não nitrogenados ou, ainda, em fertilizantes convencionais, os quais não possuem liberação lenta ou controlada.

---

<sup>55</sup> Mesmo raciocínio aplica-se às diferenças de quantidades encontradas nos países.

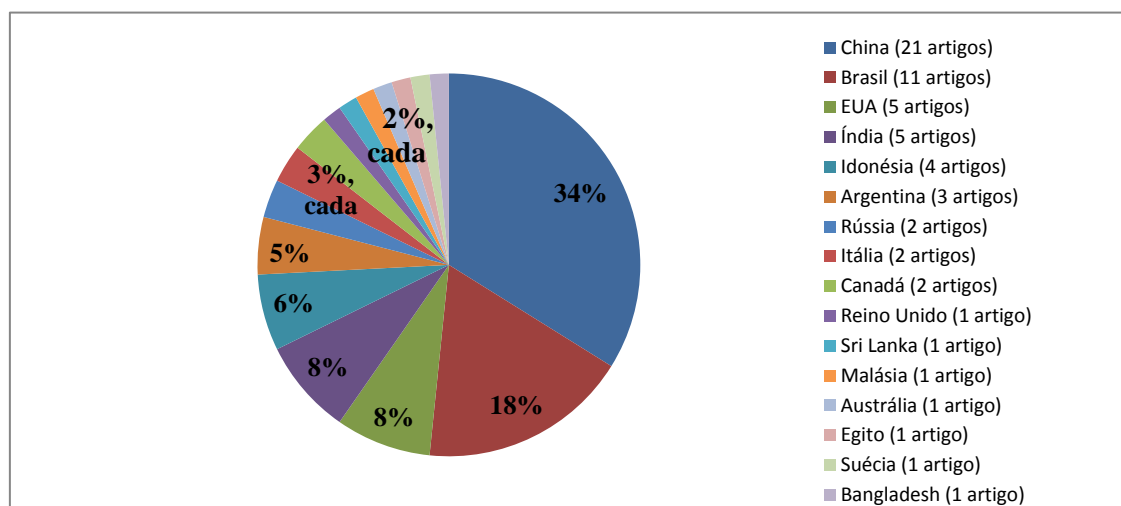
<sup>56</sup> De acordo com o ranking de 2009 da Associação Internacional de Fertilizantes (IFA), mencionado por Da Costa e Silva (2012).

Figura 122 - Quantidade Percentual de Artigos por Continente (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

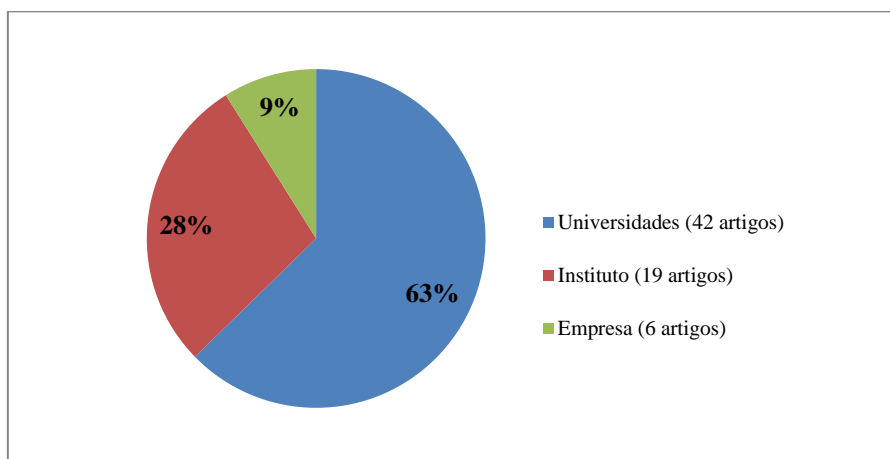
Figura 123 - Quantidade em Percentual de Artigos por Países (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 124 está representada a quantidade em percentual de artigos encontrados no período selecionado (2008-2018) por tipo de instituição dos Pesquisadores na base SCOPUS.

Figura 124 – Quantidade em Percentual de Artigos por Tipo de Instituição (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

O perfil do tipo de instituição revelado na base SCOPUS é completamente diferente dos perfis encontrados para pedidos de patente e patentes (tanto na base de dados do USPTO quanto na base do ESPACENET). A maior concentração de artigos científicos publicados encontra-se nas Universidades, seguidos de institutos e empresas.

Com relação às universidades, predominantes nessa pesquisa, segue Tabela 14 demonstrando as quantidades de artigos por universidades encontradas juntamente com os logos de cada uma delas.

Tabela 14 - Quantidade de Artigos por Universidades (SCOPUS) (continua)






































Universidades	Quantidade de Artigos	Logo
Universidade de São Carlos (BR)	7	
Lanzhou University (CN)	5	
Universidade de Buenos Aires (AR)	3	
University of Florida (USA)	3	
Shandong Agricultural University (CN)	3	
Shihezi University (CN)	3	
Universitas Gadjah Mada (ID)	2	
Universidade Federal do Paraná (BR)	2	
Michigan Technological University (USA)	1	
University of Maryland (USA)	1	
University of Sri Jayewardenepura (LK)	1	
University of Peradeniya (LK)	1	
University of Uva Wellassa (LK)	1	
Universidade de São Paulo (BR)	1	
Universidade Estadual do centro Oeste (BR)	1	
Universidade da Bahia (BR)	1	
Universidade Federal do Rio de Janeiro (BR)	1	
Universidade Estadual Paulista-UNESP (BR)	1	
Universidade de Caxias do Sul (BR)	1	
Universidade do Rio Grande do Sul (BR)	1	
Universidade de Santa Maria (BR)	1	
The University of Tokushima (JP)	1	
Kyushu University (JP)	1	
University of Alberta (CA)	1	
Trent University (CA)	1	
Universidade de Waterloo (CA)	1	
Qingdao Agricultural University (CN)	1	

Tabela 14 - Quantidade de Artigos por Universidades (SCOPUS) (conclusão)

Hexi University (CN)	1	
Northwest Normal University (CN)	1	
Northwest University for Nationalities (CN)	1	
Central China Normal University (CN)	1	
China Three Gorges University (CN)	1	
Northwest A&F University (CN)	1	
South China Agricultural University (CN)	1	
Universiti Putra Malaysia (MY)	1	
Indonesia University of Education Setiabudi (ID)	1	
University of Calcutta (IN)	1	
KTH Royal Institute of Technology (SE)	1	
Rajshahi University (BD)	1	
Tanta University (EG)	1	
Siberian Federal University (RU)	1	
Monash University (AU)	1	
University of Turin (IT)	1	
University of Cambridge (GB)	1	

Fonte: Elaboração própria.

Algumas informações interessantes podem ser extraídas da Tabela 14, por exemplo:

- As pesquisas voltadas para fertilizante nitrogenado suportado de liberação lenta ou controlada não estão concentradas apenas em uma universidade específica chinesa. Embora três dessas universidades possuam mais de um artigo publicado no assunto, a pesquisa desse assunto encontra-se distribuída em outras oito universidades chinesas.

- O Brasil também possui uma boa variedade de universidades representando a pesquisa nesse setor, tendo como destaque a Universidade de São Carlos com sete artigos publicados, dentre os quais, três artigos são em parceria apenas com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Apenas um desses sete

artigos não possui parceria, ou seja, é exclusivo apenas de pesquisadores da São Carlos<sup>57</sup>.

- Ainda, pode ser observada uma quantidade significativa de países representando o continente asiático, como Índia, Malásia, Indonésia, entre outros.

- Os americanos, os quais possuem diversas patentes e pedidos de patente publicados na área ora estudada, estão representados apenas por 3 universidades.

As empresas encontradas em parcerias com as universidades e/ou institutos de pesquisa são Kingenta Ecological Engineering Group Co., Ltd; EMBRAPA; Sustainable Agricultural Systems Laboratory; Hubei Yihua Chemical Industry Company, Ltd.; e Petrochina Lanzhou Petrochemical Company. Resultado totalmente diferente do encontrado para pesquisa de patentes e pedidos de patente, no qual as empresas eram o tipo de instituição predominante. Fato esse, facilmente explicado, tendo em vista que um dos principais objetivos empresariais é o lucro gerado por produtos vendidos, de preferência, com exclusividade no mercado, tal como fertilizantes. Considerando que a patente concede o direito do titular de excluir terceiros de comercializar seus produtos (pedido de patente é uma expectativa desse direito), nada mais natural do que as empresas foquem na proteção patentária.

Os institutos estão representados por: Hefei Institutes of Physical Science; Chinese Academy of Sciences; RISE Research Institutes of Sweden; Institute of Soil and Water Conservation; Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources; Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Xinjiang Academy of Agriculture and Reclamation Science; Dr. B. R. Ambedkar National Institute of Technology; Indonesian Institute of Science Research Center for Geotechnology; Nanotechnology and Science Park; CAR-National Bureau of Agriculturally Important Microorganisms (NBAIM); USDA-ARS (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service); CT Group of Institutions; Yantai Institute of Coastal Zone Research; Polytechnic Institute of Nuclear Technology, National Nuclear Energy Agency; Research Institute of Lanzhou Petrochemical Corporation; Centro di ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo (CRA-RPS); Centro di ricerca per l'Agricoltura e le Colture Mediterranee (CRA-ACM). Muitos destes institutos possuem parcerias com as universidades e empresas.

---

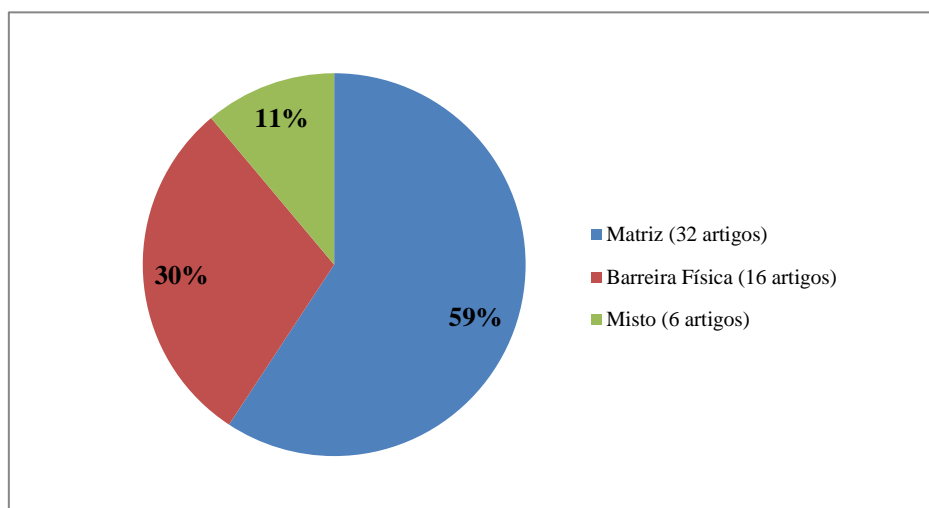
<sup>57</sup> Embora as informações sobre parceria não tenham sido extraídas da tabela, foram acrescentadas aqui por serem consideradas relevantes.

Cabe mencionar, ainda, que nenhum artigo foi encontrado para pessoa física sem vínculo com algum tipo de instituição.

#### 4.3.1.2 Análise Meso

As taxonomias apresentadas no capítulo de metodologia serão representadas através das Figuras 125 a 127.

Figura 125 - Quantidade em Percentual de Artigos por Tipo de Suporte de Fertilizante (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 125 ilustra a quantidade percentual de artigo por tipo de suporte, em que as matrizes são o suporte com maior concentração de artigos publicados. No entanto, cabe ressaltar que, diferentes das matrizes encontradas nas pesquisas de patentes e pedidos de patente (bases de dados do USPTO e ESPACENET), essas matrizes não são compostas exclusivamente por materiais como; sílica, argila, zeólitas, biomassa, etc. Na verdade, elas são em sua grande maioria compostas por matrizes poliméricas. Das trinta e duas matrizes encontradas, vinte e quatro referem-se às matrizes poliméricas compostas (i) apenas por polímeros ou misturas destes; (ii) combinação de polímero(s) e outros (sílica, argila, zeólitas, etc.); e (iii) combinação de

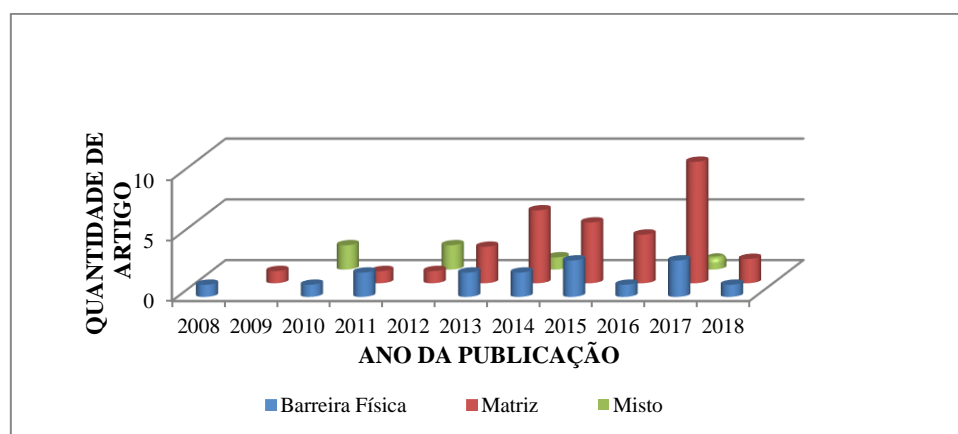


polímero(s), outros e biomassa(s), etc. Ainda, alguns artigos analisavam o comportamento de dois tipos de matrizes em paralelo combinados com a ureia, por exemplo, (1) ureia misturada com hidroxiapatita e (2) ureia misturada com biopolímero modificado com hidroxiapatita (Giroto *et al.*, 2014; 2017).

A leitura dos artigos induz ao questionamento se os pesquisadores não estariam buscando matrizes poliméricas como uma primeira fase da pesquisa para, então, aplicarem como camadas de barreira física. Essa indagação ocorre, principalmente, pelo fato de que, além do interesse relacionado à eficiência da matriz em liberar lentamente ou controladamente o fertilizante, esses pesquisadores mostram-se muito interessados nas propriedades mecânicas referentes ao material dessa matriz polimérica, como taxa de deformação, resistência mecânica, dureza, espessura, entre outros. Além disso, em algumas introduções, os pesquisadores revelam a predominância do uso de polímeros como camadas, ou seja, estão cientes de que esse mercado possui interesse em novos materiais para revestimento de fertilizantes com suporte do tipo barreira física.

A Figura 126 refere-se ao tipo de suporte (barreira física, matriz ou misto) por ano de publicação dos artigos revelados na pesquisa realizada na base de dados SCOPUS. O gráfico ilustrado na referida Figura resume a distribuição dos artigos por tipo de suporte ao longo dos anos. Também é possível observar uma predominância do suporte do tipo matriz, principalmente, no ano de 2017.

Figura 126 - Quantidade de Artigos com Suporte do tipo Matriz, Barreira Física e Misto por Ano de Publicação (SCOPUS)

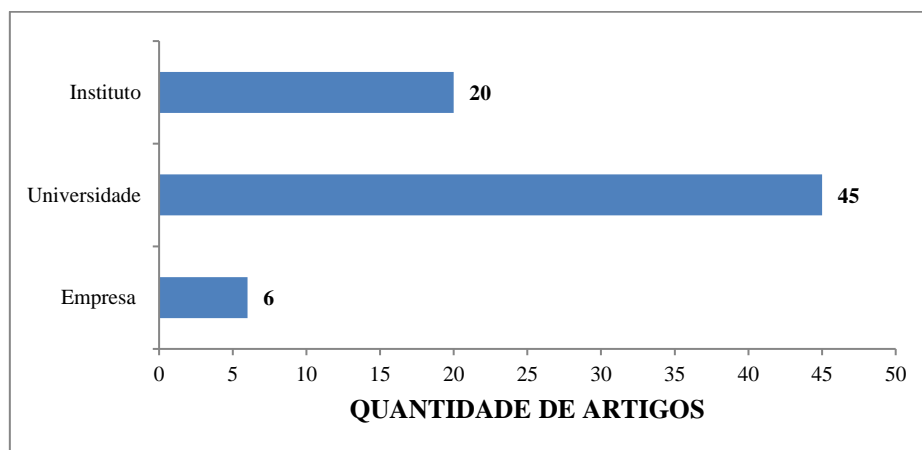


Fonte: Elaboração própria.

Como pode ser observado na Figura 126, o ano de 2017 foi o ano com maior concentração de artigos com suporte do tipo matriz assim como foi o ano com maior concentração de artigos publicados no produto de interesse. Vale notar que o ano de 2018 pode registrar publicações posteriores de artigos relacionados ao tipo de suporte, tendo em vista que essa pesquisa foi realizada em julho de 2018.

