

Matriz de indicadores de sustentabilidade: estudo de caso da logística reversa de pneus inservíveis em Ananindeua-PA

PAULO VITOR DOS SANTOS GONÇALVES
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

HÉLIO RAYMUNDO FERREIRA FILHO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

FÁBIA MARIA DE SOUZA

ALINE DE OLIVEIRA FERREIRA

AMANDA ALBUQUERQUE GOUVÊA RAMOS

MATRIZ DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASO DA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM ANANINDEUA-PA

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação com a proteção do meio ambiente e a elevada produção industrial de pneumáticos, a problemática da disposição inadequada dos resíduos de pneus aumentou principalmente por conta de suas características de difícil degradabilidade e por ocuparem muito espaço nos aterros sanitários (DHOUIB, 2014).

A questão ambiental da disposição inadequada desse resíduo é relevante também, quando se observa os valores de produção de novos pneus no Brasil no ano de 2016, em que foram inseridos cerca de 67,8 milhões de unidades de pneus, atingindo a marca de 694,5 milhões de unidades produzidas no período de 2006 a 2016 (ANIP, 2017). Atrelado aos números de produção, estima-se que 100 milhões de pneus estejam abandonados em aterros, lixões, córregos, lagoas e rios do Brasil, acarretando impactos ambientais, sérios problemas de saúde pública e gestão de resíduos (ANIP, 2016).

Os danos provocados ao meio ambiente por produtos descartados incorretamente fizeram com que a sociedade exigisse dos órgãos reguladores, formas de controle, redução e reversão dos impactos. Com isso, surgiram as legislações ambientais e regulamentações voltadas para a destinação adequada dos produtos usados (IBÁÑEZ-FÓRES *et al.*, 2018).

Dentre as legislações, destaca-se a promulgação da Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e a sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, também é uma importante ferramenta para atenuar os danos ambientais causados pelos pneus. Esta lei estabelece que todos os fabricantes, importadores, revendedores e comerciantes de pneus, e outros materiais, sejam responsáveis pela estruturação e implantação do sistema de logística reversa, retornando os produtos após o uso pelo consumidor para destinação adequada, de maneira independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Apesar dos avanços a respeito desta temática e do desenvolvimento da legislação e medidas mitigadoras, percebe-se que existem disparidades quanto ao volume de pneus inservíveis destinados de maneira adequada nas regiões do Brasil. No relatório de pneumáticos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do ano de 2016, foram destinadas cerca de 493 mil toneladas de pneus no Brasil, sendo o maior montante referente a região sudeste, com 50% de participação, e a menor participação advinda da região norte com 1,94%, sendo nesta região, o Estado do Pará o menor contribuinte nacional com apenas 282 toneladas (0,06% do total destinados) (IBAMA, 2017).

No Estado do Pará, de acordo com dados do IBGE (2017), Ananindeua é o segundo município mais populoso e concentra uma frota aproximada de 120 mil veículos em geral (DENATRAN, 2018). A quantidade de veículos demonstra um cenário preocupante quanto à problemática de pneus inservíveis, visto que a contribuição da região para destinação adequada é reduzida quando comparada com outros estados e regiões do país.

Desta forma, percebe-se que existem pressões ambientais relacionadas à presença dos pneus inservíveis oriundos de uma quantidade elevada de veículos nesses municípios que podem gerar impacto ambiental. Assim, justifica-se a análise destas pressões e impactos causados por esses pneus como ferramenta para conhecer o cenário atual da interação desse tipo de resíduo com o meio ambiente e a sociedade nesses municípios. Portanto, o objetivo desta pesquisa é elaborar um diagnóstico situacional da logística reversa dos pneus inservíveis no município de

Ananindeua-PA, através da aplicação do sistema de indicador de sustentabilidade pressão-estado-impacto-resposta (PEIR).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Foram necessários 21 anos de discussões no Congresso Nacional para que o Governo Federal aprovasse e sancionasse a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (GODOY, 2013). A Lei nº 12.305 instituiu a PNRS, estabelecendo um quadro regulatório contendo elementos necessários para o setor de resíduos sólidos, buscando solucionar um dos grandes desafios enfrentados pelos governos e pelo conjunto da sociedade brasileira: a amplitude do problema da geração de resíduos sólidos e o seu manejo adequado (GOBBI et al., 2017).

