

Uma reflexão sobre o conceito de reciclagem de pneus

André Hekermann Buss (UTFPR) ahbuss@utfpr.edu.br

João Luiz Kovaleski (UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

Regina Negri Pagani (UTFPR) reginapagani@utfpr.edu.br

Resumo:

Vem crescendo no mundo o uso de veículos, e não se vê uma perspectiva de redução do número de veículos mundialmente. Este crescente mercado significa também o aumento do descarte de pneus em fim de vida, os quais também são chamados de pneus inservíveis. Existem diferentes meios para reciclar pneus. Estes meios são reconhecidos por organizações, institutos e patentes em todo mundo.

As legislações sobre os deveres e as responsabilidades dos fabricantes, distribuidores, importadores, inclusive dos consumidores são explanados neste artigo. Deixando mais claro que é reconhecido nas leis como parte de um processo de reciclagem.

Este artigo busca promover uma reflexão sobre o que é reciclar pneus e o que se vem praticando nesse sentido. Para isto mostra uma lógica comum sobre os processos de reciclagem de pneus como as patentes concedidas nos últimos 2 anos, bem como descrever os principais meios utilizados para reciclagem.

Com isto, promove-se a reflexão do conceito implícito do que é considerado reciclagem de pneus e o que se vem praticando.

O texto está percorrido em capítulos como a introdução, pneus no mundo, legislação, principais meios de reciclagem de pneus em fim de vida, patentes sobre pneus em fim de vida, metodologia da pesquisa, reflexão sobre os pneus inservíveis e conclusão.

Palavras chave: Reciclagem de pneus, Sustentabilidade, Patentes.

A reflection on the concept of tire recycling

Abstract

The use of vehicles is growing in the world, and there is no prospect of reducing the number of vehicles worldwide. This growing market also means increasing the disposal of end-of-life tires, which are also referred to as waste tires. There are different ways to recycle tires. These means are recognized by organizations, institutes and patents worldwide.

Legislation on the duties and responsibilities of manufacturers, distributors, importers, including consumers are explained in this article. Making it clearer that it is recognized in the laws as part of a recycling process.

This article seeks to promote a reflection on what is to recycle tires and what has been practiced in this sense. For this it shows a common logic on tire recycling processes such as patents granted in the last 2 years, as well as describe the main means used for recycling.

With this, we promote the reflection of the implicit concept of what is considered tire recycling and what has been practiced.

This article seeks to promote a reflection on what is to recycle tires and what has been practiced in the world in this sense. For this it shows a common logic on tire recycling processes such as patents granted in the last 2 years, as well as describe the main means used for recycling.

The text is covered in chapters such as introduction, tires in the world, main means of recycling end of life tires, patents on end-of-life tires, research methodology, reflection on useless tires and conclusion.

Key-words: Tire recycling, Sustainability, Patents.

1. Introdução

O desenvolvimento das tecnologias, junto com o aumento da população e a demanda por meios que gerem um ciclo de vida menor dos produtos, contribuem expressivamente para o crescente número de produtos em descarte, e com isto pode-se pensar no aumento de resíduos. (LAGARINHOS, 2013)

Todo ano são gerados milhares de pneus em fim de vida (ELT) que são descartados em todo o nosso planeta, podendo causar diversos problemas ambientais. (WBCSD, 2018)

Visando aspectos de reciclagem destes pneus, algumas aplicações são comuns ao analisar as patentes recentes com a palavra chave Tire recycling como por exemplo o uso na construção civil e como fonte de energia junto a fornos de indústria, segundo o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável. (WBCSD, 2018)

Em 2017 foram produzidos mais de 97 milhões de veículos, uma produção crescente em relação a anos anteriores, onde em 2015 se obteve 25,6 milhões de toneladas de pneus ELT (OICA, 2017).

No ano de 2006, onde um levantamento das informações de produção de pneus novos, indicando que os maiores produtores são a Europa com 405 milhões de unidade, América do Norte com 231 milhões de pneus novos, seguido da América do Sul e central com 84 milhões, enquanto a África e o Oriente médio produziram juntos 51 milhões. (JATMA, 2008)

O benefício trazido pelos automóveis trouxe consigo os impactos negativos gerados pelos resíduos da borracha. A quantidade de pneus gerados logo após seu uso e reuso e são descartados, tem grandes impactos negativos destes pneus junto ao meio ambiente. (SIENKIEWICZ et. al., 2012)

O objetivo deste trabalho é mostrar os principais meios e seus conceitos implícitos sobre reciclagem de pneus utilizados atualmente, e promover uma reflexão sobre o que deve ser considerado reciclagem de pneus inservíveis ou pneus em fim de vida.