Os artigos encontrados na busca do banco de dados SCOPUS revelaram as universidades como o tipo de instituição predominante interessada no objeto do presente estudo. A leitura dos artigos científicos revelou que o tipo de suporte preferido pelas referidas universidades foi o suporte do tipo matriz, principalmente, polimérica.

Figura 127 - Quantidade de Artigos por Tipo de Instituição (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.1.3 Análise Micro

##### 4.3.1.3.1 Análise de Mercado

Tal como nos bancos de dados patentários (americano e europeu), foram aqui analisadas às subcategorias da taxonomia da análise meso a fim de identificar as tendências de mercado relatadas na base científica.

Na taxonomia referente ao mercado, observou-se que todos os artigos apresentaram produtos (fertilizantes) com eficiência aperfeiçoada de uso de nutriente

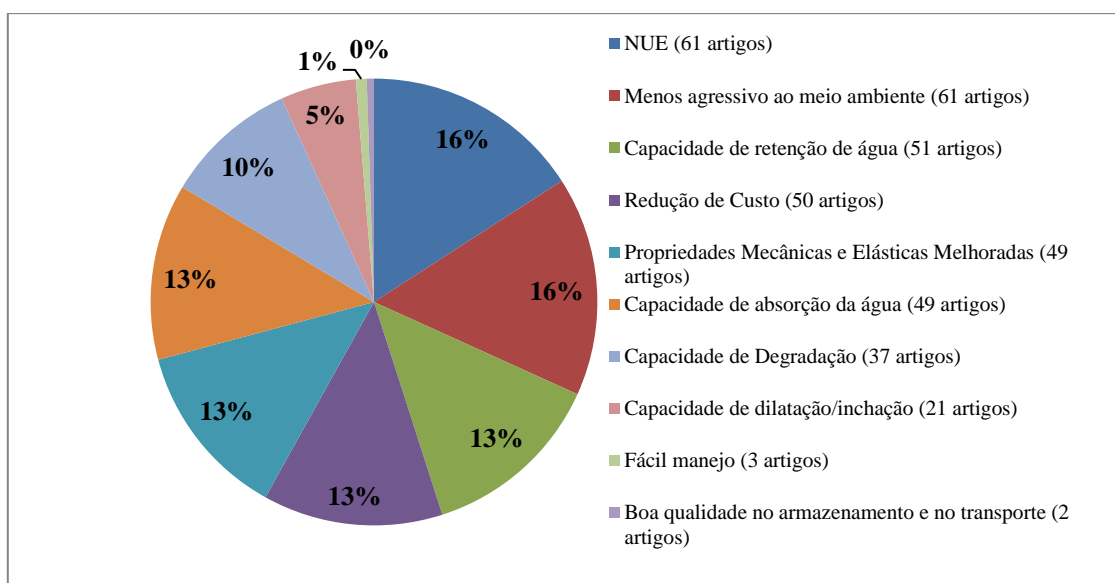
(NUE). A partir da leitura dos artigos também é possível observar que os objetivos e estratégias mais almejadas, além do aumento da NUE, foram (1) preocupação com meio ambiente, (2) capacidade de dilatação (grau de hidrofiliabilidade da matéria-prima aplicada), (3) capacidade de retenção e absorção de água; (4) capacidade de degradação, (5) propriedades mecânicas melhoradas, e (6) redução de custo.

Em outras palavras, os pesquisadores visam produtos com NUE melhorado, menos agressivo ao meio ambiente, com boa capacidade de degradação e dilatação, assim como boa capacidade de retenção e absorção de água, sendo esse perfil tal como o exibido na Figura 128.

A leitura desses artigos ainda revelou que poucos pesquisadores expressaram preocupação com características técnicas do produto relacionadas à boa qualidade no armazenamento e transporte e com a facilidade de manejo obtida em seu experimento, diferente do perfil encontrado na patente.

Muitas dessas características já relatadas na análise de mercado da seção da literatura patentária. No entanto, os novos direcionadores, tais como capacidade de dilatação, capacidade de absorção de água, e propriedades mecânicas melhoradas não haviam sido ressaltados nas seções precedentes (patentes e pedidos de patente).

Figura 128 - Análise de Mercado de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à preocupação com meio ambiente identificada na leitura dos artigos científicos, no geral, estava diretamente relacionada com a diminuição do excesso de poluentes (causado pela falta de eficiência no uso de nutrientes) presentes no solo. O uso ineficiente de nutrientes não só prejudica o crescimento vegetativo, assim como gera a necessidade de novas aplicações de fertilizantes devido à perda de nutrientes por lixiviação, volatilização, entre outros.

Adicionalmente, os artigos encontrados demonstram o aumento no interesse pelo uso de biopolímeros derivados de amido, biomassa vegetal, gomas e similares, sendo um indicativo da busca por ecofertilizantes (fertilizantes derivados de fontes renováveis). Os biopolímeros são materiais biodegradáveis e relativamente não poluentes para o solo, bem diferente dos materiais encontrados nos documentos de patentes e pedidos de patente, os quais priorizavam polímeros sintéticos na fabricação de fertilizantes de liberação lenta ou controlada, sendo estes poluentes ao solo (Mukerabigwi *et al.*, 2015). Neste sentido, cabe ressaltar que polímeros sintéticos (perfil predominante em patentes identificado no *roadmap* de curto prazo), como o poliacrilato, por exemplo, não podem ser amplamente utilizados por causa de sua baixa capacidade de degradação no solo, ou seja, seu acúmulo ao longo do tempo torna-se um novo tipo de poluição. Desta forma, já era esperado que a linha de pesquisa nesse ramo de fertilizante buscasse uma alternativa para solucionar esse problema.

O aumento na quantidade de pesquisas relacionadas à aplicação de biopolímero, como matéria-prima, também é responsável pela quantidade expressiva da taxonomia relacionada à capacidade de degradação desse material no solo.

A pesquisa também revelou um crescimento no emprego de materiais menos agressivos ao solo nas matrizes não poliméricas, tais como argila, zeólitas, sílica, e similares (Wen *et al.*, 2016).

A quantidade expressiva de artigos encontrados com produtos possuindo retenção e absorção de água está relacionada com a quantidade de artigos referentes à aplicação de polímeros superabsorventes tanto na matriz polimérica como nas camadas do suporte do tipo barreira física. Os superabsorventes são polímeros com estrutura de rede polimérica hidrofílica e um grau adequado de reticulação podendo absorver uma grande quantidade de água, e melhorar as propriedades físicas do solo com relação à capacidade de retenção de água e de nutrientes (Ni *et al.*, 2010). Os autores Ni *et al.* (2010), em outro artigo, ainda destacam a utilização de hidrogéis superabsorventes exibindo boa capacidade de dilatação, absorção e retenção de água.

Os artigos científicos encontrados na base Scopus destacam o uso de materiais superabsorventes, sendo estes tanto hidrogéis como materiais, tais como argila e zeólita. Neste sentido, percebe-se um aumento do interesse dos autores por bentonita e zeólita, sendo a última mais onerosa. De acordo com um desses artigos, Ni *et al.* (2010), os materiais superabsorventes parcialmente degradáveis utilizados como revestimentos podem aliviar a poluição causada por materiais poliméricos superabsorventes convencionais não degradáveis.

Outros materiais foram considerados superabsorventes, tais como sílica, argila, zeólitas e biocarvão. Portanto, estes materiais também possuem excelente capacidade de absorção e retenção de água, assim, proporcionando ao solo uma capacidade melhorada de retenção de água durante o período de irrigação ou de chuvas e, conseqüentemente, diminuindo de forma eficiente a quantidade de consumo de água da irrigação (Xie *et al.*, 2011). Os autores Wen *et al.* (2016) associam que a incorporação de argilas nas matrizes poliméricas não só provoca a redução de custos, mas também aumentam a capacidade de retenção de água, capacidade de dilatação, capacidade de degradação, estabilidades químicas e mecânicas dessa matriz.

Tendo em vista o acima exposto, devido a maior concentração de artigos, cuja pesquisa está voltada para produtos superabsorventes, propriedades, como capacidade de absorção e retenção de água e a capacidade de dilatação do material aplicado na matriz ou na barreira física, desempenham um importante papel na taxonomia de mercado.

Com relação às propriedades mecânicas ilustradas na Figura 128, estas compreendem a resposta dos materiais às influências mecânicas externas, manifestadas pela capacidade de desenvolverem deformações reversíveis e irreversíveis, e resistirem à fratura (Mano, 2000; Mano e Mendes, 1999). Com o aumento do interesse dos pesquisadores com relação aos biopolímeros, alguns estudos estavam relacionados à resistência mecânica, redução de defeitos da camada do envoltório, redução da espessura nas camadas, dureza, entre outros, caracterizando a preocupação dos pesquisadores com as propriedades mecânicas dos biopolímeros estudados.

Com relação aos custos, no geral, os artigos mencionavam que a eficiência na liberação de nutrientes poderia refletir na redução do custo da produção da colheita, embora alguns artigos estivessem focando seu fertilizante exclusivamente em polímero, considerado um produto oneroso. Alguns autores mencionaram a utilização de matéria-prima com valor mais acessível, como argilas, por exemplo, inclusive na mistura dessa

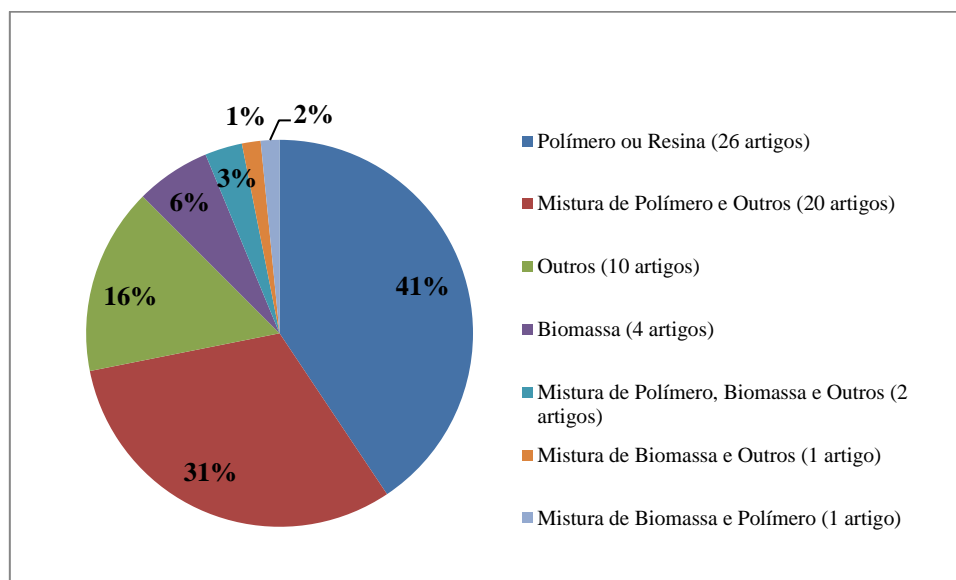
com polímeros. Caulinita, montmorilonita, atapulgita, bentonita e hidroxiapatita foram algumas das opções de argilas mencionadas.

No entanto, diferente das patentes e pedidos de patente, cujos documentos mencionavam a possibilidade de redução na produção do fertilizante por simplificação nas etapas de processo, essa prerrogativa não foi encontrada nos artigos selecionados da base SCOPUS.

#### 4.3.1.3.2 Análise de Produto

Inicialmente, cabe ressaltar que, diferente das patentes e pedidos de patente, não foram encontrados artigos utilizando enxofre como matéria-prima em nenhum tipo de suporte, como poderá ser observada na Figura 129.

Figura 129- Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou controlada com relação à Matéria-Prima (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

O levantamento dos artigos na base SCOPUS revelou um aumento do interesse dos pesquisadores por polímeros naturais biodegradáveis, relativamente não poluentes ao meio ambiente. A leitura dos artigos revela um interesse em polímeros naturais à

base de hidrogel superabsorvente, por exemplo. Duquette e Dumont (2018) definem hidrogéis superabsorventes como materiais poliméricos conhecidos por sua capacidade de absorção e retenção de grande quantidade de água ou solução aquosa. Sannino *et al.* (2009), ainda, revelam que os hidrogéis são capazes de absorver e liberar soluções aquosas de uma maneira reversível, em resposta aos estímulos específicos do ambiente.

A título de exemplo, alguns hidrogéis citados nos artigos são hidrogéis à base de alginato, celulose, entre outros. Alginato, um polissacarídeo (polímero natural) derivado de algas marinhas, foi mencionado em alguns desses artigos como um material biodegradável aplicado como matéria-prima de revestimentos e da matriz polimérica (Ni *et al.*, 2010) . A celulose, um polímero natural, foi mencionada como um material abundante na natureza por ser o maior constituinte das plantas e fibras naturais, biodegradável e de baixo custo (Sannino *et al.*, 2009).

Alguns pesquisadores focaram sua pesquisa em biopolímeros derivados do amido, sendo este disponível abundantemente em fontes vegetais renováveis (Niu e Li, 2012).

A Figura 129 revela que os pesquisadores visaram à aplicação de polímeros ou combinação destes com outros materiais ou, ainda, uma combinação de polímeros com biomassa e outros materiais. Em outras palavras, muitos autores combinaram polímeros com materiais, tais como sílica, argila, zeólita, biomassa, etc.

O termo “*outros*” citado na Figura 129 significa zeólitas, argilas, sílica, etc.

Levando em consideração que os pesquisadores estão se empenhando em pesquisar biopolímeros e matrizes combinando materiais menos agressivos ao meio ambiente, como opção de matéria-prima para os fertilizantes, a perspectiva para o futuro tende a ser um saldo ecológico mais positivo que o atual.

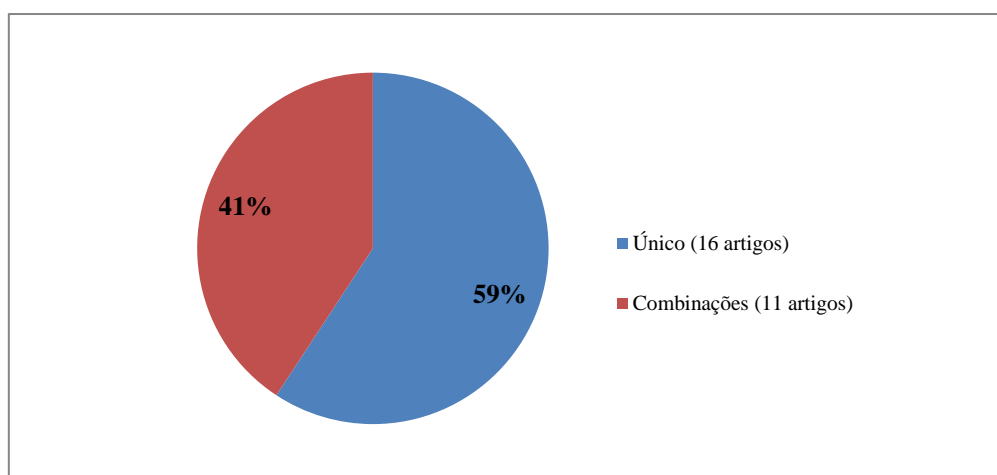
Ainda com relação à análise de produto, as Figuras 130, 131 e 132 ilustram como a matéria-prima (polímero/resina e/ou biomassa) encontrada nos artigos está arranjada.

Cabe notar que os polímeros estavam predominantemente em matrizes poliméricas misturadas com o(s) fertilizante(s), no geral, ureia. Desta forma, a Figura 131 é uma ilustração do arranjo dos polímeros nessas matrizes.

No caso dos polímeros e resinas, tanto na barreira física como nas matrizes poliméricas, a predominância foi por pesquisas voltadas na utilização de um único tipo de polímero, ao invés de combinações de uma variedade de polímeros e/ou resinas.

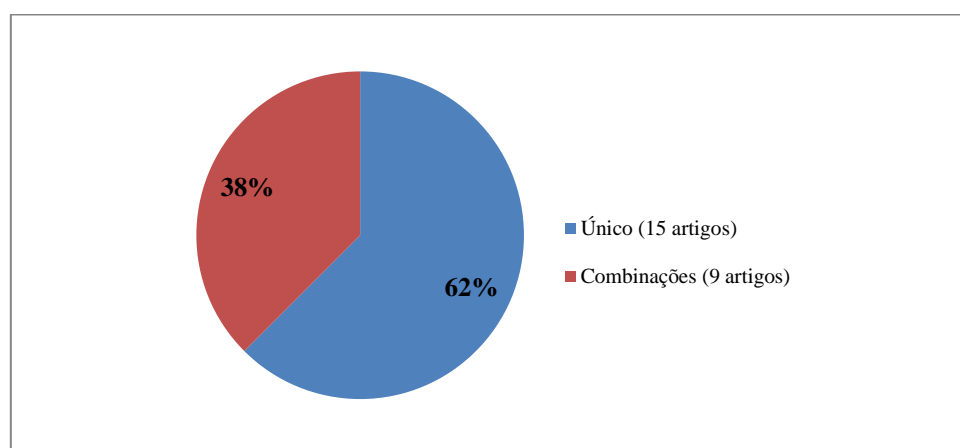
Para biomassa, no geral, foi identificado nos artigos um arranjo único de biomassa vegetal, ao invés de uma combinação destas no suporte. Os materiais denominados como outros não foram contabilizados na avaliação do arranjo da matriz não polimérica, portanto, apenas a biomassa está ilustrada na Figura 132.

