

RECICLAGEM DE POLÍMEROS E PNEUS INSERVÍVEIS – ESTUDO DE CASO: ASFALTO BORRACHA

Rafael Augusto Guedes - rafael.ao.guedes@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Erick Cesar Lima - ericklima@hotmail.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Marilia Costa Muniz - mariliamuniz03@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Nathália Gabrielly Souza - felipezumba@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Felipe Macedo Zumba - felipezumba@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Zulmara Virgínia de Carvalho - zvcarvalho@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Resumo – Nos tempos da indústria 4.0 e as diversas inovações que ela traz consigo, poucas pessoas olham para o prejuízo que a busca por essas melhorias causa, contudo isso produz uma janela de oportunidades para aqueles que querem investir em algo voltado para o meio sustentável. Este artigo possui como finalidade a discussão a respeito da reciclagem de polímeros e pneus inservíveis com o enfoque no uso em asfalto borracha, apresentando uma forma alternativa de reaproveitar esses materiais que trazem muitos problemas para o meio ambiente e para a saúde da população e em como essa recuperação pode impactar no mercado. Com isso foi possível perceber que esse produto é uma solução muito boa para o reúso de materiais inservíveis e para a economia de vários outros.

Palavras-chave – polímeros, pneus inservíveis, asfalto borracha, reciclagem.

Abstract – In times of industry 4.0 and the many innovations it brings with it, few people look at the damage that the pursuit of these improvements causes, still it provides a window of opportunity for those who want to invest in something that is sustainable. This article aims to discuss the recycling of waste tires and polymers with a focus on rubber asphalt, presenting an alternative way to reuse these materials that bring many problems for the environment and the health of the population and how this recovery may impact the market. With this it was possible to realize that this product is a very good solution for the reuse of materials and for the economy of many others.

Keywords – polymers, unusable tires, rubber asphalt, recycling.

1. Introdução

Tendo em vista o panorama atual da sociedade, a necessidade de buscar meios para reduzir a degradação dos recursos naturais do planeta é um fato. É impossível falar em reúso sem falar nos polímeros, sua versatilidade, leveza, flexibilidade e baixo custo fazem com que o custo-benefício de sua reciclagem seja alto, e mais importante que isso, a reciclagem dos polímeros redireciona toneladas de materiais que seriam despejados no meio ambiente. Caso esses descartes acontecessem, acarretaria em diversos problemas como entupimento dos bueiros das cidades, contaminação dos rios, intoxicação de animais aquáticos, sem falar no acúmulo de lixo, visto que os polímeros levam muito tempo para se deteriorar.

Os polímeros podem ser utilizados de diversas formas, seja para fazer novas garrafas ou até mesmo usados para fazer um asfalto mais resistente. As cadeias produtivas e mercados impactados por essas substâncias são principalmente os mercados ligados à reciclagem, esse material influencia desde os comércios mais populares (na confecção de talheres e copos, por exemplo) até mercados mais específicos e complexos, como na produção do vidro dos faróis de automóveis, do kevlar do colete à prova de balas. Já os pneus inservíveis que muito causam

Comentado [1]: Sugestão: realocar na introdução do Art2

problemas para o ambiente, podem ser utilizados na produção de tapetes, borracha regenerada e como dito anteriormente, na fabricação de asfaltos.

Com isso, este projeto explora toda a trajetória histórica da fabricação do asfalto borracha desde a matéria prima (pneus) até a formação final do produto e sua inserção no mercado, bem como a economia gerada e quanto é o valor movimentado mundialmente com a reciclagem desses materiais poliméricos. Embora essa pesquisa já tenha entrado no campo mercadológico, ela ainda não é usada em larga escala. Haja vista estas questões, foram discutidos os benefícios econômicos e ambientais, como também uma análise dos mercados envolvidos e estratégias de inovação.

2. Fundamentação Teórica

A. NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA

A calculadora de maturidade tecnológica TRL (Technology Readiness Calculator), serve para calcular o nível de prontidão tecnológica (avaliando a maturidade da tecnologia), avaliando processos de desenvolvimento, integração, fabricação, testes (analíticos e experimentais em laboratório). Tal calculadora, após análise de algumas respostas dadas sobre diferentes aspectos, poderão dar uma nota (nível com intervalo entre 1 a 9 – Quanto mais alta for a nota, mais maduro a sua tecnologia).