Para atingir o objetivo, este artigo está composto em capítulos como os pneus no mundo, principais meios de reciclagem de ELTs, patentes, a metodologia utilizada, reflexão sobre ELTs e a conclusão.

2. Fundamentação teórica

2.1 Pneus no mundo

A Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (OICA, 2017), relata que em 2015 aproximadamente 100 milhões de veículos foram fabricados em todo o mundo, e nos países considerados maiores produtores cerca de 19,8 milhões de toneladas de resíduos de pneus foram geradas, isto significa cerca de 75% do que todo o mundo produz.

Os quatro maiores produtores de veículos mundiais são: China com 24,5 milhões de veículos produzidos enquanto os estados Unidos da América (EUA) produziram 12 milhões, e em 2017 a China chegou a registrar 29 milhões de veículos, o que significa um aumento de 15,5%, enquanto os EUA produziram em 2017 cerca de 11,2 milhões de veículos automotores, tendo um decréscimo de 7%. (OICA, 2017)

A Associação dos fabricantes de borrachas dos Estados Unidos da América (RMA, 2018),

indica que os Estados Unidos (EUA) possuem os maiores registros de ELTs do mundo, e os melhores índices de destinação destes pneus. Em 2018 os EUA produziram 255 milhões de pneus novos e 3 milhões de toneladas de pneus chegaram em seu estado de fim de vida, podendo ser reciclados.

A China, ficou em segundo lugar na geração de pneus novos no mundo, contudo não há uma legislação eficaz sobre o seu processo de destinação dos ELTs. (RMA, 2018)

Na União Europeia (UE) se tem o mais eficaz tratamento dos ELTs, isto se deve ao nível de controle e legislação vigente. (RMA, 2018)

2.2 Legislação

Os pneus em fim de vida, também são chamados de pneus sem uso, ou pneus inservíveis, e a definição para estes pneus é justamente o fato de não terem mais nenhuma utilidade conforme a sua finalidade para a qual foram criados, ou seja, para rodagem em estradas dando não apenas conforto ao usuário, mas principalmente sendo um meio que propicie segurança ao veículo e seus ocupantes. (CONAMA, 2009)

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), é um órgão brasileiro, e portanto, legisla sobre o nosso meio ambiente. Em sua resolução CONAMA nº 258/99, menciona que existe responsabilidades de transporte, coleta e principalmente da destinação final do produto no seu fim de vida é das empresas fabricantes deste produto. As importadoras dos pneus ELTs também tem a mesma responsabilidade e obrigações, cabendo dar uma destinação adequada sobre todo resíduo gerado. (CONAMA, 1999)

As leis e normas sobre como deve ocorrer a prevenção do meio ambiente, evitando que haja degradação da natureza por ELTs são regulamentada principalmente pelo CONAMA No. 416/2009. (CONAMA; 2009)

Lagarinhos et al. (2013), acrescenta que além dos citados pela CONAMA em 2009, também há responsabilidades dos Revendedores, distribuidores, os reformadores inclusive os consumidores, pois a cadeia responsável gera um meio saudável e sustentável.

Objetivando a redução do passivo ambiental a resolução CONAMA cita de forma clara e direta no seu artigo 10, que: “Os fabricantes e importadores poderão criar centrais para recepção de pneus em fim de vida, e serem localizadas e instaladas conforme normas ambientais para armazenamento temporário e posterior destinação final ambientalmente segura e adequada.” (CONAMA, 1999)

O CONAMA no seu artigo 3 e 11 deixa especificado que para cada quatro pneus importados ou fabricados, devem os fabricantes ou os importadores, que são legais responsáveis pelos mesmos, darem destinação para reciclagem a um pneu ELT. (CONAMA, 1999)

Os resíduos sólidos estabelecidos pela França no seu decreto de 92.377 de 1993, estabelece que os ELT são considerados um passivo ambiental e de responsabilidade dos fabricantes e devem ter uma gestão que vá do seu nascer o qual é chamado do berço ao seu túmulo, ou seja, seu fim de vida. (RODRIGUES, 2008)

Na União Europeia, a legislação segue semelhantemente as leis francesas, nas diretivas 91/157 da Comunidade Econômica Europeia. (RODRIGUES, 2008)

2.3 Principais meios de reciclagem de ELTs

Os principais meios difundidos na sociedade para reciclar pneus são recapagem, recauchutagem, remoldagem, e os processos de pirólise, microondas e por criogenia.