Figura 130 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas nos Revestimentos (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

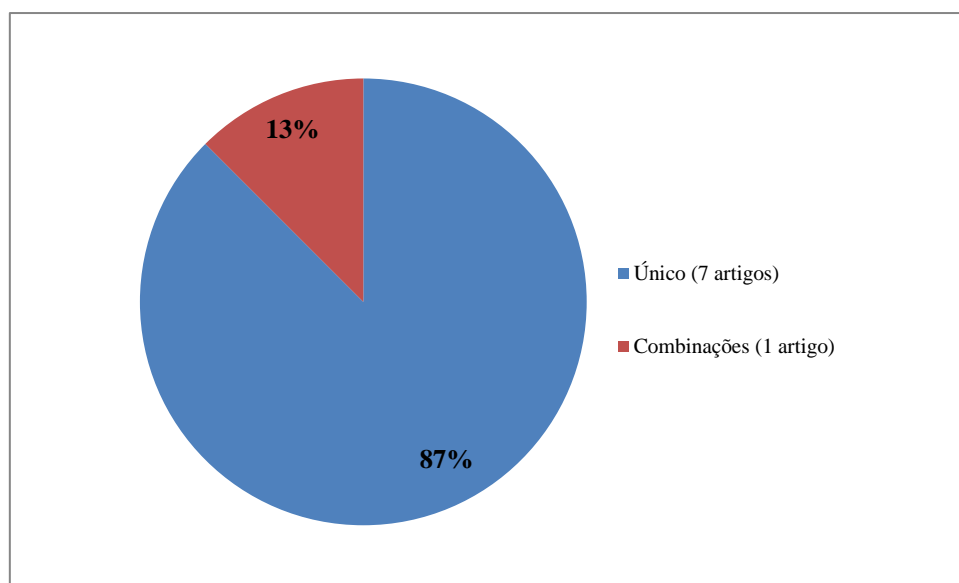
Figura 131 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo dos Polímeros e/ou Resinas nas Matrizes (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.



Figura 132 - Análise de Produto de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Arranjo da Biomassa (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.1.3.3 Análise de Tecnologia

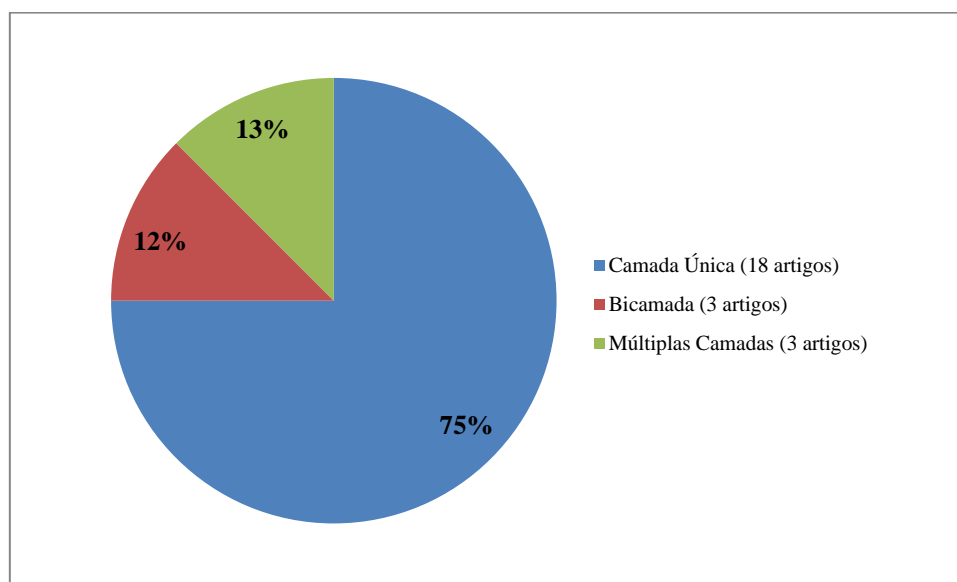
Para análise de tecnologia, buscou-se identificar nos artigos se o fertilizante de suporte do tipo barreira física ou do tipo misto apresentavam uma ou mais camadas da matéria-prima (resina e/ou polímero) empregada (vide Figura 133).

Os artigos selecionados na pesquisa com suporte do tipo barreira física e do tipo misto referem-se à formação de uma ou mais camadas de proteção/barreira através de encapsulamento ou recobrimento do fertilizante, tornando-se, assim, um suporte físico para o fertilizante. O suporte do tipo misto ainda envolve a utilização de uma matriz no fertilizante, portanto, se caracterizando por uma combinação de dois tipos de suporte.

Similarmente ao relatado na busca de patentes e pedidos de patente, a leitura dos artigos direciona para o entendimento de que a quantidade predominante estudada de fertilizantes suportados do tipo barreira física e misto é de fertilizantes encapsulados com camada única (vide Figura 133). Como discutida na seção de patentes, pode-se supor que a quantidade predominante de fertilizantes suportados encapsulados com camada única ocorre devido ao aumento de custo de produção ao aplicar maiores quantidades de matéria-prima de valor elevado, no geral, polímeros, para obtenção de

duas ou mais camadas. No geral, os revestimentos eram obtidos por imersão, emulsão, pulverização, precipitação, etc.

Figura 133 - Análise de Tecnologia (Barreira Física e Misto) de Fertilizantes nitrogenados suportados de liberação Lenta ou Controlada com relação ao Encapsulamento por Camadas (SCOPUS)



Fonte: Elaboração própria.

Com relação à forma de inclusão da matéria-prima, relacionada ao suporte do tipo matriz não polimérica e sistemas mistos, no fertilizante, os artigos revelaram a preferência dos autores pela etapa de mistura/cominação da matéria-prima (biomassa e outros, tais como sílica, argilas, zeólitas) no fertilizante. Os pedidos, no geral, relataram a mistura/cominação através da granulação, fusão, extrusão, entre outros. Alguns artigos referiam-se à utilização de aglutinantes ou aditivos nessa etapa de mistura.

Com relação à matriz polimérica, todos os casos encontrados utilizaram a etapa de mistura/cominação da matéria-prima como forma de inclusão preferencial. Extrusão, emulsão e fusão são exemplos de etapas de misturas dessas matrizes. A matéria-prima revelada pode ser composta apenas por polímeros (único ou combinação de dois ou mais destes); combinação de polímero e biomassa; combinação de polímero e outros (por exemplo, sílica, argilas e zeólitas); e, ainda, combinação de polímero, biomassa seca e outros. Novamente, o fertilizante predominante utilizado foi a ureia.

#### 4.3.2 Considerações Relacionadas ao Perfil Encontrado nos Artigos Científicos

Os dados referentes aos continentes e países apresentados nas seções de pedidos depositados e patentes concedidas juntamente com artigos projetam o seguinte cenário: os americanos, canadenses e alguns titulares de países da Europa revelam sua invenção através de documentos de pedidos de patente e patentes, enquanto países asiáticos, com exceção da China, e países da América do Norte e do Sul, da Oceania e da África<sup>58</sup> divulgam em artigos científicos. A China está no interim desses grupos, pois divulga sua invenção em todos os meios. Esse cenário ratifica as observações feitas anteriormente neste capítulo, em que o pedido de patente (posteriormente, a patente) pode ser considerado um bom indicativo do nível de inovação e do andamento da economia de um país por identificar o grau de desenvolvimento das tecnologias nas nações e suas organizações. Os países que estão se destacando na literatura patentária são os com economia mais consolidada ou em crescimento.

A base de dados SCOPUS revelou um perfil de pesquisadores, predominante com vínculos em universidades e institutos, bem diferentes das patentes e pedidos de patente que revelaram um perfil empresarial. Considerando que um titular de patente ou pedido de patente visa à proteção de seu objeto evitando que terceiros reproduzam e comercializem, aumentando, assim, sua chance de lucratividade, é natural que as empresas busquem a proteção patentária.

Com relação aos tipos de suporte, como destacado na análise meso desta seção de literatura, as matrizes são o tipo de suporte predominantemente encontrado nos artigos da base SCOPUS. No entanto, diferente das matrizes reveladas na literatura patentária que eram compostas quase que exclusivamente de biomassa ou de outros materiais, como argila, zeólita, etc., a literatura científica revelou que além das matrizes contendo biomassa e/ou outros materiais, os pesquisadores estão interessados nas matrizes poliméricas, sendo estas compostas: (1) apenas por polímeros ou misturas destes; (2) combinação de polímero(s) e outros (sílica, argila, etc.); e (3) combinação de polímero(s), outros e biomassa.

Com relação ao perfil de fertilizantes verificado na análise de mercado, os artigos científicos descreviam produtos com NUE melhorado, custo reduzido, menos agressivo ao meio ambiente, com boa capacidade de degradação e dilatação, assim

---

<sup>58</sup> Oceania e África em menor número, como pode ser notado no resultado aqui encontrado.

como boa capacidade de retenção e absorção de água. Muitas dessas características identificadas estando diretamente relacionadas às matrizes poliméricas e barreiras físicas com camadas usando biopolímeros.

A busca por matéria-prima ecológica e eficiente foi marca predominante nos artigos científicos através da aplicação de biopolímeros e outros materiais menos agressivos ao meio ambiente, principalmente, sílica e argila (Yuan, 2014). A análise de produto revelou uma combinação de polímero(s) com esses materiais, e até mesmo destes dois grupos com biomassa. Com relação ao arranjo dos polímeros na(s) camada(s), ainda predomina a aplicação de um único tipo de polímero ao invés de uma combinação de polímeros variáveis tanto nas matrizes poliméricas como nos revestimentos das barreiras físicas. As matrizes não poliméricas também apresentam um arranjo com um tipo de biomassa ao invés de uma combinação de biomassas variadas.

Similar ao relatado na literatura patentária, os artigos científicos divulgam fertilizantes do tipo barreira física contendo predominantemente apenas uma camada. Com relação às matrizes, poliméricas ou não, a análise de tecnologia revelou que estas são misturadas/combinadas com os fertilizantes, predominantemente, ureia.

A análise de documentos de médio e longo prazos, ou seja, pedido de patentes e artigos científicos, aponta para a busca de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada fabricados com matéria-prima menos agressiva ao meio ambiente, como biopolímeros à base de glúten, celulose, amido e similares, assim como biomassa, zeólitas, sílica, argila, entre outros. Portanto, a médio e longo prazos, percebe-se um avanço na direção do meio ambiente através da utilização de fontes renováveis, diferente dos produtos já presentes no mercado (análise identificada em documentos de curto prazo - patentes) com revestimentos contendo, predominantemente, polímeros sintéticos na sua formação.

## 5 CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DO *ROADMAP*

### 5.1 CONSTRUÇÃO DO *ROADMAP*

A arquitetura do *roadmap* foi dividida no eixo horizontal, através dos diferentes espaços temporais, sendo eles representados por curto, médio e longo prazos. Ainda, pelo eixo vertical, sendo representado pelo trinômio: mercado, produto e tecnologia, cuja taxonomia está representada no capítulo de metodologia.

Com relação ao eixo relacionado ao espaço temporal, este foi dividido como se segue:

Curto Prazo: a informação apresentada nessa seção do *roadmap* foi obtida dos documentos de patentes.


Médio Prazo: a informação apresentada nessa seção do *roadmap* foi obtida dos documentos de pedidos de patente.

Longo Prazo: a informação apresentada nessa seção do *roadmap* foi obtida dos artigos científicos.

Já o eixo vertical, esse se divide em seções que correspondem ao mercado, ao produto e à tecnologia, sendo as informações ilustradas nestes obtidas através de cada documento separado como relevante no levantamento de patentes, pedidos de patente e artigos científicos.

Iniciou-se à construção do *roadmap* pelo levantamento de patentes, onde foi coletado de cada documento, considerado relevante nas bases de dados do USPTO e ESPACENET, as informações consideradas pertinentes à taxonomia relacionada ao mercado, produto e tecnologia. A taxonomia foi formada com aspectos que são ordinários do segmento de fertilizantes. Da mesma forma, após ilustrar no mapa as informações provenientes de patentes, mesmo procedimento foi realizado para os pedidos de patente e artigos científicos.

Cada documento de patente, pedido de patente e artigo foi representado nos *roadmaps* através das linhas. No caso dos artigos, alguns documentos referiam-se a mais de uma invenção, portanto, algumas linhas na seção de longo prazo referem-se a estas invenções, por exemplo, a Universidade Federal da Sibéria está representada no

mapa de longo prazo quatro vezes, no entanto, esses quatro produtos diferentes estão em um único documento. O logo da universidade é 

Algumas linhas representavam mais de um documento, como, por exemplo, a empresa Agrium, no *roadmap* de curto prazo, possuía duas patentes com a mesma taxonomia de mercado, produto e tecnologia, sendo a quantidade de patentes representada na linha com o símbolo 2X.

As setas e linhas de cor laranja estão relacionadas à base de dados do USPTO e as de cor azul à base de dados do ESPACENET. As linhas e setas de cor verde estão relacionadas à base de dados SCOPUS. Cada seta está conectada à taxonomia divulgada na lateral esquerda, iniciando-se a partir do produto, ou seja, conectada aos parâmetros-chaves encontrados nos documentos de patentes, pedidos de patente e artigos científicos.

Em outras palavras, em cada coluna, os logotipos dos *players* foram posicionados de acordo com o espaço temporal identificado, ocorrendo, dessa forma, a ligação da instituição, representada por seu logotipo, com a linha de pesquisa. Esta conexão foi realizada através das setas que iniciam na seção de produto através do logotipo de cada instituição.

Como exemplo, a primeira empresa representada no espaço temporal de curto prazo (patentes) do *roadmap* (Figura 134) é a empresa Agrium (base de dados do USPTO), cujo produto refere-se à mistura de enxofre e polímero. De acordo com as setas ilustradas, esse produto está enquadrado na taxonomia de mercado através dos seguintes aspectos: NUE, preocupação com o meio ambiente (produto menos agressivo ao meio ambiente), redução de custo e fácil manejo. Já as taxonomias relacionadas à tecnologia e ao arranjo do produto enquadram-se em: barreira física com múltiplas camadas, sendo a matéria-prima destas camadas uma combinação de polímeros com enxofre. O símbolo 2X significa duas patentes concedidas com a mesma taxonomia de mercado, produto e tecnologia. A diferença entre essas patentes são pequenos detalhes relacionados a alguma mudança de uma das etapas de processo de produção, por exemplo.

O *roadmap* foi dividido nas categorias relacionadas ao espaço temporal, a saber: patentes, pedidos de patente, artigos científicos. Adicionalmente, um quarto mapa foi desenvolvido fim de ilustrar a diferença encontrada no perfil de titulares da literatura patentária e literatura científica. Esse quarto *roadmap* refere-se às patentes, aos pedidos de patente e aos artigos científicos, cujos autores formam parcerias de pesquisa.

Algumas considerações devem ser observadas, as pequenas setas negras são referentes aos produtos de misturas, cujo um dos componentes é denominado como outro (material variado diferente de polímeros e biomassa), conforme discutido no capítulo 4. Através da leitura do *roadmap* por meio das setas direcionadoras, foi possível observar o aumento de interesse pelos *players* na aplicação de materiais como argila, sílica e zeólitas tanto na barreira física como em matrizes, em médio e longo prazos. Por isso, esses materiais foram destacados nos *roadmaps*. As pequenas setas de cor rosa são para ressaltar a utilização de biopolímeros, quando estes estão misturados com outros materiais.

A seta dupla negra refere-se aos produtos encontrados com sistema misto. Por exemplo, na primeira parceria (Kuraray e Sanc Salaam) ilustrada no *roadmap* de parcerias (Figura 137), o sistema é misto, ou seja, é constituído tanto de barreira física (BF) como de matriz polimérica (MP), conforme discutido no capítulo 4. No caso específico de Kuraray e Sanc Salaam, a leitura do mapa revela que este é um produto de polímero que tanto na camada da barreira física como na matriz polimérica utiliza apenas um polímero em sua construção ou arranjo. Na matriz polimérica, referido nutriente é incorporado no polímero. Na barreira física, ele está presente em uma única camada de revestimento do produto.