A Lei nº 12.305/10 possui como principais pontos de inovação a inserção do conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, reconhecendo a necessidade de participação de todos os elos da cadeia, o incentivo ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores configurando uma ação socioambiental (BRASIL, 2010).

A logística reversa na PNRS é considerada um destes instrumentos de implementação da responsabilidade compartilhada, viabilizando um conjunto de ações que visam a coleta e a restituição dos produtos e resíduos sólidos remanescentes ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (ABRELPE, 2015).

Com o conceito de logística reversa e responsabilidade compartilhada, a Lei nº 12.305/10 no artigo 33 determina a obrigatoriedade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus na implantação de um sistema de logística reversa, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

2.2 Marco Regulatório para a Destinação Final de Pneus

A preocupação em regulamentar os processos de destinação final de pneus ou pneumáticos é relativamente recente, e vem sendo liderada principalmente pelas ações do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, órgão do governo federal responsável pelas Resoluções, Moções e Recomendações destinadas a regulamentar algumas atividades ambientais mantidas pelas empresas (FLORIANI; FURLANETTO; SEHNEM, 2016).

A Resolução CONAMA nº 258 de 26 de agosto de 1999, determina que os fabricantes sejam os responsáveis pelo destino dos pneus inservíveis. A resolução estabelece, desde 2002, que os fabricantes e importadores de pneus devem coletar e dar destinação final aos pneus inservíveis. A Resolução CONAMA nº 258/99 entrou em revisão em 2006 pelo IBAMA, e em 30 de setembro de 2009, foi aprovada a Resolução CONAMA nº 416/09 que dispõe sobre prevenção da degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sobre a destinação final adequada a esses objetos (CONAMA, 1999; CONAMA, 2009).

A Resolução CONAMA nº 416/09 classifica os pneus em novos, usados, reformados e inservíveis, e estabelece como destinação ambientalmente adequada os procedimentos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e seus elementos constituintes reaproveitados, reciclados ou processados por técnicas admitidas pelos órgãos ambientais (CONAMA, 2009).

De acordo com Resolução CONAMA nº 416/09, os fabricantes e importadores de pneus novos com peso unitário superior a 2 kg, são obrigados a coletar e a proporcionar destinação final de seus resíduos ao final de sua vida útil. Além disso, é fixada uma meta em que para cada pneu comercializado para reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível (CONAMA, 2009).

A Resolução recomenda ainda que, fabricantes e importadores devem elaborar um plano de gerenciamento de coleta, armazenamento e destinação de pneus inservíveis, com descrição da estratégia adotada para coleta, indicação de pontos de coleta para receber e armazenar provisoriamente os pneus e centrais de depósito para armazenamento temporário de pneus inservíveis, inteiros ou picados, descrição das modalidades de destinação, e programas educativos a serem desenvolvidos junto aos agentes envolvidos (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013).

Esta mesma resolução regulamenta que os fabricantes e importadores devem implantar pontos de coletas nos municípios com mais de 100.000 habitantes, ou terceirizar esse serviço desde que defina no seu plano de gerenciamento. Ainda prevê que os estabelecimentos de comercialização podem funcionar como pontos de coleta e que os fabricantes e importadores devem divulgar amplamente a localização dos pontos de coleta e das centrais de armazenamento de pneus inservíveis (CONAMA, 2009).

2.2 Logística Reversa

O interesse dos gestores pela prática da logística reversa é crescente devido a vários fatores como o endurecimento das legislações ambientais, a pressão dos consumidores e os benefícios para a imagem da empresa (DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016). O autor ainda destaca que a competitividade e os avanços tecnológicos que propiciam, de um lado, a obsolescência dos produtos e diminuição do ciclo de vida, e de outro, o desenvolvimento de novos materiais e técnicas que possibilitam as atividades de reuso e reciclagem favorecendo a inserção da logística reversa nos processos de gestão.

A logística reversa, de acordo com Rogers e Tibben-Lembke (1998) é o processo de planejar, implementar e controlar os fluxos reversos de matérias-primas, em inventário de processo, embalagens e produtos acabados, desde o ponto de fabricação, distribuição ou uso, até um ponto de recuperação ou ponto de descarte adequado.