(TRL 1 A 3): Define a parte de pesquisa e desenvolvimento do projeto: Atividades de pesquisa e exploração da tecnologia (Como “construir” o asfalto borracha desde o pneu inservível, analisar outros componentes que fazem parte da composição do produto final), os princípios básicos foram identificados, as funcionalidades da tecnologia foram identificadas (No caso do asfalto borracha: Resistente a fissuras – após ocorrência de deformidades, o material tente a voltar a “forma original” –, finalidade sustentável – devido a utilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica –) e, descobrimento e formulação do conceito da tecnologia a ser desenvolvida;

(ENTRE a TRL 4 e a TRL 5): Construção da tecnologia: Prova experimental da tecnologia realizada em ambiente laboratorial relevante (A viabilidade da aplicação foi verificada laboratorialmente – testes foram feitos para reproduzir o desgaste do asfalto borracha e o asfalto “comum”, numa máquina que simula em um dia o que ocorre em 10 anos, tal teste comprovou que o asfalto borracha é mais resistente e eficiente em locais com maior rotatividade de veículos – componentes chave para fabricação do produto final foram identificados, desenvolvimento do conceito da tecnologia e aplicação (Conceitos teóricos para validar se a ideia geral daria certo), custos para o desenvolvimento foram pensados, foram realizados testes tecnológicos dos componentes em ambiente relevante (As condições nas quais foram feitas as análises estavam de acordo para que não houve nenhum erro – Em específico, foram feitos testes de elasticidade de amostras do asfalto “comum” e o asfalto borracha, além dos de resistência e ductibilidade (já mencionados acima) – Relatórios sobre os testes conceituais e laboratoriais foram feitos no intuito de defender o uso da tecnologia.

3. Metodologia

Ao longo do trabalho, foram utilizadas ferramentas para auxiliar na análise do asfalto borracha, como citado anteriormente, a calculadora TRL foi um deles. O site espacenet também foi consultado para poder ser feita uma melhor análise sobre as patentes do objeto de estudo, o meio eletrônico trata-se de um banco patentário, onde é possível realizar pesquisas sobre temas diversos e extrair patentes existentes no mundo sobre determinada pesquisa.

4. O cenário científico-mercado da reciclagem de polímeros e de pneus inservíveis

A. trajetória científico-tecnológica da reciclagem de polímeros e de pneus inservíveis

Não existem registros de quando exatamente começou a reciclagem de polímeros, mas acredita-se que foi dentro da indústria de fabricação de termoplásticos. Apesar da existência de uma grande variedade de termoplásticos, apenas cinco deles, ou seja, o Polietileno (PE), o Polipropileno (PP), o Poliestireno (PS), o Cloreto de Polivinila (PVC) e o Polietileno Tereftalato (PET) representam cerca de 90% do consumo nacional. Dentre



estes termoplásticos o PET apresenta um dos maiores índices de crescimento em consumo no País, acima de 2.200% na última década (SPINACÉ; PAOLI, 2005).

A primeira tentativa intensa dirigida a reciclagem de plásticos pela indústria, além do consumo interno de refugo, veio durante o final dos anos 60 e 70, devido ao grande aumento na produção de plásticos. A reciclagem pós-consumo começou a ser realizada no início da década de 70 e assim, na década de 80, as indústrias adaptaram a este tipo de reciclagem. No Brasil, a reciclagem de plásticos vem crescendo em média de 15 % ao ano desde de 1990 (DANIELLE; ARAÚJO, 2019).

Atualmente, pesquisadores da Colorado State University (CSU) desenvolveram uma potencial solução para o problema da reciclagem de plásticos, anunciando um polímero com várias características do plástico mas que pode ser facilmente retornado às moléculas originais para serem reciclados (MESQUITA, 2019).

A reciclagem de plásticos ocorrem em diferentes áreas de trabalho. Na construção civil, o mercado constantemente investe em tijolos de plástico, nas áreas de moda e beleza o plástico se faz presente nas embalagens de cosméticos e na produção de tecidos recicláveis e, para a vida doméstica, comumente encontramos plásticos recicláveis em PET's, PVC's, nas feiras de decoração e designs e em decorações dentro de casas (NEUPLAST, 2019).

