

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA APRIMORADA

Raildo Alves Fiuza Júnior* ; Camila Santana Carriço; Camila Abreu Teles

*Departamento de Química Geral e Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, R. Barão de Jeremoabo, s/n, Campus de Ondina, 40170-280, Salvador – BA, Brasil.
(raildofiuza@gmail.com)*

RESUMO

O uso de fertilizantes de eficiência aprimorada constitui-se em uma das mais modernas técnicas na produção de alimentos, pois, pode-se alcançar alta produtividade sem a necessidade de adubação intensiva devido à alta eficiência destes. A liberação dos nutrientes ocorre mais lentamente que os fertilizantes comerciais potencializando a absorção dos nutrientes pela cultura, reduzindo significativamente os tratos culturais e a perda do fertilizante para o solo ou ar por processos de lixiviação ou volatilização. Este trabalho avaliou o estado da tecnologia mundialmente publicada em documentos de patente, identificando os principais detentores dessa tecnologia, a evolução anual de depósito de patentes e vários outros indicadores importantes para conhecimento deste mercado. Observou-se que a China é o país que apresentou a maior massa crítica e conseqüentemente um maior número de patentes, seguido pelos Estados Unidos da América. As culturas de maior interesse foram; milho batata, algodão, arroz, soja, grama e trigo.

Palavras Chave: fertilizantes de liberação controlada, fertilizantes de liberação lenta, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

The improve efficiency fertilizer is one of the most modern techniques in food production, because it can achieve high yields without the need of intensive fertilization due to the high efficiency. The nutrients release occurs more slowly than the other commercial fertilizers, enhancing the absorption of nutrients by the crops, reducing the nutrients loss to the ground or air by volatilization or leaching processes. This study evaluated the world technology in published patents, identifying the main holders of such technology, the annual evolution of patent applications and several other important indicators for knowledge of this market. It was observed that China is the country with the highest critical mass of researchers and consequently has a greater number of patents, followed by the United States. The most referred cultures were corn potato, cotton, rice, soybeans, grass and wheat.

Key words: controlled release fertilizers, slow release fertilizer, technological prospecting

Área tecnológica: Agricultura e Cultivares.

INTRODUÇÃO

O crescimento da agricultura está diretamente ligada à adubação dos solos para aumentar a produção de alimentos por área plantada. Para alcançar altas produtividades é necessário fazer adubações intensivas devido à baixa eficiência dos fertilizantes comumente utilizados, principalmente a ureia que sofre processos de perdas por volatilização e lixiviação. O processo de volatilização é causado pela nitrificação (oxidação da uréia por bactérias) e pela uréase (quebra da ureia pela enzima uréase) produzindo poluentes gasosos. Já nos processos de lixiviação o fertilizante é dissolvido e carregado para as camadas mais profundas do solo, principalmente para os corpos d'água causando sérios problemas ao meio ambiente, e no geral uma perda de recursos econômicos para o produtor pelo emprego de maiores dosagens de fertilizantes (Trenkel, 2010).

Para minimizar estas perdas, os pesquisadores desenvolveram os fertilizantes de eficiência aprimorada onde a liberação dos nutrientes ocorre durante todo o ciclo da lavoura, próximo da marcha de absorção dos nutrientes pela cultura, reduzindo as perdas por lixiviação e volatilização da ureia, aumentando assim a quantidade e o número de aplicações dos fertilizantes.

Os fertilizantes de eficiência aprimorada apresentam altos custos de produção em relação aos comerciais conhecidos como o NKP (compostos de nitrogênio, fósforo e potássio). Os fertilizantes de liberação lenta/controlada são de 8 a 12 vezes mais onerosos enquanto que, os estabilizados são de 4 a 6 vezes (Pourjavadi, 2010.). Apesar de os gastos extras com os fertilizantes de liberação controlada ser minimizados com a redução do manejo e número de aplicações ainda há a necessidade do desenvolvimento de adubos mais competitivos e de menor custo. Desta forma neste trabalho objetiva-se prospectar o desenvolvimento a nível mundial dos fertilizantes de liberação lenta/controlada, utilizando os dados coletados em patentes como fator de resposta para avaliar os aspectos mais relevantes deste tema.

DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

Os fertilizantes de eficiência aprimorada podem ser classificados em dois grandes grupos, fertilizantes de liberação lenta/controlada e fertilizantes estabilizados.