A *Reverse Logistics Executive Council* – RLEC, órgão de referência mundial sobre o assunto, também define a logística reversa como sendo o processo de movimentação de mercadorias do seu destino típico para outro ponto, com o objetivo de obter valor de outra maneira indisponível, ou com o objetivo de efetuar a disposição final dos produtos (RLEC, 2017).

Leite (2017) afirma que a Logística Reversa é a área da logística empresarial que projeta, atua e controla o fluxo e as informações logísticas adequadas ao retomo dos bens de pós-vendas e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos, acrescentando-lhes valores econômicos, ecológicos, legais, logísticos, de imagem corporativa, entre outros.

De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010), a logística reversa é considerada como instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Conforme Fonseca et al. (2017), as definições, de maneira geral, caracterizam a logística reversa como um conjunto de atividades de planejamento, controle e decisões voltadas ao fluxo de bens, resíduos, materiais ou peças, a montante das redes de suprimentos, ou seja, do consumidor ao produtor, com objetivos de revalorizar, ampliar os ciclos de vida e reduzir os descartes, ou destinar corretamente.

2.3 Logística Reversa de Pneus Inservíveis no Brasil

Pedram et al. (2017), consideram o sistema de logística reversa um importante instrumento voltado à mitigação da problemática do pneu inservível, visto que sua correta implantação

propicia a redução deste resíduo por meio da coleta, transporte e destinação ambientalmente adequada deste material.

Segundo Lagarinhos e Tenório (2013), a maior dificuldade para a implantação da logística reversa no Brasil é a realização da coleta e do transporte, pois em muitos casos, esses pneus estão localizados em regiões de difícil acesso, o que torna o processo inviável do ponto de vista econômico pelo custo logístico. Souza e D'Agosto (2013), ressaltam que o custo logístico representa cerca de dois terços do custo total do pneu processado, e corroboram a importância da elaboração de estudos sobre a configuração da rede logística reversa para a redução de tais custos.

A logística reversa de pneus inservíveis no Brasil tem como pioneira a Associação Nacional da Indústria de Pneus – ANIP, que iniciou em 1999 o “Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis”, dando os primeiros passos para a gestão deste tipo de resíduo. Posteriormente, originou-se a partir deste programa a RECICLANIP, uma entidade sem fins lucrativos criada em 2007 pelos fabricantes de pneus com o objetivo de administrar o processo de coleta e destinação de pneus inservíveis em todas as regiões brasileiras (RECICLANIP, 2017).

A forma mais comum de destinação dos pneus inservíveis no Brasil é como combustível alternativo para a indústria de cimento, que em 2017 respondeu por 60,23% do total. Em segundo lugar no ranking está a fabricação de granulado e pó de borracha para utilização em artefatos de borracha, ou asfalto borracha, respondendo por 27,15% da destinação. Na sequência, está a laminação, que utiliza o pneu inservível como matéria-prima para fabricar solado de sapato, dutos fluviais etc., que representam 11,54%, e por fim, o uso no processo de pirólise com 1,08% (IBAMA, 2017).

Assim, devido ao sucesso das ações da Reciclanip e principalmente devido a entrada em vigor da PNRS em 2010, nos últimos anos aumentou o enfoque quanto à situação dos pneus inservíveis nos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) dos principais municípios e capitais brasileiras, com parcerias e medidas concretas no sentido de viabilizar a coleta e a destinação ambientalmente adequada desse passivo ambiental no território nacional (FLORIANI; FURLANETTO; SEHNEM, 2016).

2.4 Sistema Indicador de Sustentabilidade

Os sistemas indicadores de sustentabilidade são importantes instrumentos de mensuração utilizados para prover informações para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente, da economia e da sociedade (VERMA; RAGHUBANSHI, 2018). Esses indicadores são ferramentas que auxiliam os tomadores de decisão na avaliação de desempenho em relação aos objetivos estabelecidos com informações para o planejamento de futuras ações (PUPPHACHAI; ZUIDEMA, 2017).

O uso do sistema de indicadores contribui para a análise dos impactos que incidem sobre o meio ambiente e a redução ou mitigação dos mesmos, e sintetizam as informações sobre os fenômenos estudados de forma a facilitar no processo de comunicação com os diferentes públicos-alvo (RAMOS-QUINTANA et al., 2018). A análise dos indicadores reflete na percepção dos atores envolvidos na pesquisa, considera os fatores do lugar estudado e permite o entendimento da complexidade inerente a cada localidade (LIU et al., 2018).