O processo de reciclagem da borracha é tão antigo quanto o uso do próprio produto na indústria. Em 1909, a indústria da reciclagem obteve grande crescimento por causa da falta de abastecimento de borracha e do alto custo de compra da borracha natural (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Na região de Leipzig na Alemanha, já existia a trituração e a separação da borracha de vários objetos. Em 1960, a borracha reciclada era disponibilizada para indústrias que produziam artefatos de borracha, porém, com a divulgação do uso da borracha e o desenvolvimento de pneus radiais, o interesse de triturar pneus inservíveis diminuiu, a tecnologia da época não era ideal para fazer a trituração de pneus radiais, colaborando com essa redução (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008).

Hoje em dia os pneus inservíveis possuem diversos destinos, com a tecnologia existente o método de trituração é muito usado para poder ter um melhor aproveitamento na reciclagem das partes do pneu, é possível usar a borracha triturada para o asfalto e melhorar a qualidade do pavimento. O pneu inservível também é utilizado como combustíveis que alimentam fornos que produzem matérias-primas para o cimento, são também aproveitados para a construção de tapetes de automóveis, pisos industriais etc.

O estudo da combinação da borracha em uma mistura asfáltica tem sido feito desde o início da década de 1900, tendo suas primeiras aplicações práticas em 1901 em Cannes, na França. Em 1960, nos EUA, foi desenvolvido uma nova combinação, porém, com o alto custo da produção do novo composto, não foi permitido a sua utilização em larga escala (CATAPRETA; ZAMBIASI; LOYOLA, 2016). Durante as décadas de 40 e 50, engenheiros e químicos fizeram pesquisas e experimentos com borrachas naturais e sintéticas com um conjunto de substância asfáltica possuindo o objetivo de melhorar as características desse produto. Apenas na década de 1960 o engenheiro de materiais Charles H. McDonald, a serviço da U.S. Bureau of Public Roads (atual Federal Highway Administration), utilizando um composto de asfalto unido com pó de borracha para reparar diversos remendos, descobriu que a liga que estava utilizando não oxidava como o asfalto comum e passou a utilizá-lo para tapar fissuras e reforçar pavimentos que estavam em más condições (SPECHT, 2004).

A primeira aplicação do composto criado por McDonald foi em Phoenix, no Arizona, que serviu de experimento para sua mistura que possuía 25% de borracha de pneu moído. Verificou-se que, após 6 anos, o pavimento não apresentava formação de trincas (SPECHT, 2004).

Em 1991 foi exposta a Lei sobre a Eficiência do Transporte Intermodal de Superfície (Section 1038 – Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - Public Law 102- 240) que compelia os Departamentos de Transporte e de Proteção Ambiental a produzirem estudos para utilizar a borracha de pneus inservíveis para pavimentação (SPECHT, 2004).

Os estudos no Brasil sobre a adição de polímeros em materiais asfálticos iniciaram na década de 90, no Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES) e logo após surgiram outras universidades realizando pesquisas voltadas à área de materiais asfálticos modificados por polímeros. Assim como nos EUA, também existe uma lei no Brasil que exige a destinação adequada de pneus inservíveis (Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) (OVIEDO, 2018).



Por se tratar de uma pesquisa que busca novos padrões de consumo, o asfalto borracha entra nos modelos do esquema de Technology-push. Esse conceito é permitido pois podemos encontrar ciência e inovação sendo utilizadas em pesquisa e desenvolvimento desse novo modelo de asfalto e o mesmo sendo testado dentro do próprio local de análise (por exemplo, os Estados Unidos que testam esse tipo de pavimento em suas rodovias) enquanto se administra o investimento que é preciso para alcançar os requisitos procurados com esse asfalto. Essas pesquisas são importantes pois buscam um novo padrão de consumo, já que o asfalto comum é menos sustentável que o pavimento feito com borracha de pneus inservíveis. Com esses objetivos também é possível tornar a estrutura de mercado maior com a chegada de novas opções de locais para se comprar pneus inicialmente sem utilidades e deixando o comércio mais sustentável.