Os fertilizantes de liberação lenta/controlada são conhecidos por serem encapsulados/recobertos ou com baixa solubilidade. Os fertilizantes encapsulados são granulados e os grânulos recobertos principalmente por polímeros, estes podem ser: polietileno de baixa permeabilidade misturado com um polímero de alta permeabilidade (etileno-acetato de vinila) (Gandeza, 1991), polímeros biodegradáveis, enxofre /polímero (Trenkel, 2010) entre outros.

A camada de impermeabilizante sofrerá uma degradação gradual liberando os nutrientes para o solo e irá melhorar a resistência de atrito dos grânulos revestidos o que proporciona um alto grau de elasticidade com elevada resistência a mudanças bruscas de temperatura.

Já os fertilizantes com baixa solubilidade são sintetizados reagindo grandes moléculas orgânicas insolúveis em água com a ureia, formando um composto com solubilidade reduzida em relação à ureia, como por exemplo, a reação do isobuteno, formando diureia iso-butileno (IBDU) que é um composto comercial.

Os fertilizantes estabilizados são associados com inibidores de nitrificação ou inibidores de uréase. Têm como forma de ação controlar a lixiviação do nitrato, mantendo nitrogênio na forma de

amônia mais tempo para aumentar a eficiência do nitrogênio aplicado pela redução da oxidação bacteriana dos íons de amônio (NH_4^+).

O método mais comum para a elaboração destes fertilizantes é a condensação da ureia com aldeídos, particularmente com formaldeído (Trenkel, 2010). Goertz (Goertz, 1991) testou a reação da uréia com acetaldeído sob a catálise ácida, produzindo um composto de anel estruturado, contendo cerca de 32% de N.

O nitrogênio era disponibilizado através de uma combinação de hidrólise e degradação microbiana, afetada pelo tamanho de partícula dos produtos, temperatura, teor de umidade no solo e pH. Pode-se também estabilizar a liberação de outros nutrientes nos fertilizantes levando ao retardo da disponibilização no solo. Como exemplo destes compostos podemos citar a Nitrapirina, 2-cloro-6-(triclorometil) piridina, o DCD, dicionodiamisa e o DMPP, fosfato de 3,4-dimetil pirazole.

Alguns destes novos fertilizantes já contemplam tanto a liberação lenta/controlada quanto a estabilização, no intuito de modelar ao máximo a liberação do nutriente de acordo a absorção na cultura em estudo.

Segundo Gandeza (1991), um fertilizante ideal deve ter pelo menos três características:

- Única aplicação durante o ciclo da cultura.
- Alto percentual de recuperação, a fim de alcançar um maior retorno para a produção;
- Redução dos danos causados aos corpos d'água, solo e ar.

Os fertilizantes de liberação lenta/controlada ou estabilizados devem atender a esses requisitos para ser um fertilizante ideal.

METODOLOGIA OU ESCOPO

A prospecção foi realizada no banco europeu de patentes (EPO-Espacenet®) em outubro de 2012, com as palavras, fertiliz* (fertilizante), posteriormente acrescida das palavras control* (controlada), slow (lenta) e releas* (liberação), pesquisando no título e resumo das patentes. Foi utilizado o operador booleano or (união) que faz uma soma de registros que possuem um ou outro termo, para reunir as patentes relacionadas com liberação controlada e lenta. Também foram utilizados dois códigos internacionais C05G e C05C, restringindo as patentes à área de fertilizantes. Foram encontradas 432 patentes, que após subtração das duplicatas restaram 299, as quais depois de uma análise minuciosa foram selecionadas 285 patentes que se enquadravam no objetivo da prospecção para o estudo estatístico apresentado, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Definição do escopo da prospecção.

fertiliz*	control* releas* fertiliz*	slow releas* fertiliz*	control* slow releas* fertiliz*	control* or slow releas* fertiliz*	C05G	C05C	EP
X							54132
X					X		11498

Tabela 1: Definição do escopo da prospecção.

fertiliz*	control* releas* fertiliz*	slow releas* fertiliz*	control* slow releas* fertiliz*	control* or slow releas* fertiliz*	C05G	C05C	EP
X					X	X	2432
	X						1169
	X				X		831
	X				X	X	250
		X					1147
		X			X		730
		X			X	X	219
			X				209
			X		X		148
			X		X	X	35
				X			2106
				X	X		1411
				X	X	X	432

C05 - fertilizantes; sua fabricação.