O processo de recapagem é caracterizado por substituir a banda de rodagem por uma nova borracha de pneu, prolongando a vida útil da carcaça do pneu usado. Este processo passa pelas etapas como raspagem da banda de rodagem antiga, promovendo resíduos de borrachas em lascas. Logo em seguida são feitos sulcos e adicionado a nova banda de rodagem o qual é vulcanizada para dar a devida aderência. (PEDRAM et. al, 2017; BANDAG, 2018)

O processo de recauchutagem tem-se a troca da banda de rodagem mais os ombros da carcaça do pneu são cobertos por uma camada conhecida como camelback. (PEDRAM et. al, 2017; BANDAG, 2018)

Na remoldagem ocorre a substituição da borracha de talão a talão. (BANDAG, 2018)

Anualmente são descartados grandes quantidades de pneus que não apresentam nenhuma aplicação ou utilidade, são os pneus ELTs, os principais destinos destes pneus são para mercados como combustível derivado de pneus (TDF), queima em fornos, junto a engenharia civil e trituração da borracha para várias destinações. (RMA, 2018)

O processo de pirolise extrai dos ELTs diferentes tipos de óleos que podem ser usados como combustível, sendo uma opção mais limpa, ao se comparar com outros métodos como a extração e uso de carvão, seja vegetal como mineral. Estes óleos são destinados em geral para uso junto a indústria química. (ETRMA, 2018)

A borracha moída é oriunda da trituração de ELTs em pedações, os quais possuem diferentes granulometrias. As principais aplicações destas borrachas moídas são para tapetes de borrachas, produtos para playground, produtos de paisagismo e para asfalto modificado. Outras aplicações são junto a indústria de cimento, indústria de papel e de celulose, principalmente como fonte de energia ao serem queimados nos fornos e caldeiras. (RMA, 2018)

O processo de pirolise é qualificado como processo de degradação térmica dos componentes orgânicos do ELT, realizadas em altas temperaturas, sem a presença de oxigênio. (HOSSAIN et al., 2017; MARTÍNEZ et al., 2013; TRONGKAEW et al., 2011)

Para Rajan et al. (2006), a reciclagem por microondas é realizado devido a energia fornecida, suficiente para romper as ligações químicas em temperaturas elevadas junto a estrutura química da borracha dos pneus.

O processo por criogenia consiste em abaixar a temperatura da borracha dos pneus a uma temperatura abaixo da temperatura de transição vítrea, o que deixa as ligações químicas mais rígidas, e logo em seguida há a trituração desta borracha em moinho de impacto, fragmentando em pedaços menores e em diferentes granulometria, os quais são separados por peneiramento. (KARGER-KOCSIS et. al., 2013)

2.4 Patentes

2.4.1 Processo por criogenia:

A patente US5.634.599, intitulada: Tire recycling process, (LENS, 2018). A invenção se refere a um processo para reciclagem de pneus, onde se reduz a borracha de pneus em material pulverizado. Este processo envolve primeiro a trituração dos pneus, sendo as partículas resfriadas por criogenia onde se tornam frágeis. As peças frágeis são então pulverizadas para se obter partículas menores.

A patente US5385307A, pertence ao código de acesso da patente (LENS, 2018), conhecida como: Cryogenic tire recycling system. Patente registrada, cita que dos pneus são retirados os

arames e suas fibras por uma garra que engata nos metais e puxa-os. A partir deste momento, os pneus são cortados em pedaços grandes, e posteriormente são colocados em nitrogênio líquido, processo que promove a criogenia, o qual deixa os pedaços de pneus frágeis a ponto de serem quebrados facilmente e tornando-os em partículas de borrachas (chips) que são separadas por peneiramento em diversos tamanhos.