Podemos perceber que a borracha é utilizada, entre outros meios, na fabricação de pneus para carros e caminhões e, ao término da vida útil desses objetos, esse mesmo componente volta a ser usado em rodovias, não como um artefato para ser utilizado em automóveis, mas sim como uma melhoria para a pavimentação desses locais.

B. O mercado da reciclagem de polímeros e de pneus inservíveis

O mercado do asfalto ecológico se caracteriza como oligopólio, pois, atualmente já existem diversas empresas que o produzem, tais como a Greca, CBB, Emam, entre outras. Apesar de ser 30% mais caro que o asfalto convencional, tem uma durabilidade 40% maior que ele e ainda a produção gera uma economia de petróleo (R\$ 14 milhões/1.000 km em asfalto), pedras (R\$26 milhões /1.000 km), energia (R\$ 10 milhões/1.000 km em transporte), tempo de viagens (25 milhões veículos/ano) e de aterros sanitários (R\$ 8 milhões/ 1.000 km) (BETUSEAL, 2019).

A Lei n.º 9.478/1997 (Lei do Petróleo), que permitiu que outras empresas, além da Petrobras, estabelecidas sob as leis brasileiras e com sede no Brasil passassem a atuar em todas as relações da cadeia do petróleo, gerando com isso um oligopólio, e, por se tratar de um oligopólio, possui barreiras de entrada alta, os produtos necessitam de certificação e o mercado é regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (CRUZ; SARMENTO; MOREIRA, 2019).

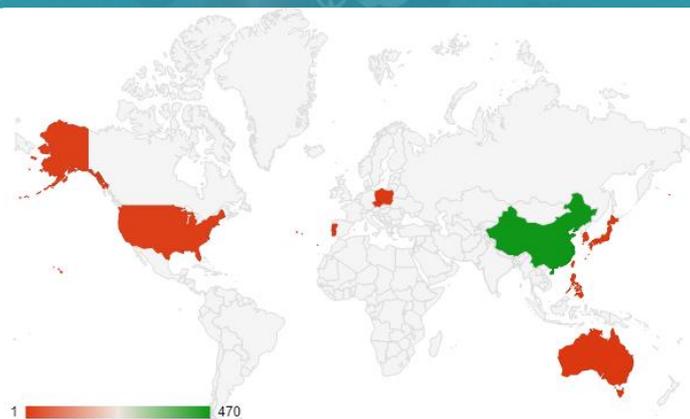
Segundo o Observatório de Complexidade Econômica do MIT (The Observatory of Economic Complexity – OEC), no Brasil a taxa de importação e exportação de pneus de borracha usados (principal matéria prima do asfalto borracha) é de, respectivamente, US \$ 7,08 milhões e US \$ 73,6 milhões. Os principais exportadores de pneus de borracha usados são Sri Lanka (US \$ 352 milhões) e a Alemanha (US \$ 272 milhões), já os principais importadores são os Estados Unidos (US \$ 183 milhões) e a Alemanha (US \$ 208 milhões), o mercado mundial movimenta em torno de US \$2,48 bilhões na exportação e também US \$2,48 bilhões na importação.

Ainda segundo o OEC, no que diz respeito à movimentação por ano e às empresas líderes de asfalto, temos como principais exportadores os Estados Unidos (US \$ 380 milhões) e o Canadá (US \$ 233 milhões), na questão da importação ambos também são os líderes, porém, o Canadá (US \$ 304 milhões) está à frente dos Estados Unidos (US \$ 270 milhões). Já o Brasil exporta US \$ 5,55 milhões e importa US \$ 5,34 milhões, ao todo o mercado mundial movimenta cerca de US \$ 1,95 bilhões em exportação e também US \$ 1,95 bilhões em importação.

C. Prospecção Tecnológica – reciclagem de polímeros e de pneus inservíveis

A partir dos dados de patentes coletados do site espacenet, foi realizada uma montagem e análise de gráficos em que é possível explorar a distribuição de patentes sobre o asfalto borracha pelo mundo, sabendo quais são os países com maior número delas.