C05G - 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.

C05C - Fertilizantes nitrogenados

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os depósitos de patentes relacionadas com os fertilizantes de eficiência aprimorada aparecem desde 1962, com alguns picos em 1986, 1993, 1999 e 2001, demonstrando uma sazonalidade. A partir do ano 2003, observa-se um expressivo crescimento dos depósitos alcançando um pico de 54 patentes, conforme ilustrado na Figura 1(a). Esse crescimento é devido ao forte desenvolvimento desta tecnologia pela China como observado na Figura 1(b). O gráfico demonstrou uma nova queda nos depósitos em 2010 e 2011 que pode ter sido influenciado pelo início da crise econômica mundial em 2008.

A Figura 2(a) mostra o número de patente por país. A China desponta como o maior depositante seguido dos Estados Unidos e Japão. A China [CN] também é o país que tem o maior número de inventores, Figura 2(b). Nesta análise foram encontrados 877 inventores nos 285 documentos listados, destes a Figura 2(b) apresenta os 10 que mais se destacam sendo que os nomes destes inventores aparecem em 138 patentes. Todos estes inventores são chineses demonstrando que a

China contém uma expressiva massa crítica no desenvolvimento de fertilizantes de eficiência controlada.

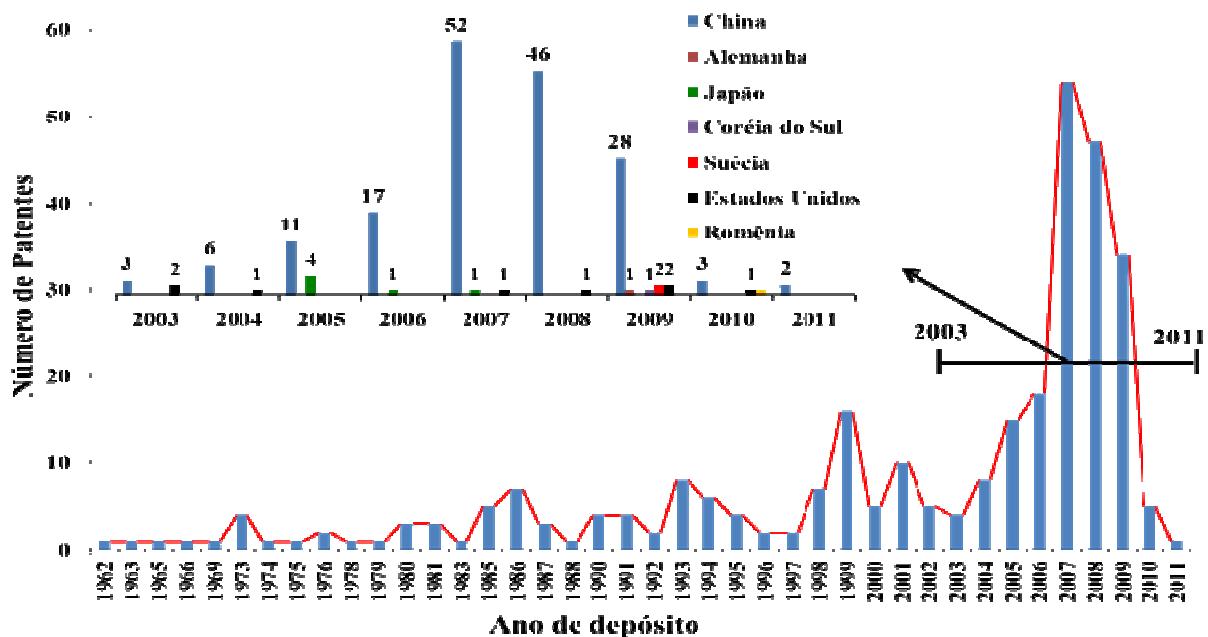


Figura 1: Evolução anual do depósito de patentes. Detalhe: Identificação dos países que mais patentearam entre 2003 e 2011. Fonte: Autoria própria, 2012.

A Figura 3(a), mostra a distribuição por origem do depositante. Foi encontrado um total de 333 aplicantes nas patentes analisadas. Observou-se que esta tecnologia está sendo desenvolvida majoritariamente nas empresas com 65%, seguido de depositantes independentes (19%) e academias e institutos (16%).