2.4.2 Processo por pirolise:

O sistema de pirolise em lote é destacado na patente US2006/0163053A1, de Batch pyrolysis system, desenvolvido em 2006 (LENS, 2018). Esta patente tem o princípio de se colocar diversos pneus formando um lote dentro da máquina de pirolise. Existe uma câmara que com pressão e vácuo controlado, desfaz do pneu usado, gerando vapores e posteriormente há a formação de óleos ao passar pelo condensador.

Na patente US2017/0114222A1, Method For Obtaining A Carbon Black Powder By Pyrolyzing Scrap Rubber (LENS, 2018), onde objetiva pela pirolise obter negro de fumo, o qual não tem um processo de reciclagem definitivo.

2.4.3 Processo por micro-ondas ou eletromagnetismo

A patente Apparatus and processes suitable for tire degradation ([LENS, 2018](#)), com código US6.693.265B1, utiliza microondas para quebrar a estrutura química do pneu, dentro de uma câmara apropriada. Nesta câmara é introduzido gás inerte no processo para evitar explosões devido aos componentes e vapores gerados.

A patente EP2993217B1, é chamada de Devulcanization Of Rubber And Other Elastomers. Trabalha com o processo de quebra de partículas de elastômero reticulado, com a utilização de um campo dielétrico de radiofrequência entre 1 e 100 MHz e tensão entre 1000 e 10.000 V, acionado diretamente nas borrachas de pneus, provocando a sua desvulcanização.

4. Metodologia da pesquisa

Para análise bibliométrica neste trabalho foi definido o termo de busca: Tire Recycling e Tyre Recycling na base de dados da ScienceDirect.

Foi realizada uma revisão de literatura estruturada de acordo com o methodi ordinatio proposta por Pagani et. al. (2015). A metodologia é constituída de 9 etapas conforme figura 1. É uma metodologia multicritério que classifica os artigos conforme o fator de impacto, ano de publicação, e o número de citações dos artigos analisados.

As principais etapas do methodi ordinatio são: a) Estabelecer as palavras chaves para pesquisa, b) Combinação das palavras chaves (se houver necessidade), c) Filtrar os artigos selecionados conforme foco da pesquisa, d) Identificar fator de impacto, ano de publicação e número de citação, e) Criar rank.