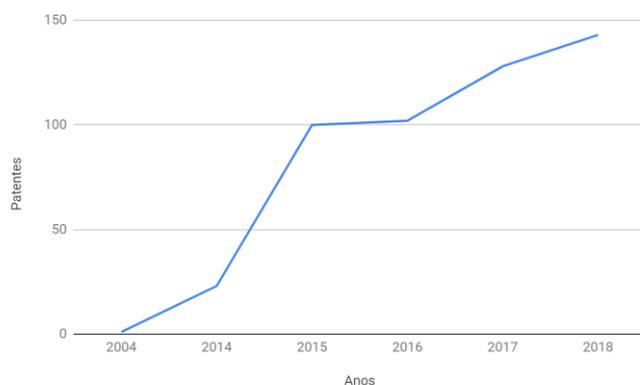
Figura 1. Distribuição de Patentes Existentes Atualmente



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Ao se analisar o mercado em que está inserido o asfalto borracha e as patentes existentes atualmente, podemos ver um grande número concentrado na China e algumas poucas espalhadas em partes do mundo. A pesquisa feita no primeiro quadrimestre do ano de 2019 no site da Espace Net apresenta que a China comporta 470 patentes a respeito do tema citado anteriormente de 500 patentes que existem no mundo e que estão disponíveis no site, o segundo maior país com mais patentes até a época é os Estados Unidos, com apenas 9 patentes.

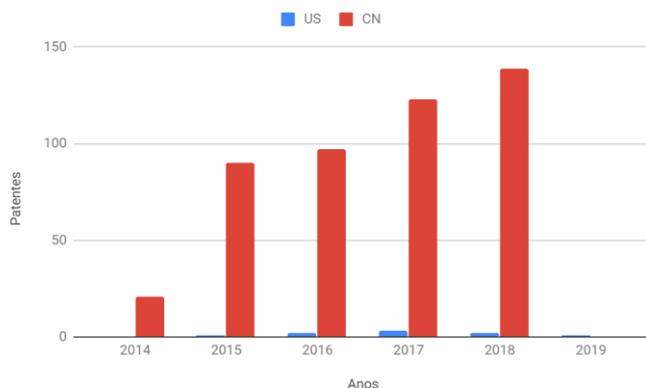
Figura 2. Quantidade de Patentes ao Longo dos Anos



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O gráfico acima mostra como as patentes cresceram mundialmente nos países até o ano de 2018, percebemos que a população mundial obteve uma conscientização ambiental melhorando as políticas de desenvolvimento sustentável, principalmente entre os anos de 2014 e 2015.

Figura 3. Países que Mais Possuem Patentes



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Através do gráfico apresentado acima, podemos identificar a grande diferença de patentes concedidas nos dois países que mais possuem patentes, como já podia se esperar pela análise anterior, a China cresceu mais a cada ano, enquanto nos Estados Unidos não apresentou uma diferença discrepante. Porém, os Estados Unidos continua sendo o exemplo econômico de muitos países, isso se dá pois esse país trabalha contratando muitos especialistas de várias partes do mundo e poucos pesquisadores que, de fato, são de origem americana, tendo como resultado um país rico em pesquisadores das mais diversas áreas.

Podemos perceber que, ao longo da história, muitos países seguiram as tecnologias e as inovações implementadas nos Estados Unidos, mas ao examinar as patentes da pesquisa em questão, vemos que a China possui uma tentativa maior de implementar a tecnologia do asfalto borracha em suas ruas. Essa técnica tem, entre outras, a necessidade de ser visualizada e compreendida pelos países como uma alternativa ecológica e, a longo prazo, econômica em questão de riquezas de matérias-primas, uma vez que elas serão economizadas, mas para essa inovação ter oportunidades de ser executada no resto do mundo, os países devem seguir o exemplo da China, já que ela cresce cada vez mais em questões econômicas e esse crescimento se dá pelo aprimoramento da inovação e das atualizações de infraestrutura.

Diante do cenário do problema ambiental através do acúmulo de pneus inservíveis, soluções para a destinação desses resíduos se faz totalmente necessário, a tecnologia asfalto borracha surge para amenizar esse problema, tirando esses pneus descartados na natureza e utilizando-os como matérias-primas, ele não só é uma boa solução ecológica, mas também uma maneira de obter asfaltos mais duráveis e seguros. Num país como o Brasil, onde a matriz de transporte é composta majoritariamente pela opção rodoviária, essa tecnologia traz melhorias significativas para a qualidade das rodovias do país, nos últimos anos engenheiros vem reconhecendo e se tornado cada vez mais conscientes de suas vantagens de desempenho, descobrindo sua maior resistência e tornando as estradas mais seguras.