A maior parte das academias e institutos estão localizados na China, o que justifica ter uma forte massa crítica e empresas competitivas em alto número, como mostra Figura 3(b). A liderança do mercado está em oito empresas de três países, China, Estado Unidos e o Japão; a China detém 5 empresas com maior destaque entre as 8 e um total de 53 patentes das 69 patentes em destaque por empresa.

Dentre todas as patentes analisadas notou-se que um maior interesse por parte dos depositantes nos fertilizantes de liberação controlada/lenta (55%) do que nos estabilizados (39%), com uma tendência em unir estes dois tipos (6%), Figura4(a), no intuito de aumentar o tempo de liberação dos nutrientes para as plantas podendo aplicar estes fertilizantes a culturas de ciclo mais longo. Os fertilizantes estabilizados aparecem neste estudo devido aos termos de pesquisa serem muito semelhantes para ambas as partes.

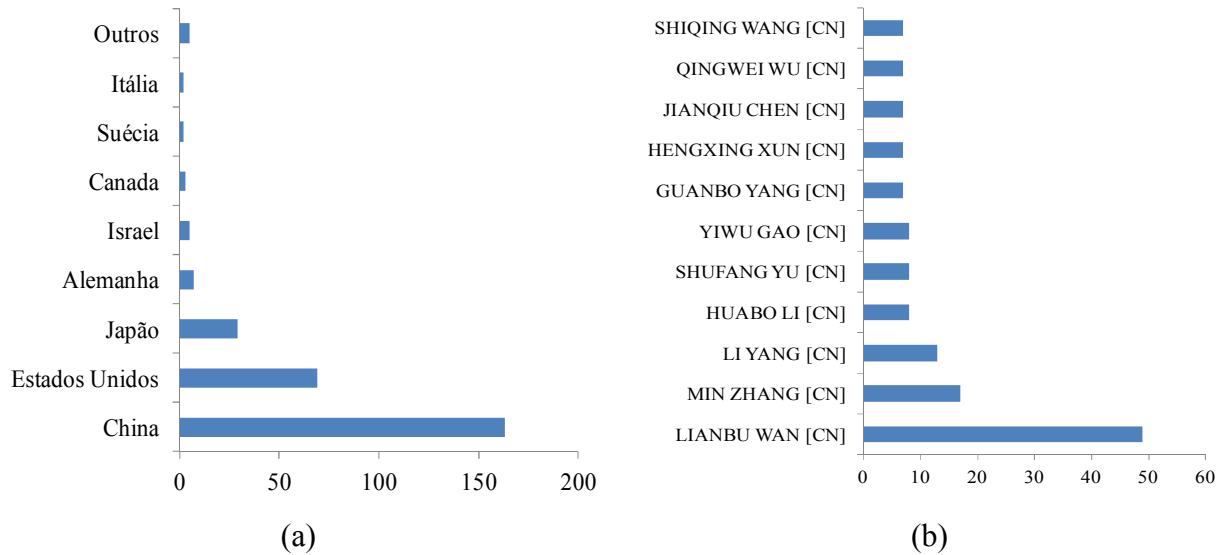


Figura 2: (a) Distribuição do depósito de patentes por país. (b) Distribuição de depósitos de patentes por inventor. Fonte: Autoria própria, 2012.