A faixas de cor pêssego na seção de produto são para destacar o arranjo encontrado em cada documento relacionado aos polímeros e às biomassas.

Seguem agora os resultados encontrados no levantamento das bases de dados patentárias e científica, onde será possível identificar o estágio atual do produto ora estudado, assim como os *players* detentores da tecnologia, os quais atuam neste setor de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada.

Os parâmetros-chaves estão destacados nas Figuras 138 até 140.

## 5.2 ANÁLISE DO ROADMAP

### 5.2.1 CURTO PRAZO

Na Figura 134 estão representados os resultados de Curto Prazo do *roadmap* tecnológico de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada relacionados aos documentos de patentes encontrados nas bases de dados USPTO (setas laranjas) e ESPACENET (setas azuis). Os *players* encontrados nessas bases são representados por seu respectivo logo. Alguns logotipos não foram encontrados, por isso, foi utilizado o nome da instituição apenas. No geral, observa-se a predominância de logos de empresas, na base americana, de empresas americanas; e na base europeia, de empresas chinesas. Conforme discutido no capítulo 4, esses são os principais *players* encontrados na pesquisa de patentes, os que possuem hegemonia, no entanto, outros *players* podem ser observados, como *players* europeus, por exemplo.

Inicialmente, é possível notar na seção do *roadmap* relacionada ao mercado, através da concentração das setas nos respectivos parâmetros-chave, um predomínio das seguintes taxonomias: NUE, preocupação com o meio ambiente (produtos menos agressivos ao meio ambiente) e redução do custo. Na base americana também foi possível notar uma preocupação com produtos, cujo manejo fosse facilitado. Como detalhado no capítulo de prospecção, no geral, este parâmetro está relacionado ao difícil manuseio da ureia como fertilizante devido sua propriedade higroscópica.

O perfil de patentes, encontrado na seção de produtos do *roadmap*, claramente aponta para predominância de produtos utilizando polímeros ou mistura desses com outros materiais. No geral, esses polímeros estavam arrançados em uma construção possuindo apenas um único polímero ao invés de uma combinação destes, muito provavelmente, devido ao aumento de custo na produção que dois ou mais polímeros causariam, como discutido no capítulo 4 de prospecção. O perfil de patentes, em ambas as bases, aponta ainda para fertilizantes com suporte de barreira física contendo, predominantemente, uma camada de revestimento, no entanto, com predominância de polímeros não biodegradáveis. As matrizes foram formadas, no geral, tanto por impregnação como por mistura ou combinação das matérias-primas com o fertilizante. Sendo que na base europeia, pode ser percebida uma preferência pela impregnação desse material.

Nesse cenário de patentes, o *roadmap* direciona para o entendimento de que o mercado está mais preocupado que o produto tenha liberação controlada ou lenta independente se está empregando matérias-primas tendo características mais ecoamigáveis, como pode ser identificado através da concentração de logos de empresas na seção de produto relacionada ao polímero e/ou resina. O ecologicamente amigável ou



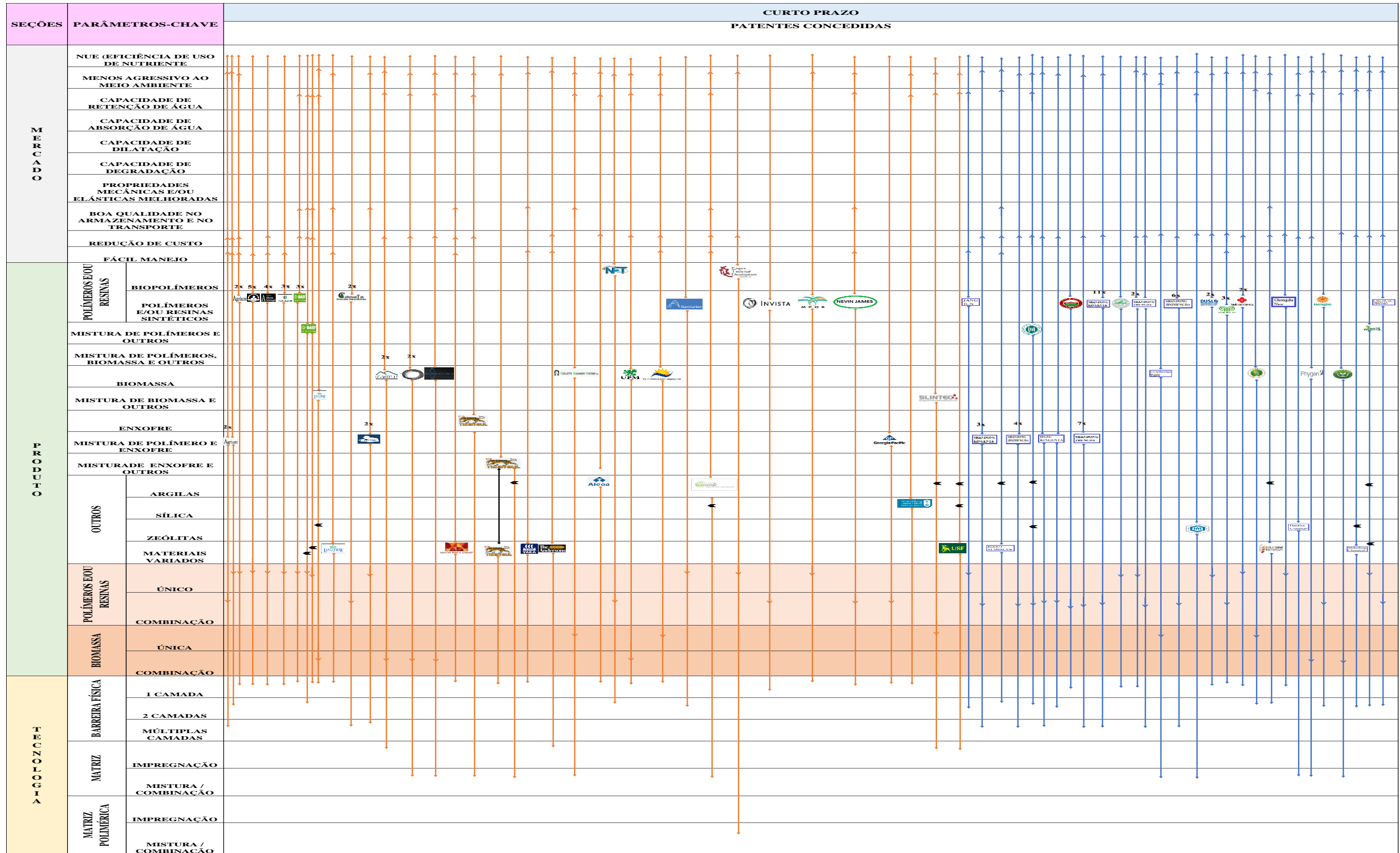
correto está direcionado para o fato de que o fertilizante de liberação aperfeiçoada liberará os nutrientes de forma mais lenta ou controlada evitando, assim, o acúmulo desses nutrientes que poderiam ser perdidos na lixiviação, por exemplo, sendo estes levados para rios e lençóis freáticos, assim, contaminando essas águas. Ainda, esse desperdício poderia gerar poluentes gasosos através da volatilização. Ao evitar essas perdas, automaticamente, esses produtos foram classificados como produtos menos agressivo ao meio ambiente.

Portanto, a partir da seção de mercado do *roadmap* de curto prazo, pode ser evidenciado que os produtos desenvolvidos pelos Requerentes das patentes, encontradas no período predefinido, estão voltados para fertilizantes que sejam capazes de aumentar a eficiência do uso de nutrientes (NUE) para alcançar alta produtividade da produção de alimentos por terra plantada. Em consequência desse aperfeiçoamento, produtos menos agressivos ao ambiente e com redução do custo são alcançados, conforme previamente discutido na seção de patentes do capítulo 4.

No entanto, não há uma evidência na seção de produtos do *roadmap* pela busca por matérias-primas ecológicas. Ao observar os produtos representados pelo respectivo logo da instituição (tipos de instituições encontradas na pesquisa do capítulo 4: empresa, universidade, instituto ou pessoa física), tanto da base americana como da europeia, não se evidencia uma concentração desses logos em produtos contendo biomassa e/ou materiais variados menos agressivos, como argila, por exemplo. As próprias patentes voltadas para suporte de matriz de biomassa são objetos secundários da invenção principal, onde o fertilizante de liberação lenta ou controlada é uma das modalidades da invenção, porém não é a modalidade preferida. Como exposto no capítulo 4, essas patentes apesar de descreverem a biomassa como um provável suporte para fertilizante de liberação controlada ou lenta, estão mais interessadas no biocarvão gerado por essa biomassa e suas propriedades aperfeiçoadas.

Portanto, através da leitura do *roadmap* no período de curto prazo, é possível visualizar que os Requerentes das patentes estão mais interessados no desenvolvimento de novos tipos de revestimentos sintéticos, em sua grande maioria, para prevenir a degradação precoce dos fertilizantes atendendo, assim, a demanda do ciclo de crescimento das plantas e a necessidade específica de nutrientes em cada etapa de crescimento. Portanto, no geral, fertilizante de barreira física com revestimento de camada única constituída de um único polímero/resina sintético foi a cerne das patentes encontradas.

Figura 134 - Roadmap de curto prazo



Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.2 Médio prazo

Na Figura 135 estão representados os resultados de Médio Prazo do *roadmap* tecnológico de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada relacionados aos documentos de pedidos de patente encontrados nas bases de dados USPTO (setas laranjas) e ESPACENET (setas azuis). Uma mudança de comportamento no trinômio; mercado, produto e tecnologia é evidenciada através da análise do referido *roadmap*.

Com relação à seção de produto do *roadmap*, os produtos representados pelos respectivos logos das instituições sinalizam para a crescente busca por materiais variados, diferentes dos já conhecidos e eficientes polímeros sintéticos. Na base americana, por exemplo, os logos das empresas estão concentrados na linha da biomassa (seção de produto), sendo, desta forma, possível notar uma busca pela biomassa como uma matéria-prima alternativa, e, na base europeia, o aumento de utilização de matérias-primas variadas, tais como zeólitas, sílicas e materiais variados (parâmetros-chave presentes na seção de produto). Até mesmo com relação aos polímeros, percebe-se um aumento no interesse de polímeros biodegradáveis, os quais não deixam resíduos no solo após degradação pelas bactérias.

Em outras palavras, diferente do sinalizado no *roadmap* de curto prazo (patentes), cujo o foco estava presente nos polímeros sintéticos (evidenciado através da maior concentração de logos nas linhas relacionadas a essa matéria-prima, na seção de produto), existe um crescente interesse dos depositantes de pedidos de patente na busca por matérias-primas ecológicas (maior concentração de logos nessas matérias-primas), e não somente por polímeros sintéticos. O aumento do interesse nesse tipo de material se reflete na taxonomia de mercado, onde é possível notar através das setas de orientação um crescente aumento na taxonomia relacionada à retenção de água devido a essa matéria-prima alternativa. Ou seja, o depositante de pedido de patente começa a notar que esse material traz consigo uma melhora na retenção de água do produto além de serem materiais menos agressivos ao meio ambiente.

Com relação ao material polimérico encontrado nos pedidos de patente, ainda, prevalece os arranjos com construção de polímeros únicos, ao invés de uma combinação destes, por exemplo, apenas um tipo de polímero ao invés de dois ou mais polímeros (as setas de orientação presentes na seção de produtos, na faixa destacada de cor pêssego,

ilustram esse entendimento). Na seção de tecnologia, vislumbra-se, através das setas de orientação, a predominância de fertilizantes de barreiras físicas com camadas únicas de revestimento.

Com relação à biomassa, no geral, prevalece o arranjo combinado de duas ou mais biomassas vegetais, ao invés da utilização de apenas um tipo de biomassa, como indicado pelas setas de orientação na seção de produtos (faixa realçada em pêssego). As matrizes, no geral, foram formadas por impregnação nos produtos encontrados na base americana, mas através da mistura nos documentos encontrados na base europeia, como ilustrado na seção de tecnologia.

Através dos logos encontrados no *roadmap* de médio prazo, percebe-se o predomínio de empresas em ambas as bases, sendo na americana encontrado, ainda, o predomínio americano e na europeia de chineses, tal como nas patentes.

Cabe ressaltar que dos quatro pedidos de patente relacionados ao biopolímero na seção de produtos, três são de titularidade de universidades (seus respectivos logos sendo representados na linha de biopolímeros da seção de produtos), portanto, estando esse tipo de instituição mais preocupado em utilizar polímeros menos agressivos ao meio ambiente.

Portanto, a leitura do *roadmap* no médio prazo, através de suas seções direcionadas por setas e logos, começa a apontar para um processo de mudança de cenário, onde o predomínio de produtos com polímeros sintéticos, apontados como perfil predominante no *roadmap* de curto prazo, passa a considerar outras matérias-primas que afetam de forma positiva o solo e, conseqüentemente, o meio ambiente.

Figura 135 - Roadmap de médio prazo

SEÇÕES	PARÂMETROS-CHAVE	MÉDIO PRAZO																			
		PEDIDO DE PATENTE																			
MERCADO	NUE (EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTE)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	MENOS AGRESSIVO AO MEIO AMBIENTE	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	CAPACIDADE DE DILATAÇÃO	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	CAPACIDADE DE DEGRADAÇÃO	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	PROPRIEDADE MECÂNICAS E/OU ELÁSTICAS MELHORADAS	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	BOA QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO E NO TRANSPORTE	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	REDUÇÃO DE CUSTO	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
PRODUTO	FÁCIL MANEJO		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
	POLÍMEROS E/OU RESINAS	BIOPOLÍMEROS																			
		POLÍMEROS E/OU RESINAS SINTÉTICOS																			
	MISTURA DE POLÍMEROS E OUTROS																				
	MISTURA DE POLÍMEROS, BIOMASSA E OUTROS																				
	BIOMASSA																				
	MISTURA BIOMASSA E OUTROS																				
	ENXOFRE																				
	MISTURA DE ENXOFRE E OUTROS																				
	MISTURA POLÍMERO E BIOMASSA																				
	OUTROS	ARGILAS																			
		SÍLICA																			
		ZEÓLITAS																			
		MATERIAIS VARIADOS																			
	POLÍMEROS E/OU RESINAS	ÚNICO																			
		COMBINAÇÃO																			
	BIOMASSA	ÚNICA																			
		COMBINAÇÃO																			
TECNOLOGIA	BARREIRA FÍSICA	1 CAMADA																			
		2 CAMADAS																			
		MÚLTIPLAS CAMADAS																			
	MATRIZ	IMPREGNAÇÃO																			
		MISTURA / COMBINAÇÃO																			
	MATRIZ POLIMÉRICA	IMPREGNAÇÃO																			
MISTURA / COMBINAÇÃO																					

Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.3 Longo prazo

Através da leitura dos *roadmaps*, aqui apresentados, é possível identificar que literatura científica apresenta um cenário bem diferente do apontado na literatura patentária. Começando pelos *players*, os quais são em sua grande maioria de universidades e institutos. As empresas estão em menor número nesse tipo de literatura.

Embora o interesse das empresas pela literatura patentária seja facilmente compreendido, uma vez que as patentes concedem ao titular o direito de excluir terceiros de reproduzir e comercializar a sua invenção. Os artigos científicos possuem um perfil mais voltado à disseminação ou divulgação das últimas descobertas, sem proteção contra terceiros.

A grande maioria das universidades e institutos é de origem chinesa, como pode ser evidenciado nos logos da Figura 136 referente ao *roadmap* de longo prazo. No entanto, o *roadmap* também ilustra que as universidades brasileiras assim como a EMBRAPA estão interessadas nesse setor.

Com relação ao perfil de produtos encontrado nos artigos científicos e refletido no *roadmap* da Figura 136, destaca-se o uso de biopolímeros. Apenas com a finalidade de fazer uma correlação entre os dados identificados diretamente nos artigos científicos e o ilustrado no *roadmap* de longo prazo, vale mencionar que esses biopolímeros são provenientes, na sua grande maioria, de quitina, amido e celulose. O *roadmap* também apontou para o uso de materiais como argila e zeólita, materiais considerados superabsorventes. Na seção de produto também é possível notar interesse por fertilizantes suportados por biomassa através da concentração dos logos das instituições.