O serviço de transporte tem papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico no Brasil com uma relação direta na produção e no consumo do país. A melhoria na qualidade das rodovias afetará positivamente na eficiência no transporte e, conseqüentemente, nos custos logísticos que, por sua vez, diminuirá os preços dos bens finais.

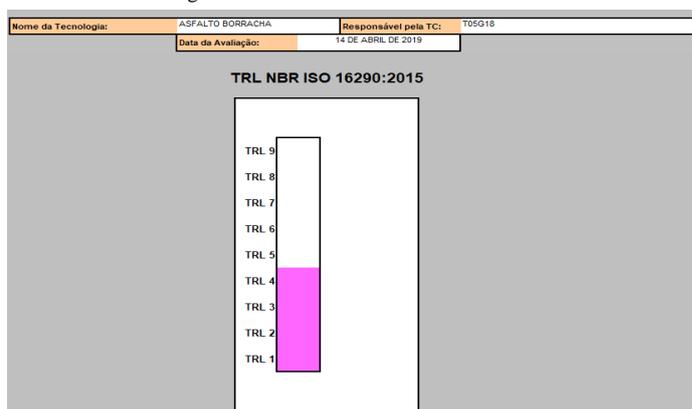
Atualmente, existem produtores que agem nessa indústria e procuram utilizar esse novo tipo de massa asfáltica não só na China, mas em diversos outros países, ainda é raro encontrar estradas com esses pavimentos por causa do seu alto custo de produção. Porém, à medida que a inovação ganha importância na economia do país, muitos agentes que atuam nesse mercado passarão a utilizar o asfalto borracha ou então falir pelo fato de ter um competidor que consegue lucrar com a produção dessa pavimentação.

5. Da Ciência aos Negócios Tecnológicos

A. Estudo de caso da pesquisa ‘Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Planta de Reciclagem de Pneus Inservíveis e Reuso de Polímeros’

Com a problemática da poluição ambiental e do desconhecimento das formas de reciclagem de pneus, o projeto de pesquisa coordenado pelo professor doutor Marco Antonio Leandro Cabral, com o tema “Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Planta de Reciclagem de Pneus Inservíveis e Reuso de Polímeros” visa a inovação e estabelecimento de uma política voltada a criação de produtos e processos inovadores que apresentam soluções para o descarte de materiais indesejados (como pneus e plásticos em geral), contribuindo para uma maior sustentabilidade da cadeia de suprimentos e agregando valor à economia local e regional. Como uma alternativa para a reciclagem desses pneus foi estudado o asfalto borracha, que é a mistura asfáltica comum conhecida como CAP e que, unida com a borracha, ele obtém características da borracha.

Figura 4. Nível de Maturidade do Asfalto Borracha



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Em relação ao nível de inovação do asfalto borracha, foi feito uma análise através da ferramenta TRL (Technology Readiness Levels) que calcula o nível de maturidade tecnológica de uma pesquisa, conclui-se que ela já cumpre os 4 primeiros níveis de maturidade. Com vários artigos científicos publicados em que foram identificados os princípios dessa tecnologia e estudos analíticos (pré-laboratoriais) – teste de elasticidade e ductibilidade – que indicaram uma provável viabilidade técnica de sua aplicação.

B. Estratégia de Transbordamento da Pesquisa Científica na Economia

Por se tratar de uma pesquisa que busca novos padrões de consumo, o asfalto borracha entra nos modelos do esquema de Technology-push. Esse conceito é permitido pois podemos encontrar ciência e inovação sendo utilizadas em pesquisa e desenvolvimento desse novo modelo de asfalto e o mesmo sendo testado dentro do próprio local de análise (por exemplo, os Estados Unidos que testam esse tipo de pavimento em suas rodovias) enquanto se administra o investimento que é preciso para alcançar os requisitos procurados com esse asfalto. Essas pesquisas são importantes pois buscam um novo padrão de consumo, já que o asfalto comum é menos sustentável que o pavimento feito com borracha de pneus inservíveis. Com esses objetivos também é possível tornar a estrutura de mercado maior com a chegada de novas opções de locais para se comprar pneus inicialmente sem utilidades e deixando o comércio mais sustentável.