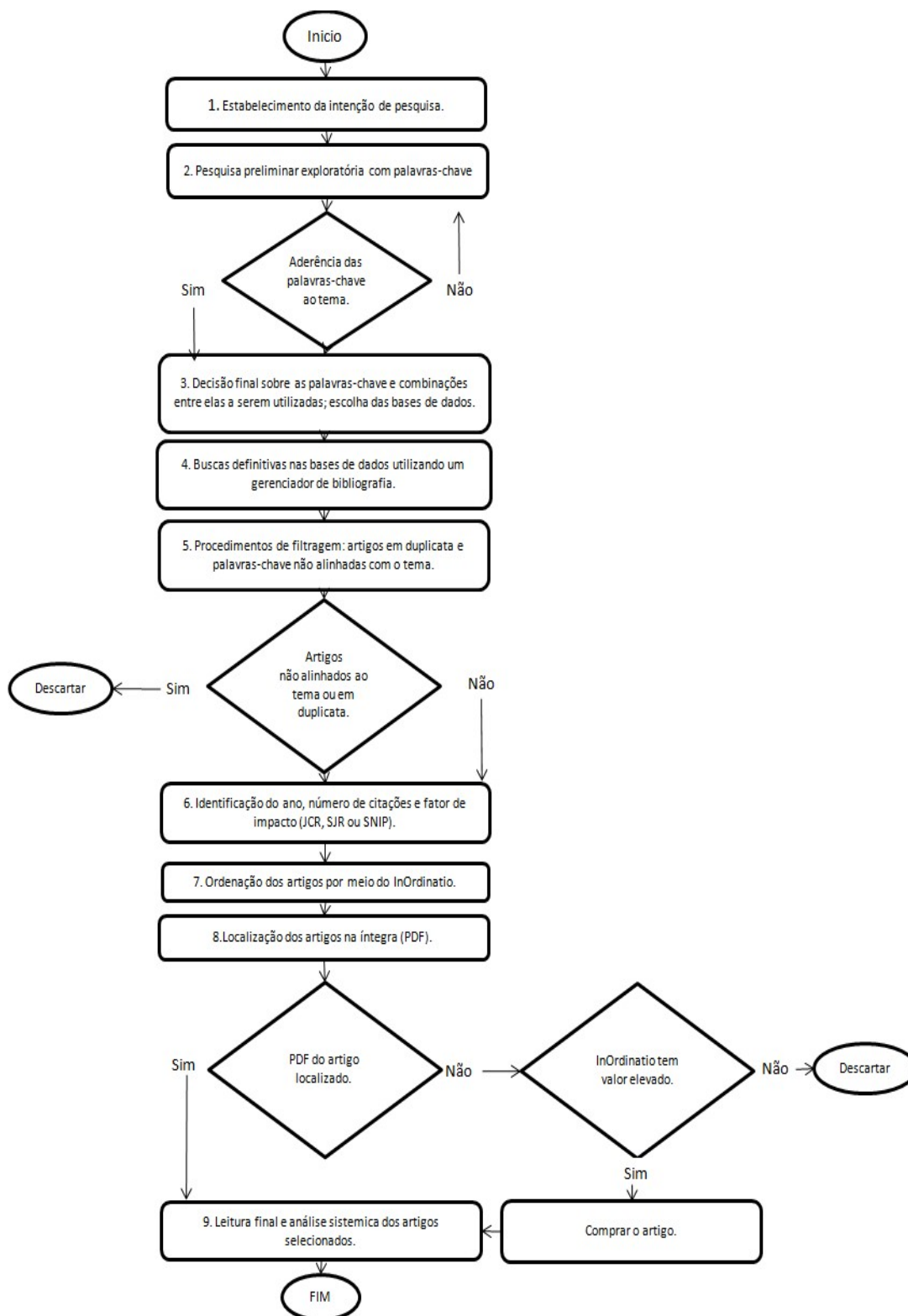


Fig. 1 – Etapas da metodologia Methodi Ordinatio (PAGANI et al., 2015)

A base de dados utilizada neste artigo foi a ScienceDirect por ser multidisciplinar e indexar somente os artigos mais citados em suas respectivas áreas. Contém um índice de citações, informando, para cada artigo, os documentos por ele citados e os documentos que o citaram, outra característica é fato de ser uma plataforma que permite a aplicação de todos os softwares usados nesta pesquisa.

Os softwares escolhidos para gerenciar o material encontrado na base de dados foram o Mendeley®, Jabref® e Excel®.

O Mendeley® é um programa gratuito colaborativo, que permite a partilha de informação online. Define-se como “academic social network”. É integrável com o processador de texto Microsoft Word. Permite o armazenamento de PDF’s e permite a pesquisa de informação dentro da própria plataforma, além de importar e exportar bibliografia de outros softwares.

Para a manipulação de dados foi utilizado o software JabRef® (Software livre e editor avançado de BibText). Este software permite a importação de vários formatos, cria e customiza formatos de exportação e possibilita traduções automáticas.

O programa Excel® foi utilizado para aplicação da fórmula do Method Ordination. A partir desta análise sistêmica foi possível definir os principais autores, periódicos, instituições e evento que tratam do tema proposto nesta pesquisa.

Para saber o número de citações usou-se o Google Scholar. Por fim, a métrica escolhida para o estudo foi o CiteScore.

A pesquisa realizada conforme palavras chaves sem limitador de tempo, conseguiu 63 artigos relacionados, onde após os procedimentos de filtragem, definido pela exclusão de: I) artigos de conferência e capítulos de livro; II) artigos duplicados; e, III) artigos não relacionados ao escopo do estudo. Aplicou-se posteriormente a leitura sistemática e análises dos 20 primeiros artigos, os quais possuem potencial para citação.

A pesquisa das patentes foram realizadas junto a Lens (2018), por ser um banco de dados completo, atualizado e de fácil interpretação com a palavra chave “Tire recycling”, com dados dos dois últimos anos, e com classificação junto ao banco de dados como patentes concedidas. Dentro destes parâmetros foram obtidas 9 patentes com o processo de reciclagem de pneus via pirolise, 2 patentes por criogenia, 57 patentes via microondas ou processo eletromagnético. Neste artigo será apresentado apenas as 2 primeiras patentes classificadas em cada processo de reciclagem de pneus, pois são as mais relevantes conforme a classificação do próprio site do levantamento do estudo.