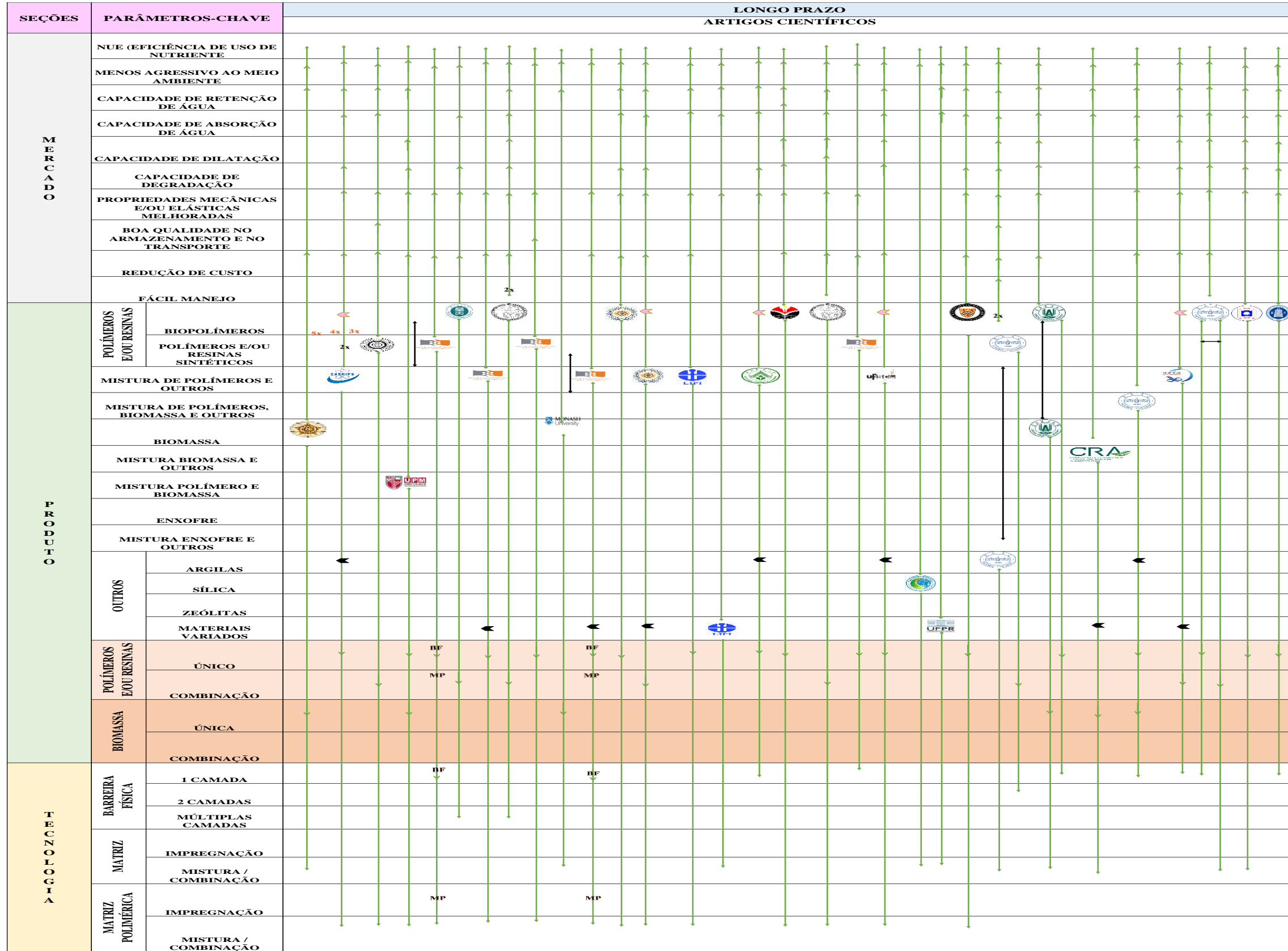
Portanto, o perfil do produto, exibido no *roadmap* de longo prazo, é completamente diferente daquele encontrado em patentes, e, ainda, amplia as alternativas de matérias-primas encontradas no pedido de patente, o que reflete na mudança de taxonomia de mercado e tecnologia.

Na taxonomia referente ao mercado, observou-se, através das setas de orientação, uma busca por produtos com capacidade maior de retenção e absorção de água, propriedade inerente aos materiais superabsorventes. Observou-se também um aumento de interesse por produtos com maior capacidade de degradação e com propriedades mecânicas melhoradas, sendo essas características intrínsecas aos biopolímeros.

A seção de produto, através das setas, também sinalizou, no geral, a utilização de apenas um único polímero no arranjo das matrizes poliméricas e dos revestimentos das barreiras físicas. Da mesma forma, as matrizes não poliméricas estavam arranjadas com um único tipo de biomassa vegetal.

Com relação à tecnologia, as matrizes poliméricas foram predominantes nessa pesquisa, como pode ser verificado na seção de tecnologia do *roadmap* de longo prazo, sendo estas misturadas com os fertilizantes, no geral, a ureia (como evidenciado nos artigos científicos selecionados na busca). As barreiras físicas, no geral, apresentam apenas uma camada de polímeros.

Figura 136 - Roadmap de longo prazo



Fonte: Elaboração própria.



#### 5.2.4 Parcerias

O *roadmap* de parceria tem como objetivo traçar um paralelo entre o comportamento relacionado à autoria encontrada nos documentos de patentes, pedidos de patente e artigos científicos. Tanto patentes como pedidos de patente possuem uma quantidade muito pequena de parceria em ambas as bases de dados pesquisadas (USPTO e ESPACENET).

As empresas, no geral, na literatura patentária, não desenvolvem suas pesquisas com outras instituições, o que não é difícil de entender, uma vez que esse tipo de documento gera exclusividade da invenção, podendo, desta forma, gerar lucros almejados para estas. Nas patentes também foi possível notar parceria na titularidade entre pessoas físicas, ou seja, inventores que se uniram e protegeram sua invenção, sendo esse tipo de parceria mais rara. No geral, são mais comuns parcerias entre empresas, universidades e empresas, universidades e institutos, etc.

Já na literatura científica, a quantidade de documentos encontrados possuindo parcerias é bem relevante, como ilustrado no *roadmap* de parceria na seção de longo prazo. O compartilhamento de informações nessa modalidade é mais comum do que o encontrado em patentes e pedidos de patente, principalmente, entre universidade e institutos. No entanto, também é possível identificar parcerias entre empresas, universidades e institutos de diversas nacionalidades, pois um dos pontos interessantes nas parcerias encontradas na literatura científica é que estas ocorrem não somente a nível nacional, mas atravessam continentes.

Também é possível captar através da Figura 137 uma aglomeração de instituições unidas em um mesmo artigo, ou seja, mais de dois tipos de instituições trabalhando em conjunto em um único projeto, assim, constituindo uma rede mais extensa de troca de informações. Essa rede de conhecimento tecnológico pode transformar pequenas ideias em grandes invenções devido a esse intercâmbio de *know-how* entre pesquisadores com diferentes graus de experiências.

Por fim, cabe ressaltar que as características relacionadas às taxonomias são as mesmas apontadas acima nas discussões relacionadas aos *roadmaps* para curto, médio e longo prazos.



### 5.3 Considerações finais

A partir da análise do *roadmap* para fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada foi possível captar a dinâmica entre mercado, produto e tecnologia em um espaço temporal de curto, médio e longo prazos. O *roadmap* projetou os temas comuns e os avanços tecnológicos de diferentes instituições encontrados na área de fertilizantes de eficiência aprimorada. O mapa tecnológico possibilitou delimitar as atividades e estratégias de negócios das instituições com relação à inovação através dos parâmetros-chave ilustrados nos *roadmaps* acima. Portanto, o desenvolvimento desse estudo colabora não só para os *players* nacionais já atuantes no mercado, mas possibilita a entrada de novas linhas de pesquisa neste ramo devido ao conhecimento técnico e científico gerado através dos mapas tecnológicos.

As Figuras 138, 139 e 140 ilustram uma síntese dos parâmetros que mais se destacaram nessa pesquisa, sendo essa análise extraída dos *roadmaps* acima ilustrados.

Figura 138– Análise de Mercado

Seções	Parâmetros-chave	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
M E R C A D O	NUE (EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTE)	USPTO (56)/ESPACENET (69)	USPTO (21)/ESPACENET (36)	SCOPUS (61)
	MENOS AGRESSIVO AO MEIO AMBIENTE	USPTO (32)/ESPACENET (64)	USPTO (18)/ESPACENET (36)	SCOPUS (61)
	CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA	USPTO (22)/ESPACENET (11)	USPTO (14)/ESPACENET (18)	SCOPUS (51)
	CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA			SCOPUS (49)
	CAPACIDADE DE DILATAÇÃO			SCOPUS (21)
	CAPACIDADE DE DEGRADAÇÃO			SCOPUS (37)
	PROPRIEDADES MECÂNICAS E/OU ELÁSTICAS MELHORADAS			SCOPUS (49)
	BOA QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO E NO TRANSPORTE			
	REDUÇÃO DE CUSTO	USPTO (27)/ESPACENET (63)	USPTO (20)/ESPACENET (33)	SCOPUS (50)
	FÁCIL MANEJO	USPTO (24)		

Fonte: Elaboração própria.

Figura 139 – Análise de Produto

Seções	Parâmetros-chave		Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
P R O D U T O	POLÍMEROS E/OU RESINAS	BIOPOLÍMEROS	USPTO (2)	ESPACENET (4)	SCOPUS (18)
		SINTÉTICOS	USPTO (24) /ESPACENET (34)	USPTO (5)/ESPACENET (4)	SCOPUS (8)
		MISTURA DE POLÍMEROS E OUTROS			SCOPUS (20)
		MISTURA DE POLÍMEROS, BIOMASSA E OUTROS			
		BIOMASSA	USPTO (9)/ESPACENET (4)	USPTO (12)/ESPACENET (12)	
		MISTURA DE BIOMASSA E OUTROS			
		ENXOFRE			
		MISTURA DE POLÍMERO E ENXOFRE	USPTO (6)/ESPACENET (22)		
		MISTURA DE ENXOFRE E OUTROS			
	OUTROS	ARGILAS	USPTO (10)/ESPACENET (7)	ESPACENET (13)	SCOPUS (10)
		SÍLICA			
		ZEÓLITAS			
		MATERIAIS VARIADOS			
	POLÍMEROS E/OU RESINAS	ÚNICO	USPTO (25)	ESPACENET (8)	SCOPUS (31)
COMBINAÇÃO		ESPACENET (48)	USPTO (3)		
BIOMASSA	ÚNICA			SCOPUS (7)	
	COMBINAÇÃO	USPTO (8)	USPTO (11) ESPACENET (7)		

Fonte: Elaboração própria.

Figura 140 – Análise de Tecnologia

Seções	Parâmetros-chave		Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
T E C N O L O G I A	BARREIRA FÍSICA	1 CAMADA	USPTO (32)	USPTO (3) ESPACENET (14)	SCOPUS (18)
		2 CAMADAS			
		MÚLTIPLAS CAMADAS	ESPACENET (40)		
	MATRIZ	IMPREGNAÇÃO		USPTO (12)	
		MISTURA/COMBINAÇÃO	ESPACENET (4)	ESPACENET (11)	SCOPUS (8)
	MATRIZ POLIMÉRICA	IMPREGNAÇÃO			
		MISTURA/COMBINAÇÃO			SCOPUS (24)

Fonte: Elaboração própria.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver estudo de prospecção tecnológica sobre fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta através da ferramenta de tomada de decisão *technology roadmapping* (TRM) de modo a compreender o estado da técnica/arte do referido setor de fertilizantes ao longo do tempo a fim de identificar oportunidades de investimento em P&D. Este objetivo foi alcançado através do levantamento e posterior análise dos documentos de patentes, pedidos de patente e artigos científicos assim como elaboração e análise dos *roadmaps* de curto, médio e longo prazos assim como o *roadmap* de parceria englobando os documentos obtidos através de patentes, pedidos de patente e artigos científicos, cujos titulares trabalharam em parceria para obtenção da invenção. Portanto, a construção do *technology roadmap* permitiu avaliar as tendências ao longo de um tempo definido (2008-2018) demonstrando, assim, a dinâmica do setor.

Os *roadmaps* gerados são uma visão ampla do mercado, produto e tecnologia na área de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação lenta ou controlada, sendo este uma ferramenta aplicável a tomada de decisão e ao embasamento de planejamento estratégico para linhas de pesquisa uma vez que a construção do *technology roadmap*, a partir do mapeamento do estado da técnica/arte, possibilita a identificação dos principais avanços tecnológicos do mercado de fertilizantes nitrogenados suportados de liberação controlada ou lenta ao longo do tempo.

Ao buscar a tendência do mercado no segmento de fertilizantes de liberação lenta ou controlada para subsidiar a implantação de um laboratório para desenvolvimento de fertilizante, o presente estudo focou no entendimento da dinâmica do setor através da ferramenta TRM. Através dessa ferramenta foi possível identificar as matérias-primas usadas e a tecnologia envolvida como suporte para fertilizantes de liberação lenta ou controlada a fim de identificar as tendências ao longo de um tempo definido (2008-2018). Em outras palavras, a ferramenta possibilita entender a dinâmica do setor a fim de auxiliar na elaboração de objetivos e estratégias para novas linhas de pesquisas ou na busca por parcerias com *players* atuantes nesse setor.

Neste sentido, seguem abaixo algumas considerações relacionadas ao presente estudo a fim de auxiliar na tomada de decisão de novas linhas de pesquisa voltadas para fertilizantes de liberação lenta ou controlada:

→ Os *roadmaps*, principalmente, de médio e longo prazos, exibiram uma tendência para fertilizantes de liberação lenta ou controlada utilizando, principalmente, materiais como argilas, sílica, zeólita, biomassa, biopolímeros ou combinações destes.

→ Com relação à barreira física, a leitura dos documentos aponta para o entendimento de que múltiplas camadas formam fertilizantes com liberação lenta ou controlada mais eficiente, conforme discutido ao longo do capítulo 4. Nas matrizes, a mistura dos suportes com os fertilizantes são mais comuns do que a impregnação dos fertilizantes nos suportes.

→ A taxonomia de mercado, discutida nos capítulos 4 e 5, apontam para o interesse por produtos menos agressivos ao meio ambiente assim como por produtos com valores reduzidos. Esses dois aspectos, além da eficiência de utilização de nutriente (NUE), são os aspectos mais comentados nos documentos tanto da literatura patentária como na literatura científica.

→ Na seleção dos documentos da presente dissertação (fase pós-prospecção, como relatado no capítulo de metodologia), foram descartados documentos, cujo objeto tratava exclusivamente de fertilizantes fosfatados ou potássicos. No entanto, cabe mencionar que os documentos contendo uma combinação de nutrientes, como K e P, com nitrogênio foram englobados na pesquisa. O foco dessa pesquisa foram os fertilizantes nitrogenados, conforme ressaltado na capítulo de fertilizantes e prospecção tecnológica através das consições de contorno. Alguns documentos descartados enfatizavam a importância desses fertilizantes em alguns plantios, por exemplo, o potássio desempenha um importante papel na plantação da soja, sendo esta um dos principais produtos brasileiros de exportação (Vitti e Trevisan, 2000). Portanto, ao considerar o presente estudo, o *player* interessado deve levar em consideração que este está voltado para fertilizantes nitrogenados.

→ A presente pesquisa também descartou fertilizantes que utilizavam biomassa animal como matéria-prima, no entanto, esta é extremamente utilizada pelas empresas e universidades chinesas em curto e médio prazos, como relatado anteriormente no capítulo 4.

→ Embora tenham sido descartados nessa pesquisa, os fertilizantes utilizando inibidores e moléculas orgânicas complexas de baixa solubilidade para liberação lenta ou controlada possuem elevada quantidade de patentes e pedidos de patente não considerada aqui.

Tendo em vista o acima mencionado, recomenda-se investigação mais aprofundada nas linhas de pesquisa voltadas aos materiais ecologicamente corretos, como biopolímeros, argilas, sílicas e biomassas. A zeólita é uma matéria-prima com valor elevado, por isso, recomenda-se a utilização de biomassa ao invés desta. Como possível sugestão de novos trabalhos, um *roadmap* tecnológico voltado aos “Resíduos de Biomassa Vegetal” ou voltado à “Produção de Biopolímeros” poderia ser um excelente complemento ao presente estudo, considerando que essas matérias-primas constituem o foco dos estudos encontrados nos artigos científicos.

Após a escolha por uma ou mais dessas matérias-primas, uma análise mais criteriosa deverá ser feita para decidir os demais parâmetros a serem considerados, por exemplo, (i) tipo de suporte (barreira física ou matriz); (ii) utilização de apenas uma matéria-prima ou combinações desta, (iii) quantidade de camadas de revestimento (se barreira física) ou mistura ou impregnação da matriz; (iv) utilização de aglutinantes ou óleos (tanto na barreira física como na matriz), etc. É importante lembrar que os documentos relatam uma busca por produtos menos agressivo ao meio ambiente assim como menor custo alcançado no produto final.