Além disso, os indicadores de sustentabilidade constituem parâmetros com relevante enfoque sobre a realidade em escalas diferentes de abrangência, dentro de um contexto multidisciplinar, para suprir com informações contundentes na tomada de decisão (EHARA et al., 2018). Assim, devido a utilidade deste instrumento, cresce a busca pela sua elaboração por parte dos organismos governamentais, não governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo (PUPPHAICHA; ZUIDEMA, 2017).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no município de Ananindeua, localizado no estado do Pará, segundo município mais populoso do estado com 516.057 habitantes (IBGE, 2017). Os dados para a realização do estudo foram coletados em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado o levantamento de dados secundários sobre a logística reversa de pneus inservíveis e quais os principais atores deste setor no município por meio de pesquisa bibliográfica.

A segunda etapa consistiu na aplicação de formulários aos representantes do poder público de Ananindeua, representado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), e aos revendedores de pneus associados à RECICLANIP (instituição da indústria de pneus responsável pela cadeia reversa deste material no cenário nacional). Por tanto, o espaço amostral foi constituído pela SEMMA de Ananindeua e por duas revendedoras de pneus associadas à RECICLANIP existentes no município.

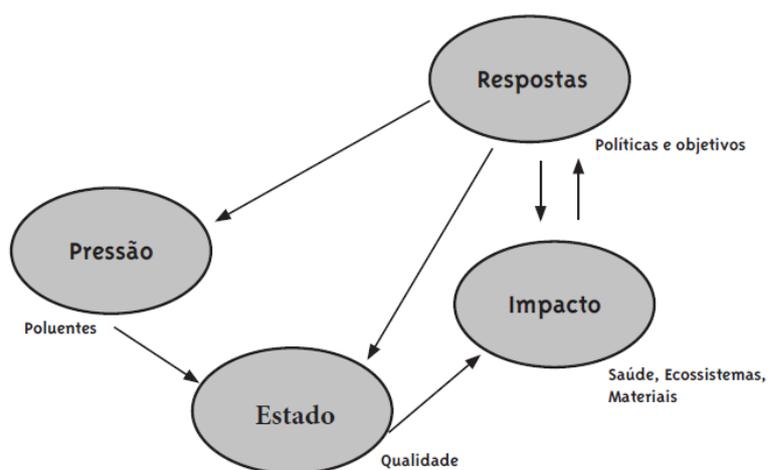
Os formulários foram elaborados de acordo com a bibliografia (GOVINDAN; BOUZON, 2018), e abordam aspectos relativos as dificuldades, as iniciativas e a destinação dos pneus inservíveis pelos revendedores, consumidores e poder público, nível de conhecimento quanto ao tema e sobre armazenamento, transporte e coleta dos pneus inservíveis, de forma que subsidiem informações para elaboração do cenário da logística reversa na área de estudo.

Os dados coletados obtidos pelos formulários aplicados foram discutidos de acordo com a legislação ambiental aplicada e a pesquisa bibliográfica relacionado aos pneus inservíveis e a logística reversa. Os formulários permitiram o levantamento (*survey*) qualitativo dos principais elos responsáveis pela logística reversa na área de estudo com informações relevantes e que serviram como fundamento para a elaboração do sistema indicador de sustentabilidade por meio da matriz PEIR.

Utilizou-se a metodologia Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR), um modelo adaptado do Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente – PNUMA (2001) que o define como a resultância entre as pressões ocasionadas pelas atividades humanas e o meio ambiente e implica na identificação das atividades antrópicas que afetam o meio ambiente. A figura 1 ilustra o modelo da matriz PEIR utilizada para a elaboração dos indicadores de sustentabilidade.

Figura 1. Modelo de interação dos componentes urbano-ambientais da matriz PEIR.