Os levantamentos de patentes e bibliográficos foram realizados em março e julho de 2018 respectivamente.

5. Reflexão sobre ELTs

Quando se pensa no termo reciclar pneus, se busca não apenas arrecadar os ELTs, mas em dar destinação ambientalmente correta. Contudo, muitos meios de destinação são usados como reciclagem, como por exemplo o simples ato de triturar, seja pelo processo de criogenia, triturando a borracha dos pneus em diferentes tamanhos. Mas sabe-se que tais processos não significam amplamente o termo reciclagem de pneus, pois apenas geram resíduos em tamanhos

diferentes do que os recolhidos.

O processo de recauchutagem, recapagem, remoldagem buscam a prolongar a vida útil dos pneus, mas em seus processos já provocam resíduos de borrachas de pneus em lascas de diversos tamanhos ao se fazer a raspagem dos pneus. Mesmo tendo o pneu sua vida prolongada, está chegando ao seu final, sendo um resíduo.

Os produtos obtidos ao final do processo de pirólise que são óleos, gases, carvão sólido, negro de fumo e sucata de aço. Pode-se afirmar que há deste processo um novo resíduo que não apresenta uma aplicação prática como o negro de fumo, tendo a sucata de aço e os óleos destinação em outros segmentos industriais. O processo de reciclagem de pneus via pirólise não é usada em escala justamente pelo seu alto custo de implantação. (SIENKIEWICZ, 2012)

O processo de microondas, também tem um alto custo dificultando seu processo em grande escala, principalmente em países em que tenha o valor da energia elétrica elevada, não tornando este processo viável comercialmente. Observando outra desvantagem do microondas, pode-se citar que o resultado final são fragmentos de borrachas em diferentes tamanhos. Analisando sobre aspectos técnicos das propriedades do material desvulcanizado, pode-se afirmar que por microondas tem a vantagem do controle da temperatura (RODRIGUES, 2008)

Pode-se verificar pelos processos de reciclagem de pneus apresentados, que todos tem em comum o fato de buscarem prolongar a vida útil dos pneus num primeiro instante, ou um reaproveitamento da borracha de pneus como aplicações em outras finalidades. Mas para isto geram em seu processo resíduos desta mesma borracha, como por exemplo o negro de fumo, onde são partículas muito finas de borrachas de pneus que não se tem um destino viável atualmente.

As patentes registradas indiferentes do processo de reciclagem utilizado, também reforçam que a sociedade atual considera reciclar o fato de se reutilizar, não o ato mais amplo de se dar uma aplicação prática direta e definitiva. Pois, gerar fragmentos de borrachas de pneus, é como redimensionar o resíduo em partes menores, favorecendo o seu espalhamento no meio ambiente.

Portanto, uma nova mentalidade sobre o conceito de reciclagem de pneus deve ser feita, redefinindo reciclagem.

Atualmente reciclar segue o padrão geral de um processo de ciclo de vida, como o nascimento do produto, seu uso e aplicação, reuso, e fim de vida, sendo um recurso considerado finito. Mas deve-se pensar em reciclagem como um recurso de materiais “infinito”, tendo depois do seu reuso um novo processo de reaplicação.

6. Conclusões

Há normas, leis e diretrizes que definem o que deve ser uma reciclagem e as responsabilidades envolvidas. Estas legislações são aplicadas no Brasil pelo CONAMA, como há na França uma pertinente a sua realidade, onde auxiliou a orientar a legislação da União Européia. Em comum nessas leis é o fato de considerar os ELTs um passivo ambiental e que seu resíduo é contaminante do meio ambiente.

Conclui-se que os meios de reciclagem de ELTs, seja os indicados por patentes concedidas, sejam os meios mais consagrados como os processos de reciclagem (pirólise, microondas, criogenia), conforme mostra este artigo. Há em comum entre patentes e os processos, que todos de forma implícita ou explícita em suas descrições. Tem o sentido de reciclagem equivocado e cabe uma reflexão, pois o simples ato de reuso das carcaças de pneus ELTs, e/ou a trituração

das borrachas deste pneus já são consideradas como meios de reciclagem atualmente. Contudo, sabe-se que partículas menores não é um produtos finais, e este resíduo agora em partículas menores de borrachas de ELT são muito mais fáceis de serem espalhado no meio ambiente.