Com relação às possíveis parcerias, empresas como EMBRAPA, universidades de São Carlos e as universidades localizadas no sul do país identificadas na pesquisa de longo prazo podem ser um bom ponto de partida para troca de conhecimento e know-how na área de fertilizantes utilizando matérias-primas ecologicamente amigáveis. Da mesma forma, outras opções de parcerias seriam a Universidade Chilena (Universidad De La Frontera) e a Universidade de Buenos Aires, localizadas na América do Sul, e a Universidade da Flórida, na América do Norte, as quais estão desenvolvendo produtos em linhas muito semelhantes. Essa troca de conhecimento é de grande valor para entender a sistemática envolvida (processos, aparelhos, fornecedores, etc.) em um laboratório para desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta ou controlada.

## 6.1 Recomendações

Diante do cenário encontrado na leitura dos roadmaps, recomenda-se projetos relacionados com suportes ecológicos para fertilizantes de liberação lenta ou controlada. Neste sentido, considerando a análise de médio prazo e longo prazo, sugere-se a linha de

suportes ecológicos, cujos produtos são biopolímeros, biomassas, argilas e sílicas. Considerando apenas a análise de longo prazo, projetos relacionados com a mistura de biopolímeros com outros materiais, como sílica e argila, são linhas de pesquisa promissoras.

Diante do exposto acima, especificamente, sugere-se trabalhar com biopolímeros como suporte principal do fertilizante, devido ao seu ótimo desempenho como meio de liberação lenta ou controlada de nutrientes. Nesta linha de pesquisa, sugere-se:

- ✓ Como pesquisa inicial, trabalhar com matrizes poliméricas para ver como os materiais escolhidos irão liberar os nutrientes e se estarão de acordo com os parâmetros-chave da análise de mercado

- ✓ Inicialmente, trabalhar com um único biopolímero, ao invés de uma combinação destes.

- ✓ Se a matriz desenvolvida for um suporte eficiente na proteção do nutriente através da liberação lenta ou controlada deste para o solo, a recomendação seria o desenvolvimento deste produto com suporte do tipo barreira física, tendo em vista que as empresas estão mais interessadas nesse tipo de suporte (análise de curto e médio prazos).

Finalmente, sugere-se, ainda, a busca por parceiros, inicialmente no continente americano, que já trabalham na linha proposta para troca de conhecimento e know-how: Embrapa, Universidades brasileiras, Universidade Chilena, Universidade Argentina e Universidade Americana.



## REFERÊNCIAS

- ABAG (2018). *CNA confirma queda do valor da produção no campo*. <[http://www.abag.com.br/sala\\_imprensa/interna/abag-cna-confirma-queda-do-valor-da-producao-no-campo](http://www.abag.com.br/sala_imprensa/interna/abag-cna-confirma-queda-do-valor-da-producao-no-campo)>. Acesso em 03 jul. 2018.
- ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química (2014). *Anuário da Indústria Química Brasileira 2013*. São Paulo - SP: ABIQUIM. 2014.
- ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Pacto Nacional da Indústria Química*. São Paulo, Junho de 2010. Disponível em:<[www.abiquim.org.br](http://www.abiquim.org.br)>. Acesso em 01 abr. 2017.
- ABMRA - Associação Brasileira de Marketing Rural e Agronegócio. Disponível em <<http://www.abmra.org.br/>>.
- ALBRIGHT, Luiz Antônio (2004). Globalização: feitos e efeitos. *Revista de Estudos Universitários*, Sorocaba, v. 30, n. 2, Jun. de 2004, pp. 85-106. Disponível em <<file:///C:/Users/F1%C3%A1vio/Downloads/2819-Texto%20do%20artigo-5650-1-10-20161116.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2017.
- ALBRIGHT, R. E. (2003). *Road mapping Convergence*. Albright Strategy Group, v. 31, October, 2003.
- \_\_\_\_\_.; e KAPPEL, T. A. (2003). *Roadmapping in the corporation*. Research Technology Management, 46, 3140.
- \_\_\_\_\_. *Roadmapping for Global Platform Products*. Product Development and Management Association Visions Magazine, v. 26, n. 4, 19 – 22, 2002.
- \_\_\_\_\_. *A unifying architecture for roadmaps frames a value scorecard*. Albright Strategy Group. Disponível em <[www.albrightstrategy.com](http://www.albrightstrategy.com)>. Acesso em: 02 jun. 2017.
- \_\_\_\_\_. *et al.* Technology Roadmapping, Research Technology Management, v. 46, n. 2, 26 – 59, 2003.
- ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. *Nanopatenting patterns in relation to product life cycle*. Technological Forecasting & Social Change, v.74, p.16611680, 2007.

AMA - ASSOCIAÇÃO DOS MISTURADORES DE ADUBOS DO BRASIL. Disponível em: <<http://amabrasil.agr.br/web/>>.

AMBERGER, A. (1986): *Potentials of nitrification inhibitors in modern nitrogen fertilizer management*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. Vol. 149(4), 469-484.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (2001). *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2000*. São Paulo: ANDA, 2001.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2001*. São Paulo: ANDA, 2002.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2002*. São Paulo: ANDA, 2003.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2003*. São Paulo: ANDA, 2004.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2004*. São Paulo: ANDA, 2005.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2005*. São Paulo: ANDA, 2006.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2006*. São Paulo: ANDA, 2007.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2007*. São Paulo: ANDA, 2008.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2008*. São Paulo: ANDA, 2009.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2009*. São Paulo: ANDA, 2010.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2010*. São Paulo: ANDA, 2011.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2011*. São Paulo: ANDA, 2012.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2012*. São Paulo: ANDA, 2013.

\_\_\_\_\_. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2013*. São Paulo: ANDA, 2014.

ANDA. Jr., Harold F. Reetz Fertilizantes e seu uso eficiente.

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (2018). *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2017*. São Paulo: ANDA, 2018.

ANDRADE, Adriane Silva de *et al.* *Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho*. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 104-111, Mar. 2012.

ANDRADE, C. A. *et al.* *Ammonia volatilization in soil treated with tannery sludge*. Bioresource Technology, 10: 4690–4696, 2010.

BARBOSA, Denis Borges. *Tratado da Propriedade Intelectual*, Tomo II, 2ª Edição, editora Lumen Juris.

BEETON, D. A. *Exploratory roadmapping for sector foresight*, Ph.D. dissertation, University of Cambridge, Cambridge, CB, 2007.

BENNETT, E. *Slow-release fertilizers*. Virginia Gardener Newsletter, v. 11, n. 4, 1996.

BERGELT, K. *Charting the future: motorola's approach to technology planning*. Report of the 6 th Annual Cambridge Technology Management Symposium, July, pp. 10-11.

BIOTEK INC. Elie S Nuwayser; e William A Nucefora. *Composite core coated microparticles and process of preparing same*. US n. 4,568,559. Feb. 06, 1984. Feb. 04, 1986.

BLAYLOCK, Alan. *Novos fertilizantes nitrogenados O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada*. Resumos apresentados em workshop intitulado: A indústria de fertilizantes nitrogenados e o futuro, INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, Nº 120 –IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil, DEZEMBRO/2007.

BNDES (2018) - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home>>.

BORSARI, Franco. (2013). Fertilizantes inteligentes. As novas tecnologias permitem o consumo dos nutrientes pelas plantas de forma gradativa, lenta e controlada. *Agro DBO*, Setor de tecnologia, Jun. 2013.

BORSCHIVER Suzana; DA SILVA, Andrezza Lemos Rangel. *Technology Roadmap, planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia*, 1ª ed. Rio de Janeiro: ed. Interciência. 120 p.

BREGA, João Carlos. *Análises & Tendências*, Inovação, 3ª ed, Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC) . mar. 2018. 33p.

BRONDANI, Gilvano Ebling et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angicobranco. *Scientia Agraria*, v. 9, n. 2, 2008, pp. 167-176.

BROWN, M. G.; SVENSON, R. A. Measuring R&D productivity. *Research Technology Management*, v.31, n.4, p.11-15, Jul./ Aug. 1988.

CALMANOVICI, Carlos Eduardo. A inovação, a competitividade e a projeção mundial das empresas brasileiras. *Revista USP*, n. 89, São Paulo, Mar/Maio 2011.

CANTARELLA, H. A. et al. Evaluation of the effect of the urease inhibitor NBPT on the efficiency of urea fertilizer under Brazilian soil conditions. *Technical Report*, Campinas, v. 12, n. 1, p. 1-32, 2002.

CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. *Scientia Agricola*, v. 65, p. 397-401, Jul./Ago, 2008.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R (Ed.). *Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes*. V. 2. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. p. 15-65.

CARVALHO, N. L. D.; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 6, p. 960-974, 2012.

CASTRO, Maria Cristina Drumond; GUEDES, Cezar Augusto Miranda. *Inovações implementadas pela EMBRAPA para a promoção do desenvolvimento sustentável do agronegócio e do novo ambiente rural*, VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável, Niterói, RJ, Brasil, 5, 6 e 7 de agosto de 2010.

CEPEA (2016) – ÍNDICES DE EXPORTAÇÃO DO AGRONEGÓCIO. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indices-de-exportacao-do-agronegocio.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CEPEA (2017)– ÍNDICES DE EXPORTAÇÃO DO AGRONEGÓCIO. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indices-de-exportacao-do-agronegocio.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CEPEA (2018) – ÍNDICES DE EXPORTAÇÃO DO AGRONEGÓCIO, 3º Trimestre. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indices-de-exportacao-do-agronegocio.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CIVARDI, E. A. *et al.* Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 5259, jan./mar. 2011.

CNA. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/agropecuaria-supera-obstaculos-e-segue-liderando-economia-brasileira-em-2016>>. Acessado em 06 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. Impulsionado pelo setor agrícola, agronegócio inicia 2016 em expansão. *Boletim PIB*. Abril de 2016.

\_\_\_\_\_. PIB e Performance do Agronegócio - Balanço 2016/Perspectivas 2017. Disponível em: <<https://data.gessulli.com.br/file/2016/12/08/H104033-F00000-M637.pdf>>. Acesso em 27 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. *Relatório PIB do agronegócio cresce 4,48% em 2016*. Boletim PIB. Março de 2017. Disponível em: <[https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/25-boletimpib\\_0.88551100%201514916993.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/25-boletimpib_0.88551100%201514916993.pdf)>. Acesso em 03 mar. 2018

\_\_\_\_\_. *Valor Bruto da Produção agropecuária em 2017 é 5,6% superior a 2016*. Boletim VBP. Janeiro de 2017, edição 21.

\_\_\_\_\_. *Agro: Uma proposta para o futuro*. Documento Anexo: *O futuro é Agro (2018-2030)*. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/agro-uma-proposta-para-o-futuro>>. Acesso em 02 set. 2018.

\_\_\_\_\_. e CEPEA (2017). *Relatório PIB do Agronegócio – Brasil*. Dezembro/2017. Disponível em

<[https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil\\_D EZEMBRO\\_CNA.pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Brasil_D EZEMBRO_CNA.pdf)>. Acesso em 05 jul. 2018.

COELHO, Gilda Massari et al. Caminhos para o desenvolvimento em prospecção tecnológica: Technology Roadmapping – um olhar sobre formatos e processos. *Parcerias estratégicas*. n. 21, dez. 2005. Disponível em: <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/view/263](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/263)>.

COELHO, José Antonio Farias; BOTELHO JUNIOR, Sergio; TAHIM, Elda Fontinele. Roadmap tecnológico: um estudo preliminar. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)*, v. 11, n. 2, p. 168-177, Jul-Dez/2012.

CONAB (2018) - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - Boletim PIB, março de 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>.

CONTIN, T. L. M. *Ureia tratada com o inibidor da urease NBPT na adubação de cana de açúcar colhida sem despalha a fogo*. 2007. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

COSTA, Milene M. E. et al. Use of Polyhydroxybutyrate and Ethyl Cellulose for Coating of Urea Granules. *J. Agric. Food Chem.* 2013, 61, 9984–9991.

DA COSTA, Letícia Magalhães; SILVA, Martim Francisco de Oliveira e. A indústria química e o setor de fertilizantes. In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012.

DA CRUZ, Sandra Helena (2008). *Bagaço e palha da cana são fontes de celulose para gerar álcool*. Visão agrícola no. 8, jan./jun. 2008. Disponível em <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-materia-prima03.pdf>>. Acesso em 11 jan. 2019.

DALL'AGNOL, Amélio. *A saga da soja no Brasil e no Mundo*. Disponível: <[https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/a-saga-da-soja-no-brasil-e-no-mundo\\_400724.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/a-saga-da-soja-no-brasil-e-no-mundo_400724.html)>. Disponível em: 13 fev. 2018.

DE CARVALHO, Marly Monteiro; FLEURY, Andre Leme.; LOPES, Ana Paula Vilas Boas. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7), 1418-1437, 2013.

DE CARVALHO, Marly Monteiro; FLEURY, Andre Leme; e LOPES, Ana Paula Vilas Boas Viveiros (2012). *Literatura de technology roadmapping (TRM): contribuições e tendências*. XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO *Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção*. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012.

DE MENEZES, Antônio Hélio; e PINHEIRO, José César Vieira (2005). *O potencial do agronegócio para alavancar a economia brasileira*, Revista da política agrícola, Ano XIV – Nº 3 – Jul./Ago./Set. 2005.

DE OLIVEIRA, *et al.* (2013). *Roadmapping – Uma abordagem estratégica para o gerenciamento da inovação em produtos, serviços e tecnologias*. Editora Elsevier Ltda, 2013.

DIAS, V. P.; e FERNANDES, E. (2006). *Fertilizantes: uma visão sintética*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

DUBÉ, L.; e PARÉ, G. *Rigor in IS positivist case research: current practices, trends, and recommendations*. MIS Quartely, v. 27, n. 4, p. 597-635, 2003.

DUQUETTE, D.; e DUMONT, M. J. *Comparative studies of chemical crosslinking reactions and applications of bio-based hydrogel*. Polymer Bulletin, pp. 1-28, 2018.

EIRMA - EUROPEAN INDUSTRIAL RESEARCH MANAGEMENT (1997) *Technology road mapping: delivering business vision*, Working Group Report, n. 52, European Industrial Research Association, Paris.

Embrapa - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>.

EMBRAPA (2018). Evaristo de Miranda. *Potência agrícola e ambiental áreas cultivadas no Brasil e no mundo*. AGROANALYSIS - FEV 2018.

ENTRY, James A.; e SOJKA, R.E.. *Matrix based fertilizers reduce nitrogen and phosphorus leaching in three soils*. Journal of Environmental Management 87 (2008) 364–372.

EPA (2018). *Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution* <<https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects>>. Acesso em 02/12/2018.

ESPAENET, <[https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP)>, acesso em 26/10/2018.

Everris International B.V. Lonneke Jacoba Van Boxtel-Verhoeven; Johannes Gijsbertus Antonius Terlingen; Petra Leonarda Hendrica Lunde-Vannuys. US n. 9,012,363. *Granular controlled release agrochemical compositions and process for the preparation thereof*. Jul., 26, 2013. Apr. 21, 2015.

Faez, R. et al. *Uso da técnica de TDR para monitoramento in situ da liberação controlada no solo de polímeros ferti-liberadores*. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2002). *Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Food & Agriculture Org., 2002, Roma. 77p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=9HtOrqp5josC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=9HtOrqp5josC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em 06 jan. 2017.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2006). ROY, R. N; FINCK, A; BLAIR, G. J; TANDON, H. L. S. *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management*. FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin 16. Rome, 2006.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2014). *Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050, mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>. Acesso em 20 maio 2018.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *World fertilizer trends and outlook to 2018*. Rome, 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2016). *World fertilizer trends and outlook to 2019*. Rome, 2016.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2017A). *World fertilizer trends and outlook to 2020*. Rome, 2017.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2017B). *Regional Overview of Food Security and Nutrition in Africa 2017. The food security and nutrition–conflict nexus: building resilience for food security, nutrition and peace*. Accra. Rome, 2017



FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2017C). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018* / CEPAL, FAO, IICA. – San José, C.R. : IICA, 2017. 268 p.

FAO/SEAD (2017D). *Governança de terras: da teoria à realidade brasileira*, Brasília. 378 p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2018). Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. and Pennock, D. 2018. *Soil Pollution: a hidden reality*. Rome, FAO. 142 pp.

FAOSTAT - Estatística da FAO. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>.

FAOSTAT (2018). Dados estatísticos disponíveis em <<https://www.statista.com/statistics/438967/fertilizer-consumption-globally-by-nutrient/>>.

FELIPE, Maria Sueli Soares. *Desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil: desafios na área de biotecnologia*. Novos estudos – CEBRAP, No.78, São Paulo, Julho 2007.

FERNANDES, E. *et al.* *Principais empresas e grupos brasileiros do setor de fertilizantes*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 203-228, Março. 2009

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. *et al.* *Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching*. *Scientia Horticulturae* 101(1-2): 39-49. May 2004.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. COSTA, Antonio Carlos Prado B.; MACÊDO, Fernando dos Santos; HONCZAR, Gregory; MARQUES, Eduardo Sampaio. *Agronegócio Brasileiro. Características, Desempenho, Produtos e Mercados*. Edição 2008.