Como o objetivo é o amplo uso do asfalto borracha no mercado mundial, essa inovação entra no mercado principalmente por meio de startup's, uma vez que a sua entrada por meio de patentes, por exemplo, implicaria na pouca utilização e visualização desse produto.

6. Considerações Finais

Como a reciclagem é um mercado importante para o meio ambiente e para a vida das pessoas, a pesquisa coordenada pelo professor doutor Marco Antonio Leandro Cabral tem grande potencial para entrar no mercado, já que podemos reciclar quase todo o material existente em um pneu e a sua reutilização, assim como a dos polímeros, é uma alternativa para gerar renda e evitar a extração excessiva de recursos naturais feita por muitas empresas. No entanto, mesmo diante de tantos benefícios, permanece certa resistência em se adotar essa tecnologia devido ao custo de produção, entretanto, vale ressaltar um aspecto importante de sua utilização que é a difusão dessa técnica. Essa propagação para um maior número de fabricantes fará baixar os custos iniciais e atrairá mais produtores, gerando, assim, um ciclo virtuoso, além de que o estudo por trás pode ser considerado uma ciência e inovação já que se trata de um novo modelo de asfalto.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurelio de. A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS. *Quim. Nova*, Campinas, v. 28, n. 1, p.65-72, 2005. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n1/13-RV03270.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2019.

DANIELLE; ARAÚJO, Luana. Avanços na Reciclagem de Polímeros. Disponível em: <<https://www.scribd.com/doc/23141121/Reciclagem-de-Polimeros>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MESQUITA, João Lara. Reciclagem do plástico, um drama da nossa geração. Disponível em: <<https://marsemfim.com.br/reciclagem-do-plastico/>>. Acesso em: 24 março 2019.

NEUPLAST. Inovações tecnológicas na reciclagem de plástico no Brasil. Disponível em: <<http://www.neuplast.com.br/blog/reciclagem/inovacoes-tecnologicas-na-reciclagem-de-plastico-no-brasil/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Scielo, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200007>. Acesso em: 09 mar. 2019.

SPECHT, Luciano Pivoto. Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus. 2004. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5192>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

OVIDEIO, Douglas Pereira. ASFALTO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INUTILIZADOS. 2018. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Para O Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.pgskkroton.com.br/bitstream/123456789/22893/1/DOUGLAS%20PEREIRA%20OVIDEIO.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

MENDES, Celso Bráulio Alves; NUNES, Fabio Rinaldi. ASFALTO BORRACHA - MINIMIZANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO DESCARTE DE PNEUS INSERVÍVEIS NO MEIO AMBIENTE. 2009. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção-civil, Faculdade Brasileira – Univix, Vitória, 2009. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/monografias/2asfalto.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.



ANDRADE, Hered de Souza. PNEUS INSERVÍVEIS: ALTERNATIVAS POSSÍVEIS DE REUTILIZAÇÃO. 2007. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293475.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

BETUSEAL. Vantagens do asfalto de borracha. Disponível em: <<https://www.betuseal.com.br/vantagens-asfalto-borracha/>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CATAPRETA, Cícero Antonio Antunes; ZAMBIASI, Clarissa Ana; LOYOLA, Letícia Aparecida de Jesus. USO DA BORRACHA DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO COMO UMA ALTERNATIVA ECOLOGICAMENTE VIÁVEL. 2016. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-084.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CRUZ, Adelina Novaes e; SARMENTO, Carlos Eduardo Barbosa; MOREIRA, Regina da Luz. A Petrobras e a auto-suficiência na produção de petróleo. Disponível em: <<https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/PetrobrasAutoSuficiencia>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

(China), Diário do Povo. Crescimento da China é um exemplo para o mundo. Disponível em: <<http://portuguese.people.com.cn/n3/2017/0330/c309806-9197150.html>>. Acesso em: 03 jun. 2019.