Os processos de reciclagens não apresentam um meio definitivo e são sim um processo intermediário de reciclagem, pois em todos os casos descritos como os processos da pirolise, o microondas ou por cirogenia tem como resíduo o negro de fumo, o qual não se tem uma reciclagem que forme um ciclo de vida tendendo ao infinito.

Todos os processos de reciclagens apresentam um ciclo de reuso ou formação de um produto que uso finito.

Com isto, pode-se finalizar a importância de se refletir sobre o conceito implícito ou explícito nos diferentes processos utilizados, onde deve-se gerar um novo conceito mais amplo e significativo para redefinir o que é reciclar, pois não está havendo concordância das definições dos órgãos oficiais de países como a França ou a União Européia, com o que se vem praticando abertamente no mercado de ELTs.

7. Referencias

BANDAG, 2018. Empresa brasileira de recapagem de pneus. Disponível em <<https://www.bandag.com.br>> Acesso em 22 de setembro de 2018.

BRASIL. Resolução n. 416, de 30 de set. de 2009. RESOLUÇÕES CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 416, p. 64-65, Out. 2009. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em 5 setembro de 2018.

ETRMA, 2017. Annual Report 2017 - Moving innovation that cares, ETRMA (European Tyre and Rubber Manufacturers' Association). Disponível em: <<http://www.etrma.org/>>. Acesso em 19 Setembro de 2018.

HOSSAIN, M. A.; GANESAN, P.; JEWARATNAM, J.; CHIANG, K. (2017). Optimization of process parameters for microwave pyrolysis of oil palm fiber (OPF) for hydrogen and biochar production. Energy conversion and management, 133, 349-362.

JATMA, 2008. The Japan automobile tyre manufacturers association. Tire industry, Japan 2008. [S.l.]:32 p.

KARGER-KOCSIS, J.; MESZÁRIOS, L.; BARANY, T. (2013). Ground tyre rubber (GTR) in thermoplastics, thermosets, and rubbers. *Journal of Materials Science*, 48(1), 1-38.

LAGARINHOS, C. A.; TENÓRIO J. A. (2013). Logística reversa dos pneus usados no Brasil. *Polímeros*, 23(1), 49-58.

LENS, 2018. Banco de Dados Mundial de Patentes Abertas da Cambia e da Universidade de Tecnologia de Queensland. Disponível em <<https://www.lens.org/lens/patents>> Acesso em 12 de julho de 2018.

MARTINEZ, J. D.; PUY, N.; MURILLO, R.; GARCIA, T.; NAVARRO, M. V.; MASTRAL, A. M. (2013). Waste tyre pyrolysis – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 179-213.

OICA, 2017. Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em <<https://www.oica.net/>> Acesso em 18 de setembro de 2018.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. (2015). Methodi ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication, *Scientometrics*, Vol. 105 (3), pp 2109-2135. doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x

PEDRAM, A.; YUSOFF, N.; UDONCY, O.; MAHAT, A.; PEDRAM, P.; BABALOLA, A. (2017) Integrated forward and reverse supply chain: A tire case study; Waste Management, Vol. 60, pp. 460-470. doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.029

RAJAN, V. V.; DIERKES, W. K.; JOSEPH, R.; NOORDEMEER, J. W. (2006). Science and technology of rubber reclamation with special attention to NR-based waste latex products. Progress in polymer science, 31(9), 811-834.

RODRIGUES, M. R. P. (2008). Caracterização e utilização do resíduo de borrachas de pneus inservíveis em compósitos aplicáveis na construção civil. Tese Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

RMA, 2018. United States Rubber Manufacturers Association (Associação dos fabricantes de borracha dos Estados Unidos da América). Disponível em <<https://www.ustires.org/>> Acesso em 10 de agosto 2018.

SIENKIEWICZ, M.; KUCINSKA-LIPKA, J.; JANIK, H.; BALAS, A. (2012) Process in used tyres management in the European Union: A review, Waste Management, Vol 32, Issue 10, pp. 1742-1751.

TRONGKAEW, P.; UTISTHAM, T.; REUBROYCHAROEN, P.; HINCHIRANAN, N. (2011). Photocatalytic desulfurization of waste tire pyrolysis oil. *Energies*, 4(11), 1880-1896.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável). Disponível em < <https://www.wbcsd.org> > acesso em 14 de julho de 2018.