FIESP. Outlook Brasil 2022 *Projeções para o Agronegócio*. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, INSTITUTO DE ESTUDOS DO COMÉRCIO E NEGOCIAÇÕES INTERNACIONAIS. São Paulo: FIESP/ICONE, 2012. 132 p.

FISCHER, G. e SHAH, M. (2010). *Farmland Investments and Food Security: Statistical Annex*. Report prepared under a World Bank and International Institute for Applied Systems Analysis contract, Luxembourg.

FRANCO, J. A. M.; e SARAIVA NETO, A. (2007). *Produção de fertilizante nitrogenado e suprimento de matéria prima*. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. *Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira*. Ed. IPNI, Piracicaba, 2007.

FRAZÃO, Joaquim J. *et al.* (2014). *Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.18, n.12, p.1262–1267, 2014.

FURLANETTO, Frederico Dietrich & OLIVEIRA, Mirian (2006). *Fatores estratégicos para implantação de projetos de gestão do conhecimento*. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional. v. 4. n. 4. Set/Dez. 2006.

FURLANETTO, Frederico Dietrich (2013). *Premissas básicas para o desenvolvimento de novos produtos*. Disponível em:  
<<https://www.administradores.com.br/artigos/academico/inovacao/72910/>>. Acesso em 26 fev. 2017.

GAGNON, B.; ZIADI, N.; GRANT, C. (2012). Urea fertilizer forms affect grain corn yield and nitrogen use efficiency. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 92, n. 2, p. 341-351, Feb. 2012.

GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. (1997A). *Fundamentals of technology roadmapping*. Sandia National Laboratories. Disponível em:  
<[www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia'sFundamentalsofTech.pdf](http://www.sandia.gov/PHMCOE/pdf/Sandia'sFundamentalsofTech.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.

GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. (1997B). *Technology roadmapping: the integration of strategic planning for competitiveness*. PICNET Portland International Conference on Management and Technology.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2007.

GIRACCA, E. M. N.; e NUNES, J. L. S. (2016). *Manejo de fertilizantes e corretivos agrícolas*. Set. 2016. Disponível em:  
<<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/Manejo.aspx>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. S. *Nitrogênio*. Set. 2016. Disponível em:  
<[https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nitrogenio\\_361444.html](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nitrogenio_361444.html)>. Acesso em: 09 abr. 2018.

GIROTO, A S. *et al.* (2017). *Role of Slow-Release Nanocomposite Fertilizers on Nitrogen and Phosphate Availability in Soil*. Sci. Rep. 7, 46032; doi: 10.1038/srep46032.

GIROTO, A. S. *et al.* (2014). *Study of a Nanocomposite Starch–Clay for Slow-Release of Herbicides: Evidence of Synergistic Effects between the Biodegradable Matrix and Exfoliated Clay on Herbicide Release Control*. J. Appl. Polym. Sci. 131, 41188.

GROENVELD, P. (1997). *Road mapping integrates business and technology*. Research-Technology Management, p. 7.

GROSSMAN, D. S. (2004). *Putting technology on the road*. Research Technology Management, v.47, n.2, p. 41-46, 2004.

GUERREIRO FILHO, O. *et al.* (2014). *Café Arábica*. In: AGUIAR, A. T. E. *et al.* (Ed.). *Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas: boletim 200*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. p. 90-104.

GUTIERREZ, Marcelle; e POLITO, Rodrigo. (2018). *Petrobras decide parar produção de fertilizantes em Bahia e Sergipe*. VALOR ECONÔMICO. Publicado em 20/03/2018.

HADI, A.; JUMADI, O.; INUBUSHI, K.; YAGI, K. (2008). *Mitigation options for N<sub>2</sub>O emission from a corn field in Kalimantan, Indonesia*. Soil Science and Plant Nutrition, Tokyo, v. 54, n. 4, p. 644-649, Agosto de 2008.

HALVORSON, A. D.; DEL GROSSO, S. J.; ALLUVIONE, F. (2010). *Tillage and inorganic nitrogen source effects on nitrous oxide emissions from irrigated cropping systems*. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 74, n. 2, p. 436-445, Março de 2010.

HAWKESFORD, M. *et al.* (2012). *Functions of macronutrients*. In: MARSCHNER, P. (Ed.). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd edition. San Diego. Elsevier, 2012. P. 135-190

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018). <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23251-pib-cresce-0-8-e-chega-a-r-1-716-trilhao-no-3-tri-de-2018>>. Acesso em 17/12/2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa de Inovação PINTEC 2011: Instruções para o preenchimento do questionário*. Rio de Janeiro: 2012. Disponível em:

<<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/InstrucoesPINTEC2011.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2017.

ICTQ - INSTITUTO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E QUALIDADE. *Legislação de propriedade industrial adequada estimula a inovação*, publicado em 23 de novembro de 2015. Disponível em: <<https://www.ictq.com.br/industria-farmaceutica/271-legislacao-de-propriedade-industrial-adequada-estimula-a-inovacao>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2014). HEFFER, P.; e PRUD'HOMME, M. *Fertilizer Outlook 2014–2018*. Presented at the 82nd IFA Annual Conference, Sydney (Australia), 26–28 May 2014.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2002): *Summary Report – Global Agricultural Situation and Fertilizer Demand in 2000/01 and 2001/02*, 11p.

INDUSTRIAL MINERAL AND ROCKS (2002).

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2013). *Nutrients for crops and humans*. Paris: IFA, 2013. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/aboutfertilizers?>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

IFA- INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2014). TERLINGEN, J. G. A.; HOJJATIE, M.; e CARNEY, F. - International Fertilizer Association. *Review of analytical methods for slow-and controlled release fertilizers*.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2015A). *Global Fertilizer Trade Map*. Aplicativo interativo, *fluxo de exportação de fertilizantes nitrogenados*. USA: ICIS, 2015. Disponível em: <<http://www.icis.com/resources/fertilizers/trade-flow-map-2014/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2015B). IFADATA Results. Paris: IFA, 2015. Disponível em: <<http://ifadata.fertilizer.org/ucResult.aspx?temp=20160805112523>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2017A). HEBEBRAND, Charlotte. *The Development of the Fertilizer Industry in the last 50 Years*. Apresentação no 7º Congresso Brasileiro de Fertilizantes, São Paulo. 29 ago. 2017.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2017B). IFADATA. France: International Fertilizer Association, 2017. Disponível em: <<http://ifadata.fertilizer.org/ucResult.aspx?temp=20170218023916>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2017C). Short-Term Fertilizer Outlook 2017 – 2018. *Production & International Trade and Agriculture Services International Fertilizer Association* (IFA). IFA Strategic Forum. 14-15 November 2017, Zürich (Switzerland).

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (2018). *What are fertilizers?* Disponível em:  
<[https://www.fertilizer.org/Public/About\\_fertilizers/About\\_Plant\\_Nutrition/Public/About\\_Fertilizers/About\\_Plant\\_Nutrition.aspx?hkey=283755db-a129-4175-8afe-e0f51b8b934e](https://www.fertilizer.org/Public/About_fertilizers/About_Plant_Nutrition/Public/About_Fertilizers/About_Plant_Nutrition.aspx?hkey=283755db-a129-4175-8afe-e0f51b8b934e)>.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION e UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. (2000). *Mineral Fertilizer Use and the Environment* by ISHERWOOD, K. F. International Fertilizer Industry Association Revised Edition. Paris, February 2000.

INÁCIO, Stella Rocha Fernandes (2013). *Produção e comercialização de insumos para produção de Fertilizantes: Um Panorama Mundial e os Paradigmas do Brasil*. ESALQ-LOG. 2013.

INPI (2018)- Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Disponível em <[www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)>. Acesso em 20 jan. 2018.

INPI (2017). *Indicadores de Propriedade Industrial 2017. O uso do sistema de propriedade industrial no Brasil*. Rio de Janeiro. Outubro de 2017. Disponível em  
<[http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/arquivos/indicadores\\_pi/indicadores-de-propriedade-industrial-2017\\_versao\\_portal.pdf](http://www.inpi.gov.br/sobre/estatisticas/arquivos/indicadores_pi/indicadores-de-propriedade-industrial-2017_versao_portal.pdf)>. Acesso em 24 out. 2018.

INPI (2018). Classificação Internacional de Patentes (IPC). Disponível em:  
<<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/classificacao-de-patentes>>.

Institute for Industrial Productivity (2018). Disponível em:  
<<http://ietd.iipnetwork.org/content/ammonia>>. Acesso em 02 mar. 2018.

International Spike, Inc. Laban P Jackson, Jr., Disintegratable fertilizer tablet. US n. 4,055,974. March 05, 1976. November 01, 1977.

�PEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (2017). VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; e FISHLOW, Albert. *Agricultura e indústria no Brasil inovação e competitividade*. Brasília: 2017. 305 p.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. BOARETTO, Antonio Enedi; MURAOKA, Takashi; e TRIVELIN Paulo Cesar O. (2007). *Uso eficiente de nitrogênio em fertilizantes convencionais*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. CANTARELLA, Heitor. (2007). *Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados. Uso eficiente de nitrogênio em novos fertilizantes no Brasil*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. FACRE, Wilmar Rocha (PETROBRAS). (2007). *Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. HEFFER, Patrick (IFA). (2007). *Iniciativas voluntárias da indústria para desenvolver e disseminar as melhores práticas de manejo de fertilizantes (FBMPs)*. Informações Agronômicas. No. 120. Dezembro de 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. LAMMEL, Joachim; e BRENTRUP, Frank. (2007). *Avaliação ambiental das práticas de manejo dos fertilizantes nitrogenados*. Informações Agronômicas. No. 120. Dezembro de 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. LOPES, Alfredo Scheid; BASTOS, Ana Rosa Ribeiro; e DAHER, Eduardo. (2007). *Fertilizantes Nitrogenados no Brasil: Um problema de escassez*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. MARTHA JUNIOR, Geraldo Bueno; e VILELA, Lourival. (2007). *Sistemas Lavoura-Pecuária para otimização de uso de nitrogênio*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. PROCHNOW, Luís Ignácio; E ABDALLA, Silvia Regina Stipp (2007). *A Indústria de fertilizantes nitrogenados e o futuro*. Informações Agronômicas. No. 120. Dez. 2007.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – Brasil. PROCHNOW, Luís Ignácio; e E ABDALLA, Silvia Regina Stipp (2008). *Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada*. No. 124. Dez. 2008.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, 2014. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>.

- ISHERWOOD, K. F. (2000): *O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente*. FA/UNEP/ANDA, 60p. Disponível em: <<http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/OUsoDeFertilizantesMinerais.pdf>>. Acesso em 08 out. 16.
- JAROSIEWICZ, A.; e TOMASZEWSKA, M. (2003). *Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes*, J Agr Food Chem, 51 (2003) 413-417.
- JAROSIEWICZ, A.; e TOMASZEWSKA, M. (2002). *Use of polysulfone in controlled-release npk fertilizer formulations*, J Agr Food Chem, 50 (2002) 4634-4639.
- KAPPEL, Thomas A. (2001). *Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future*. The Journal of Product Innovation Management, v. 18 n. 1, 39-50.
- KOSTOFF, R. N.; e SCHALLER, R. R. (2001). *Science and Technology Roadmaps*. IEEE Transactions on Engineering Management, 48(2), 132-143.
- KULAIIF, Yara; e FERNANDES, Francisco Rego Chaves (2010). *Panorama dos agrominerais no Brasil: atualidade e perspectivas*. Agrominerais para o Brasil – CETEM. Kyowa Hakko Kogyo, Co. LTD Murayama Toshikazu; Hayakawa Satoru; Takesue Shuji e Yokomori Yorozu. US n. 4,851,027. Gradually effective, coated fertilizer. February 19, 1998. July 25, 1989.
- LABBÉ *et al.* (2014). *Nutrient release from switchgrass-derived biochar pellets embedded with fertilizers*. Geoderma 232–234 (2014) 341–351.
- LAIRD *et al.* (2010). *Pyrolysis and Biochar-Opportunities for Distributed Production and Soil Quality Enhancement*. Chapter 16: *Pyrolysis and Biochar — Opportunities for Distributed Production and Soil Quality Enhancement*.
- LAIRD, D. A. (2008). *The charcoal vision: A win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality*. Agron. J. 100:178-181.
- LAIRD, D. A. *et al.* (2010a). *Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil*. Geoderma 158: 436-442.
- LAIRD, D. A. *et al.* (2010b). *Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil*. Geoderma 158: 443-449.

LAIRD, D. A.; BROWN, R. C.; AMONETTE, J. E., e LEHMANN, J. (2009). *Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar*. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 3:547-562.

LAPIDO LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; e FIGUEIREDO NETO, J. (eds), (2009). *Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade*, 1ªed., Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009.

LARA CABEZAS, W.A.R. *et al.* Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:481-487, 1997a.

LARA CABEZAS, W.A.R. *et al.* Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:489- 496, 1997b.

LEE, Jung Hoon; PHAAL, Robert; e LEE, Sang-Ho. *An integrated service-device-technology roadmap for smart city development*, *Technological Forecasting & Social Change*, 80 (2013) 286-306.

\_\_\_\_\_. *et al.* (2009). *Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping*. *Technological Forecasting & Social Change*, 76, 2009, 769-786.

\_\_\_\_\_. *et al.* *Technology roadmapping for technology-based product-service integration: A case study*. *J. Eng. Technol. Manage.* 28 (2011) 128–146.

\_\_\_\_\_.; e PARK, Yongtae. *Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules*. *Technological Forecasting & Social Change*, v.72, p.567-583, 2005.

\_\_\_\_\_.; YOON, Byungun; LEE, Chanyoung; e PARK, Jinwoo. *Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping*, *Technological Forecasting & Social Change* 76 (2009) 769-786.

LEHMANN, Johannes (2007). *Bio-energy in the black*. *Frontiers Ecol. Environ.*, 5:381-387.

\_\_\_\_\_. *et al.* (2003). *Nutrient availability and leaching in an archaeological. Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments*. *Plant Soil*, 249: 343-357.



LEHMANN, Johannes *et al.* (2011) *Biochar effects on soil biote – A review*. Soil Biology & Biochemistry 43 1812-1836.

\_\_\_\_\_; e JOSEPH, Stephen. (2009) *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan, London.

\_\_\_\_\_; GAUNT, John; e RONDON, Marco (2006). *Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review*. Mit. Adap. Strat. Global Change. 11: 403-427.  
Lei 10.925. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.925.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.925.htm)>. A acesso em 10/12/2016.

LEI 9.279. *Regula direitos e obrigações relacionados à propriedade industrial*. 14 de Maio de 1996.

LETABA, Petrus; PRETORIUS, Marthinus W.; e PRETORIUS, Leon (2015). *TECHNOLOGY ROADMAPPING and roadmaps in a context of developing countries: a conceptual framework*. International Association for Management of Technology. IAMOT 2015 Conference Proceedings.

LIZASO, Fernando; e REGER, Guido (2004). *Scenario-based Roadmapping – A Conceptual View*, EU-US SEMINAR: NEW TECHNOLOGY FORESIGHT, FORECASTING & ASSESSMENT METHODS-Seville 13-14 May 2004.

LIZASO, Fernando; e REGER, Guido. (2004). *Paper 4: Scenario-based Roadmapping - A Conceptual View*. EU-US SEMINAR: NEW TECHNOLOGY FORESIGHT, FORECASTING & ASSESSMENT METHODS-Seville 13-14 May 2004.

LOUREIRO, Aline Marta Vasconcelos (2010). *O emprego do método technology roadmapping em adesivos e selantes aplicados à construção civil*, Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

LOUREIRO, Aline Marta Vasconcelos; BORSCHIVER, Suzana; e COUTINHO, Paulo Luiz de Andrade (2010). *The Technology Roadmapping Method and its Usage in Chemistry*, Journal of Technology Management & Innovation, 2010, Volume 5, Issue 3.

MAA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2017). *Projeções do Agronegócio. Brasil 2016/17 a 2026/27. Projeções de Longo Prazo*. 8ª edição, agosto de 2017. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica->

agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>, acesso em 15 out. 2017.

MAA (2017). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, *Agenda 21 Global*, disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>>. Acesso em 10 abr. 2017.

MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida. (2003). *Compactação do Solo e Crescimento de Plantas. Como Identificar, Evitar e Remediar*. Embrapa Solos, 2003. 18p. - (Embrapa Solos. Documentos; nº 56) ISSN 1517-2627. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11604/1/doc56\\_2003\\_compactacao\\_solo.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11604/1/doc56_2003_compactacao_solo.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2017.

MALAVOLTA, E. (2006). *Manual de nutrição de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 683 p.