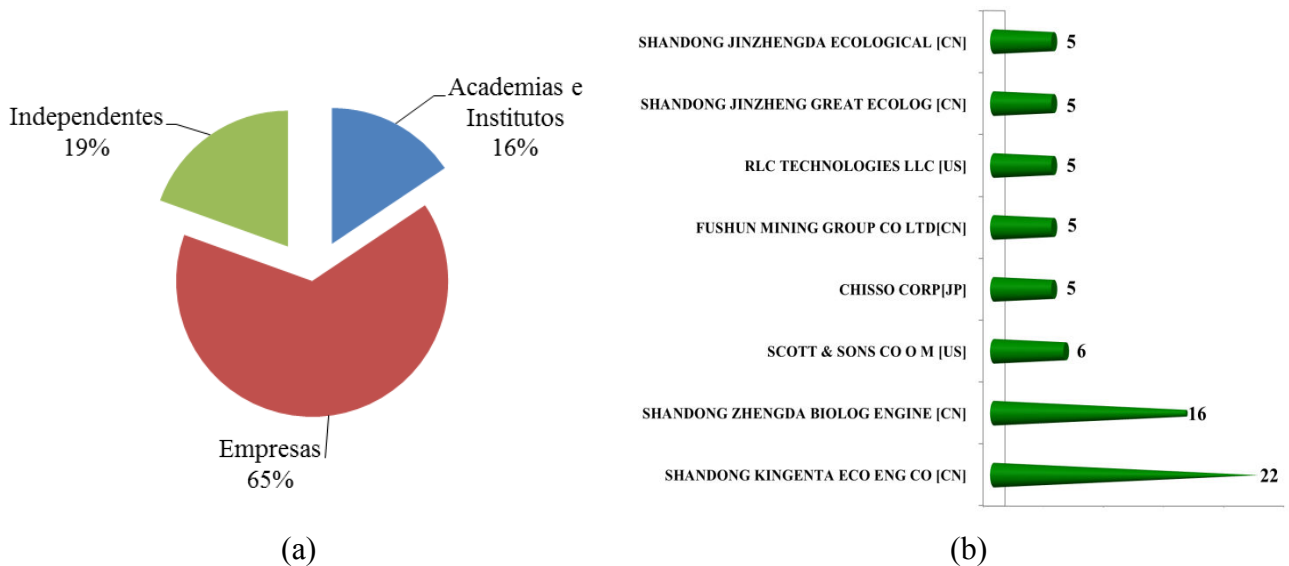


Figura 3: (a) Distribuição por origem do depositante. (b) Distribuição dos depósitos de patentes por empresa. Fonte: Autoria própria, 2012.

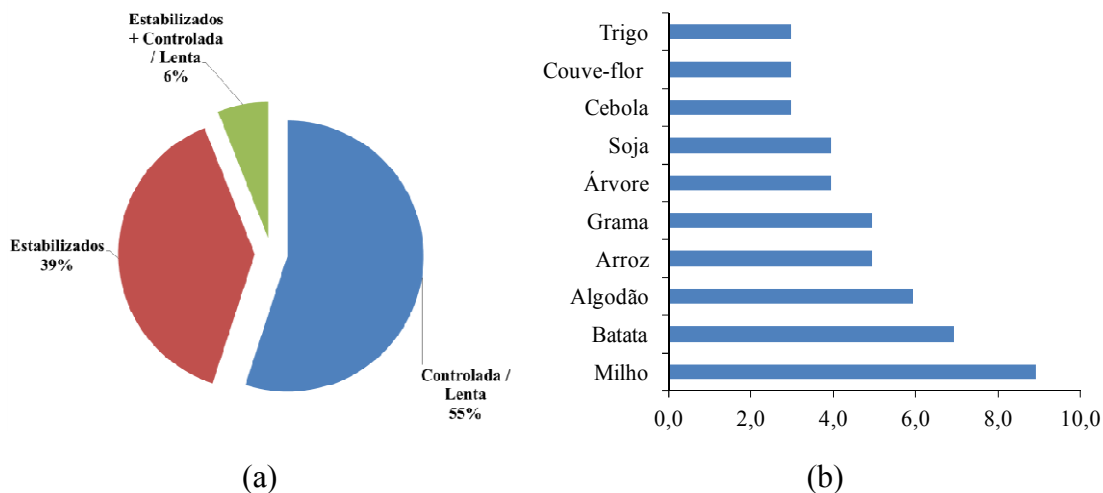


Figura 4: (a) Distribuição das patentes por tipo de fertilizante. (b) Principal cultura citada nas patentes para uso dos fertilizantes. Fonte: Autoria própria, 2012.

Foram especificadas 53 culturas diferentes no uso de fertilizantes de eficiência aprimorada, todas de ciclo curto como milho, batata e algodão. A maioria das patentes (199) não atribuiu especificidade de uso.

Para a síntese dos fertilizantes de liberação controlada foram citadas 35 substâncias diferentes, utilizadas como revestimento dos nutrientes. A Figura 5(a) mostra as dez substâncias mais citadas nas patentes. Os polímeros de forma geral são os mais utilizados, desde os polímeros com baixa capacidade de degradação no solo, como os tereftalatos de polietileno e resinas, até os polímeros biodegradáveis que não deixam resíduos no solo após degradação pelas bactérias.

Nas patentes dos fertilizantes estabilizados foram citadas 32 substâncias diferentes como inibidor bioquímico. Para a ureia são os inibidores de nitrificação e inibidores de uréase, destas o gráfico representado na Figura 5(b) mostra as oito mais citadas. Os aldeídos são as substâncias mais utilizadas, com destaque para o formaldeído e acetaldeído, principalmente para estabilização da ureia.