MALVEZZI, Felipe de Almeida; ZAMBALDE, Andre Luiz; e DE REZENDE, Daniel Carvalho (2014). Marketing de patentes à inovação: um estudo multicaso em universidades brasileiras. *Remark – Revista Brasileira de Marketing*. v. 13, N. 5. jul/set. 2014.

MANO E. B; e MENDES, L. C. (1999). *Polímeros*. 2 a edição revista e ampliada. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo.

MANO, E. B. (2000). *Polímeros como materiais de engenharia*: São Paulo, Editora Edgard Blucher, Ltda.

MANTOVANI, Analu; ERNANI, Paulo Roberto; e SANGOI, Luis. (2007). *A adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo*. *Rev. Bras. Ciência Solo*, vol.31 No. 5. Viçosa. Set./Out. 2007.

MANUAL de Oslo (1997): Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação. FINEP e OECD. 3. ed. Disponível em: <<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>.

MASULLO, L. S. *et al.* Uso de Blendas Contendo Diferentes Proporções de Palha e Bagaço de Cana-de-Açúcar para Produção de Briquete. *Rev. Virtual Quim.*, 10 (3), 641-654, 15 de maio de 2018).

MATTOS NETO, P. *Planejamento de novos produtos por intermédio do Método Technology Roadmapping (TRM) em uma pequena empresa de base tecnológica do setor de internet*

*móvel*. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2005.

MBAgro (2007). *Oferta e demanda de fertilizantes no Brasil: uma avaliação da dependência externa da agricultura brasileira*. Disponível em: <[http://www.abmra.org.br/marketing/insumos/fertilizantes/oferta\\_demanda\\_fertilizantes\\_mbaagro.pdf](http://www.abmra.org.br/marketing/insumos/fertilizantes/oferta_demanda_fertilizantes_mbaagro.pdf)>. Acesso em 25 fev. 2017.

MCTIC (2018) – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações Patentes. INPI - Escritório Brasileiro. Disponível em: <<http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/Patentes/INPI/6.1.5.html>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

MEESSEN, J. H. (2011). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 8th ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA. (2017). *Projeções do Agronegócio*. Brasil 2016/17 a 2026/27. Projeções de Longo Prazo. 8ª edição. 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acessado em 04 maio 2017.

MME (2017)- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Indústria Mineral Brasileira: o Agronegócio e os Fertilizantes*. CRUZ, Vicente Humberto Lôbo. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/audiencias-publicas/2017/debater-exploracao-de-jazidas-de-fosforo-e-potassio-no-brasil/1.%20Vicente%20Humberto%20Lobo.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2018.

MMA (2017)- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acessado em: 04 maio 2017.

MUKERABIGWI, Jean Felix *et al.* *Urea fertilizer coated with biodegradable polymers and diatomite for slow release and water retention*. J. Coat. Technol. Res., 12 (6) 1085–1094, 2015.

MULLER, G. (2005) *Roadmapping*. Embedded Systems Institute, jul. 2005. Disponível em: <[www.gaudisite.nl](http://www.gaudisite.nl)>. Acesso em: 03 abr. 2017.

MUNIZ, Suely. *Investimento Recente, Capacitação Tecnológica e Competitividade*, São Paulo: Em Perspectiva, v. 14, n.3, São Paulo, jul./set., 2000.

NASH, P. R.; NELSON, K. A.; e MOTOVALLI, P. P. (2013). *Corn yield response to polymer and non-coated urea placement and timings*. International Journal of Plant Production, Gorgan, v. 7, n. 3, p. 373-392, Abr. 2013.

NI, Boli; et al. Multifunctional Slow-Release Organic-Inorganic Compound Fertilizer. *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58, 12373–12378.

NI, Boli *et al.* (2010). *Novel Slow-Release Multielement Compound Fertilizer with Hydroscopicity and Moisture Preservation*. Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49, 4546–4552.

NIU, Yongsheng; e LI, Hongchun (2012). *Controlled Release of Urea Encapsulated by Starch-g-poly(vinyl acetate)*. Ind. Eng. Chem. Res. 2012, 51, 12173–12177.

OECD/FAO - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2010). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019*, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2010-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2010-en)>. Acesso em: 05 fev. 2018.

OECD/FAO - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2015). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024*, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en)>. Acesso em: 05 fev. 2018.

OECD/FAO - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2016). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2016-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en)>. Acesso em: 05 fev. 2018.

OECD/FAO - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2017). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026*, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en)>. Acesso em: 05 fev. 2018.

OMPI -Organização Mundial da Propriedade Intelectual/WIPO - World Intellectual Property Organization, (2017). Disponível em: <[http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/infographic\\_pct\\_2017.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/infographic_pct_2017.pdf)>.

PARK, Murray, (2001). *The Fertilizer Industry*. Woodhead Publishing. 1ª edição. 232 p.  
Pan, Baobao *et al.* (2016). *Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 232 (2016), 283-289.

PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro; GUIMARÃES JÚNIOR, Roberto; e TOMICH, Thierry Ribeiro (2008). *Utilização da ureia na alimentação de ruminantes no semiárido*, artigo em anais de congresso/nota técnica, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. Biotecnologia e sustentabilidade: anais. Lavras: UFLA: SBZ, 2008.

PETRICK, I. J.; ECHOLS, A. E. *Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions*. Technological Forecasting & Social Change, v.71, p.81-100, 2004.

PETROBRAS (2018) - PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. Disponível em:  
<<http://www.petrobras.com.br/pt/>>.

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. Disponível em:  
<<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/nitrogenados/>>. Acesso em 12 fev. 2018.

PHAAL, R. (2008). *Public domain roadmaps*. University of Cambridge, 2008. Disponível em: <[http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm/documents/published\\_roadmaps.pdf](http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm/documents/published_roadmaps.pdf)>. Acesso em: 07 maio 2017.

PHAAL, R. *Public domain roadmaps*. University of Cambridge, 2011. Disponível em: <[http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm/documents/public\\_domain\\_roadmaps.pdf](http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ctm/trm/documents/public_domain_roadmaps.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2017.

PHAAL, R., FARRUKH, C.; PROBERT, D. R., (2013), *Fast-start roadmapping workshop approaches*. Technology Roadmapping for Strategy and Innovation, 91-106.

PHAAL, R.; e YOSHIDA, S., (2014). *Architecting strategy: visual form and function of roadmaps*. Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET); Kanazawa, 27-31 july.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.; e PROBERT, D. R. (2001) *T-Plan: The fast start to technology roadmapping – Planning your route to success*. Cambridge University, Institute of Manufacturing, UK, October 2001.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.; e PROBERT, D. R. (2001). *Characterization of technology roadmaps: purpose and format*, Proceedings of the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, (jul-ago), pp. 367-374.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.; e PROBERT, D. R. (2004). *Customizing roadmapping*. Research-Technology Management, 47(2), 26-37.

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J.; PROBERT, D. R. (2004). *Technology roadmapping - a planning framework for evolution and revolution*. Technological Forecasting and Social Change, 71(2004), 5-26.

PHAAL, Robert; MULLER, Gerrit. *An architectural framework for roadmapping: Towards visual strategy*, Technological Forecasting & Social Change 76 (2009) 39-49.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; HAYASHI, M. C. P. I. (2008). *Bases de dados e bibliometria: A presença da Educação Especial na base Medline*. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação, Nova Série, São Paulo, v.4, n.1, p.68-85, jan./jun. 2008.

POLOWSKI, N. V. *Modelagem e otimização de digestores kraft descontínuos utilizando redes neurais e modelo híbrido-integração de processos em tempo real*. Tese de Doutorado.

UNICAMP, Faculdade de Engenharia Química, Área de Concentração Desenvolvimento de processos Químicos. Campinas, 2009.

PROBERT, D.; e RADNOR, M. (2003). *Frontier experiences from industry-academia consortia*. Research Technology Management, 46(2), 27-30.

REHMAN, Hafiz Abdur; e RAZZAQ, Rohma (2017). *Benefits of Biochar on the Agriculture and Environment - A Review*. J Environ Anal Chem, 4:207.

RICHEY, J. M.; e GRINNELL, M. *Evolution of roadmapping at Motorola*. Research Technology Management, v. 47, n. 2, p. 37-41, 2004.

RODRIGUES, Rafael Branco *et al.* (2015). Opção de troca de produto na indústria de fertilizantes. *Revista de Administração*. v. 50, 2ª Edição, Abril-Junho 2015, Páginas 129-140.

ROJAS, C. A. L. *et al.* (2012). *Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no Centro-Sul do Paraná*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 261-270, jan./fev. 2012.

SAAB, A. A., e DE ALMEIDA, Paula, R., (2008). *O mercado de fertilizantes no Brasil - Diagnósticos e propostas de políticas*. Revista da Política Agrícola, Ano XVII, Nº 2, Abr-Jun, 2008.

SÁNCHEZ (2007), María Victoria Guzmán; PÉREZ, Maidelyn Díaz; e OREA, Igarza Uvaldo. *Estudio patentométrico de un proyecto de investigación*. Ciencias de la Información, Vol. 38, No.1-2, abril-agosto, 2007.

SANGOI, L. *et al.* (2003). *Volatilização de N-NH<sub>3</sub> em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo*, em laboratório. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 687-692, ago. 2003.

SANNINO, Alessandro; DEMITRI, Christian; e MADAGHIELE, Marta. (2009). *Biodegradable Cellulose-based Hydrogels: Design and Applications*. Materials (Basel). 2009 Jun; 2(2): 353–373.

SAUDI BASIC INDUSTRIES CORPORATION. Sabeshan Kanagalingam; Ravi Hegde; Madduri Srinivasarao; Anton Kumanan; Rajamalleswaramma Koripelly; Samik Gupta. US n. 2016340265. *Fertilizer capsule comprising one or more cores and method of making same*. January 28, 2015. November 24, 2016.

SCIENCE DIRECT. Site da internet. Disponível em: <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Acesso em: 05 ago. 2017.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; e RADMANN, E. B. (2004). *Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do portaenxerto 'trifoliata'*. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004. Disponível em: <<http://www.ext.vt.edu/departments/envirohort/articles/misc/slowrels.html>>.

SCIVITTARO, W. B; e OLIVEIRA, R. P. (2002). *Comparação de custos de sistemas de adubação para mudas de citros: fontes liberação lenta x solúveis*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 74).

SCIVITTARO, W.B. *et al.* (2010). *Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado a aplicação de ureia tratada com o inibidor NBPT*. Ciência Rural, Volume 40, No. 06, Junho de 2010.

SHAVIV, A. (2000). *Advances in Controlled Release of Fertilizers*. Advances in Agronomy, 71:1-49 Word version, before printing.

SHAVIV, A. (2001). *Advances in controlled-release fertilizers*. Advances in Agronomy, v. 71, p.1-49, 2001.

SHAVIV, A. (2005). *Controlled release fertilizers*. In: IFA - INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. Proceedings... Frankfurt: IFA, 2005. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ItemDetail?iProductCode=7968Pdf&Category=AGRI&WebsiteKey=411e9724-4bda-422f-abfc-8152ed74f306>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

SHAVIV, A.; RABAN, S.; e ZAIDEL, E. (2003). *Modeling controlled nutrient release from polymer coated fertilizers: diffusion release from single granules*. Environmental Science & Technology, Washington, v. 37, n. 10, p. 2251-2256, May 2003.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (2001). *Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação*. 3ª ed., Florianópolis: UFSC, 2001.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V (2001). *Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg)*. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23, n. 2, p.377-381, 2001.

SILVA, Joana (2016). *Fertilizante inteligente gera economia e minimiza impacto ambiental*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18921973/fertilizante-inteligente-gera-economia-e-minimiza-impacto-ambiental>>. Acesso em 02 abr. 2019.

SLC agrícola (2018). *A importância da agricultura. Frente a frente com uma grande meta*. Disponível em: <<https://www.slcagricola.com.br/nosso-desafio/>>. Acesso em 04 maio 2018.

SOHI S. P. *et al.* (2010). *A review of biochar and its use and function in soil* Adv. Agron. 105:47-82.

STAFANATO, Juliano Bahiense *et al.* (2013). *Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado*, R. Bras. Ci. Solo, 37:726-732, 2013.



STEELE, J.; e MURRAY, M. (2004). *Creating, supporting and sustaining a culture of innovation*. Engineering, Construction and Architectural Management, 11(5), 316-322. doi: 10.1108/09699980410558502.

STEFANOVITZA, Juliano Pavanelli; e NAGANOB, Marcelo Seido. Gestão da inovação de produto: proposição de um modelo integrado. Production, v. 24, n. 2, p. 462-476, Apr./June 2014.

STF - SUPERIOR TRIBUNAL FEDERAL. Súmula No. 575. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/menuSumarioSumulas.asp?sumula=2394>. Acesso em: 10 dez. 2016.

SWANTOMO, Deni; ROCHMADI, KrisTri Basuki1; SUDIYO Rahman (2014). *Effect of silica fillers on characterization of cellulose-acrylamide hydrogels matrices as controlled release agents for urea fertilizers*. Indo. J.Chem., 2014, 14 (2),116 - 121

TAGLIALEGNA, G. H. F.; PAES LEME, M. F.; e SOUSA, E. L. L. (2001) *Concentration of the Brazilian fertilizer industry and company strategies*. IAMA Congress, Sidney. Tavares, R. A.C; Furtado, C.B.R.A.; Dos Reis, V.N.; De Melo, S.H.V. O Uso da Inteligência Competitiva para Gestão e Melhoria do Desempenho de Micro e Pequenas Empresas: Algumas Observações Introdutórias, v.1, n.1, p. 110 - 129, Jan. /Julho. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/administracao>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

The O M Scott & Sons Company. Harold Thompson E e RIchard A Kelch. US n. 5,089,041 Encapsulated slow release fertilizers. March 22, 1990. February 18, 1992.

TREITEL, R. (2005). *Roadmap et Roadmapping: tout ce que vous voulez savoir sur les roadmaps et vous n'avez jamais osé demander*. <<http://igart.free.fr/>>.

TRENKEL, M. E. (2010) *Slow - and controlled - release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture*. 2nd ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2013). *The Emissions Gap Report*, Nairobi.

USPTO (2018) - United States Patent and Trademark Office, disponível em: <<https://www.uspto.gov/patents-application-process/search-patents#heading-1>>. Acesso em: 2017 e 2018.

VACCARI, F.P. *et al.* (2011). *Biochar as a strategy to sequester carbono and increase yield in durum wheat*. European Journal of Agronomy 34, 231-238.

Valderrama, Márcio e Buzetti, Salatiér, FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA APRIMORADA, Editora Funep, 2017 (ISBN: 978-85-7805-161-7).

VICENTE, Rayres Helena Fonseca; e LOPES, Paloma de Lavor (2015). *A importância de investimentos em inovação tecnológica como fator chave para o desenvolvimento econômico*, Simpósio de Excelência em gestão e tecnologia, Outubro de 2015.

VITTI, Godofredo Cesar; e TREVISAN, William. (2000). *Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja*. Informações agronômicas N° 90 – JUNHO/2000.

WEN, Peng *et al.* (2016). *Microwave-assisted one-step synthesis and characterization of a slow release nitrogen fertilizer with inorganic and organic composites*. The Royal Society of Chemistry Adv., Jun 2016, 6, 37337–37346.

WILLYARD, C. H.; e McCLESS, C. W. (1987). *Motorola's technology roadmapping process*. Research Management, set-oct, 1987, p.13-19.

WIPO (2017). World Intellectual Property Indicators. Geneva: World Intellectual Property Organization, 226 p. Disponível em <<https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4234>>. Acesso em 05/05/2018.

WONGTSCHOWSKI, Pedro (2012), *Um olhar sobre a indústria química brasileira*, Journal Brazilian Chemical Society, vol. 23, no.11, São Paulo, Nov. 2012, Sociedade Brasileira de Química.

XIE, Lihua *et al.* (2011). *Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgate*. Volume 167, Issue 1, 15 February 2011, Pages 342-348.

YUAN, Guodong (2014). *An organoclay formula for the slow release of soluble compounds*. *Applied Clay Science*. Volume 100, Out 2014, Páginas: 84-87.

ZAMBIAZI, Marcos Paulo *et al.* (2014). *Perdas de Nitrogênio por Volatilização de Amônia Através da Aplicação de Ureia em Solos Agrícolas*. Resumo. 1º Simpósio de agronomia e

Tecnologia em Alimentos – AGROTEC. Disponível em:  
<<http://faifaculdades.edu.br/eventos/AGROTEC/2014/1AGROTEC/arquivos/resumos/res28.pdf>>. Acesso em 04 ago. 2017.

ZAVASCHI, E. *et al.* (2014). *Ammonia volatilization and yield components after application of polymer-coated urea to maize*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, p. 1200-1206, 2014.

ZHANG, Hhongjie. (2014). *Biochar Effects on Soil Microbial Biomass and Activity*. Doctor Of Philosophy In Land Resource Science, The University Of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 2014.