A matéria orgânica é importante na formulação dos fertilizantes, pois além de já fazer parte da maioria dos solos, ela reduz a liberação dos nutrientes e protege a ureia contra ação oxidante das bactérias, o que levaria a perda da uréia por nitrificação. Das patentes avaliadas 35 relataram o uso de matéria orgânica. A Figura 6(a) mostra as cinco principais matérias orgânicas citadas. Os ácidos húmicos aparecem em destaque, pois são compostos orgânicos naturalmente encontrados nos solos e promove a sua fertilização natural, seguido de carvões, principalmente carvão ativado, carvão de dessulfuração de gases rico em enxofre e carvão vegetal. Os principais restos culturais utilizados eram das culturas de arroz, milho, feijão, coco e amendoim.

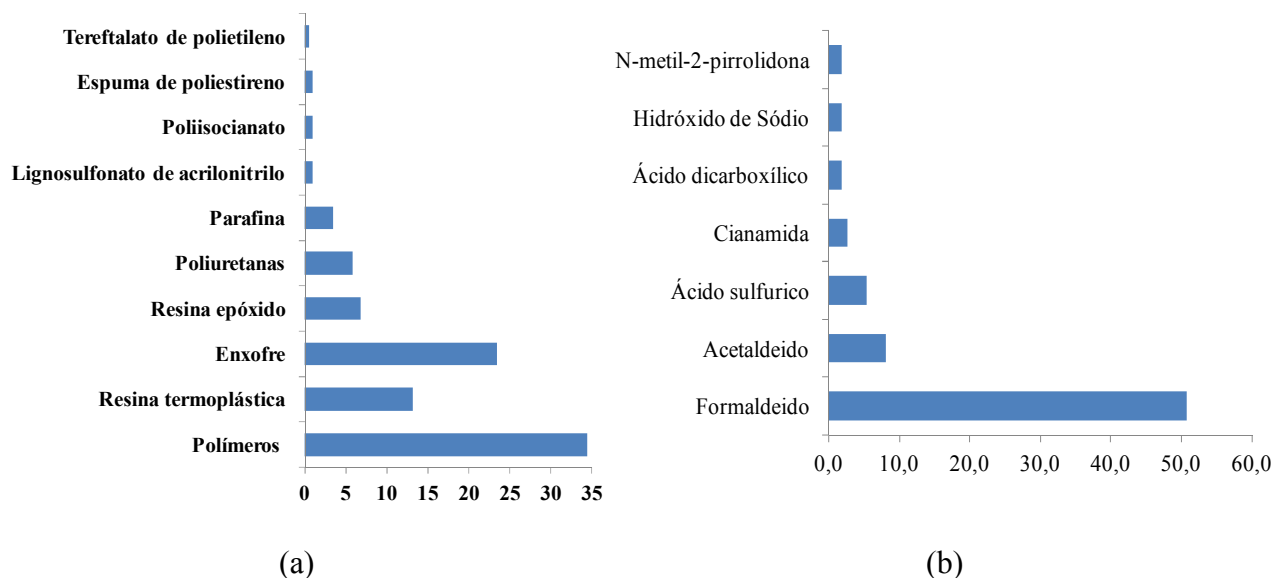


Figura 5: (a) Principais revestimentos utilizados nos fertilizantes de liberação controlada/lenta. (b) Principais substâncias utilizadas na formulação dos inibidores bioquímicos dos fertilizantes estabilizados. Fonte: Autoria própria, 2012.

Das 285 patentes analisadas, 40 patentes relatam o uso de 22 tipos diferentes de agentes de ligação/suspensor, que são utilizados para promover adesão entre as partículas quando ocorrer a secagem dos grânulos e melhoria da mistura e da granulação. A Figura 6(b) mostra os 5 cinco agentes mais citados nas patentes, sendo as bentonitas as mais utilizadas. Entre as 40 patentes, 19 foram de fertilizantes estabilizados onde se empregou principalmente bentonita e zeólitos e 21 patentes de fertilizantes de liberação lenta/controlada que usaram principalmente bentonitas e terra de diatomáceas.

Em relação aos códigos de classificação europeia, encontrou-se 1496 códigos, destes 150 diferentes. Grande parte dos códigos está na seção C (Química; Metalurgia) conforme o escopo, centrados na classe C05 (fertilizantes; sua fabricação), variando principalmente as subclasses. Estes códigos foram organizados por ordem crescente do número de patentes que foram citados, conforme a Figura 7. Os códigos mais citados ressaltam o uso de uréia, seguido da mistura de fertilizantes com substâncias sem atividade de fertilizante que são na sua maioria revestimentos poliméricos para a liberação controlada/lenta dos nutrientes, substâncias utilizadas para reduzir a solubilidade e agentes inibidores. Os outros códigos em destaque faz referência a agentes inibidores e a utilização de compostos orgânicos.

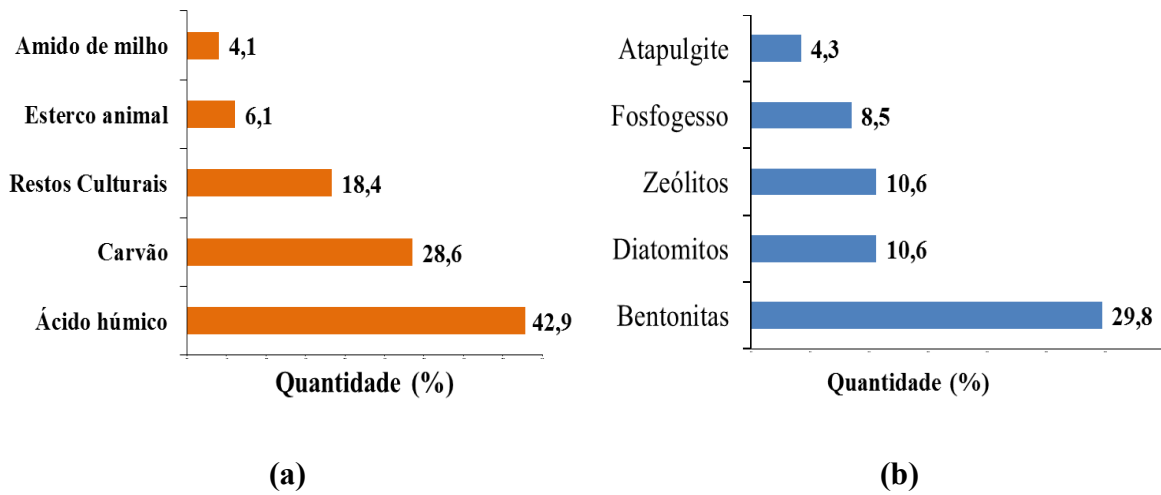


Figura 6: (a) Matéria orgânica adicionada nas formulações dos fertilizantes. (b) Agente de ligação adicionado nas formulações dos fertilizantes. Fonte: Autoria própria, 2012.

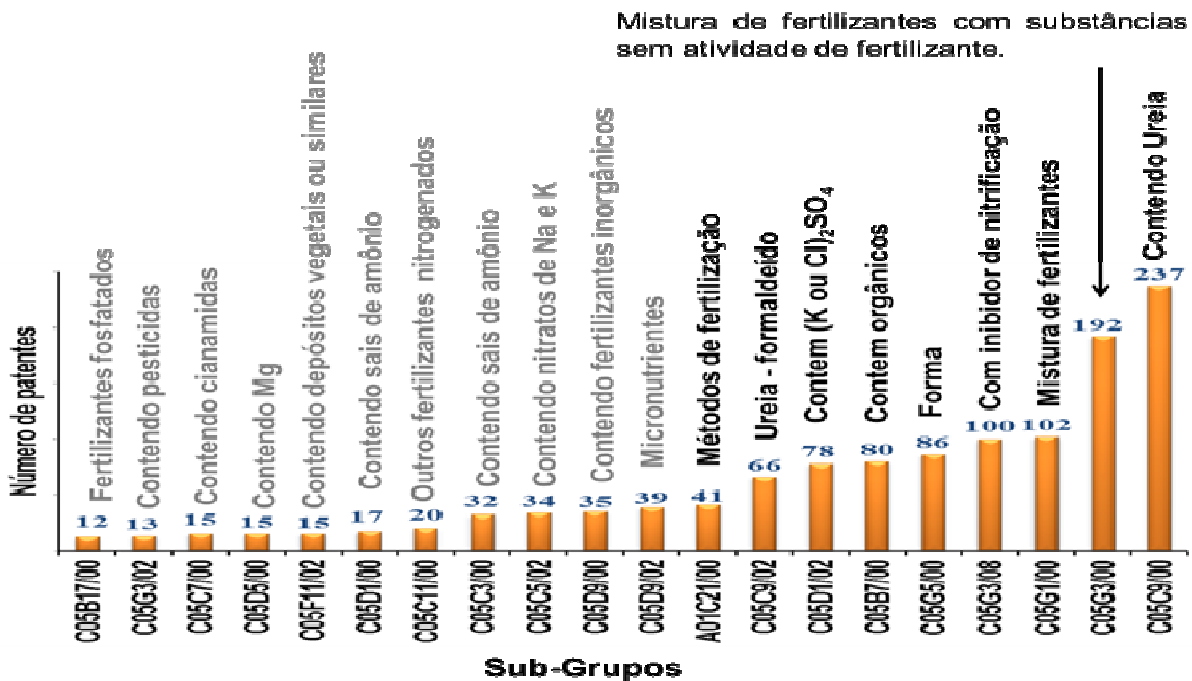


Figura 7: Códigos de classificação europeia. Fonte: Autoria própria, 2012.

CONCLUSÃO

Os fertilizantes de eficiência aprimorada são muito importantes, pois reduzem os gastos com aplicação e manejo da lavoura, além de diminuir a poluição dos solos e corpos d'água. O país que apresentou maior desenvolvimento tecnológico nesta área foi a China, por ter a maior quantidade

de pesquisadores, academia e institutos de pesquisa. A maior parte das patentes nesta área é proveniente de empresas, e dentre elas a maior depositante e a chinesa SHANDONG KINGENTA ECO ENG CO. Os códigos de maior incidência foram aos internacionais C05C, que corresponde a Fertilizantes nitrogenados e C05G, correspondente a misturas de fertilizantes. Nesta prospecção não aparece o Brasil que é um país forte na agricultura, demonstrando uma área que necessita de pesquisas para desenvolvimento dessa tecnologia.

PERSPECTIVAS

O crescimento da população mundial força o aumento da eficiência na produção de alimentos devido à redução das áreas cultivadas pela expansão das áreas urbanas e degradação dos solos. Com o intuito de aumentar cada vez mais a produção de alimentos por área plantada os agricultores utilizam cada vez mais fertilizantes, que causa sérios problemas ambientais. Nesta linha os fertilizantes de eficiência aprimorada são vistos como uma proposta interessante devido sua maior eficiência e possibilidade da redução dos custos pela diminuição do número de aplicações e redução da utilização de mão de obra.

Esta tecnologia passa por um momento de expressivo desenvolvimento centralizado principalmente na China, com pouca presença de outros países que tem uma agricultura forte. No geral os fertilizantes de eficiência aprimorada ainda são muito caros comparados aos convencionais, necessitando de desenvolvimento de novos materiais mais competitivos e que não utilizem compostos que agridam o solo como os fertilizantes que utilizam inibidores, que tem como forma de ação reduzir os organismos presentes no solo e os fertilizantes encapsulados que pode ter como resíduos, polímeros de degradação muito lenta.

REFERÊNCIAS

Gandeza, A.T., Shoji, S., Yamada, I. Simulation of crop response to polyolefin coated urea: I. Field dissolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.55, p. 1462, 1991.

Goertz, H.M. Commercial granular controlled release fertilizers for the specialty markets. *In* "Controlled release fertiliser workshop Proceedings" .ed. M. Scheib. p. 51. V.68. 1991.

Nascimento, C.A.C., Ureia recoberta com S^o, Cu e B em soca d cana-de-açúcar colhida sem queima. 2012. 72 (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba.

Pourjavadi, A., Soleyman, R., Bardajee, R. G., Novel High Capacity Swelling Superabsorbent Composite and Its Potential for Controlled Release of Fertilizers, *Iranian journal of chemistry* V. 29, n. 4, p. p. 113-123, 2010.

Rossa, U.B., Angelo, A.C., Nogueira, C.N., Reissmann, C. B., Grossi, F., Ramos, R. M., Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de araucaria angustifolia e ocotea odorífera. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 491-500, jul./set. 2011.

Trenkel, M.E., Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture in Agriculture. Published by the International Fertilizer Industry Association (IFA) Paris, France, 2010.