Fonte: Adaptado de Lima, Costa e Ribeiro, 2017.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Ananindeua, a entrevista com a SEMMA deste município permitiu a constatação da existência de um sistema de armazenamento de pneus inservíveis e a presença de uma estrutura

de coleta nas revendedoras e borracharias através de caminhão. Os pneus são coletados e transportados para um Ecoponto para serem armazenados em local adequado e posteriormente são recolhidos pela Reciclanip e direcionados para outros locais, fora do estado para serem reciclados. O sistema implementado em Ananindeua viabiliza que o consumidor final destine o pneu diretamente no órgão público, onde é emitido um documento que comprova a ação. É importante destacar que este sistema engloba todos os atores e também as borracharias, maximizando a quantidade de resíduos recuperados e minimizando os problemas ambientais. Em contrapartida, por ser um sistema em expansão e relativamente novo para o município e devido ao elevado índice de resíduos de pneus inservíveis gerados e ausência de informação sobre esta rede de coleta de pneus inservíveis, ainda se destacam problemas ambientais advindos do dispêndio irregular deste resíduo em lixões, terrenos abandonados e nas ruas.

Matriz PEIR

Por meio do cenário da logística reversa no município, foi possível elaborar a matriz PEIR, conforme consta na Tabela 1. A tabela apresenta os principais indicadores de sustentabilidade estabelecidos de acordo com as proposições do modelo elaborado pelo PNUMA.

Tabela 1. Indicadores de Sustentabilidade conforme Matriz PEIR.
Fonte: Autores, 2019.

Tema: Resíduos Sólidos de Pneus			
Pressão	Estado	Impacto	Resposta
P1. Aumento da Frota de veículos	E1. Qualidade da água	I1. Enchentes	R1. Elaboração de plano municipal de gestão de resíduos de pneus
P2. Aumento do volume de resíduos de pneus gerados	E2. Qualidade do solo	I2. Impacto sobre a saúde humana	R2. Atividades de educação ambiental para potencializar a contribuição da comunidade.
P3. Coleta irregular dos resíduos de pneus	E3. Qualidade do ar	I3. Poluição hídrica	R3. Capacitação dos entes envolvidos no processo de logística reversa de pneus inservíveis
P4. Disposição irregular dos resíduos de pneus	E4. Favorabilidade a proliferação de vetores de doenças	I4. Poluição do solo	R4. Estudos de viabilidade de reaproveitamento de pneus inservíveis na região
P5. Presença de resíduos de pneus em lixões e aterros	E5. Concentração de resíduos de pneus em áreas inapropriadas	I5. Poluição do ar	
P6. Contribuição baixa de pneus inservíveis para o sistema de logística reversa		I6. Redução da matéria-prima advinda da reciclagem e recuperação do pneu inservível	

A Matriz PEIR elaborou 21 indicadores de sustentabilidade e permitiu sintetizar as informações sobre o cenário da logística reversa estudado e agrupar de maneira lógica os fatores desta problemática que atingem o meio ambiente, os efeitos que as ações antrópicas produzem no ecossistema e recursos naturais da área de estudo, o impacto que isto gera na natureza e na saúde humana, assim como as intervenções relacionadas com a gestão dos resíduos de pneumáticos com participação da sociedade e do poder público.

Os indicadores de pressão estão relacionados às atividades humanas e à pressão que elas impõem sobre o meio ambiente através de suas atividades e processos. Foram identificados no estudo seis indicadores de Pressão como mostra a matriz presente na Tabela 1. Esses indicadores estão relacionados aos problemas causados pelos resíduos de pneus e à eficiência do sistema de coleta e destinação efetiva como identificado no diagnóstico do cenário da logística reversa no município de Ananindeua.

O indicador de pressão P1, referente ao aumento da frota de veículos, por se tratar do modal de transporte mais utilizado no Brasil por conta principalmente de sua capilaridade e flexibilidade

incide diretamente na quantidade de pneus produzidos para abastecer esse mercado. A ANIP, em 2016, relatou que foram fabricados cerca de 67,8 milhões de pneus no Brasil, com crescimento de 5 milhões de novas unidades de pneus em relação aos valores de produção do ano de 2012 (ANIP, 2016). Em consequência, há o aumento do volume de resíduos de pneus gerados, indicador de pressão P2, que são potencialmente perigosos devido ao risco ambiental associado ao descarte inadequado (BAUER, 2015).

Os indicadores de pressão, P3 e P4, abordam, respectivamente, a coleta e a disposição irregular dos pneus inservíveis. A não realização da coleta e o descarte irregular deste resíduo representam um grande passivo ambiental com necessidade de gerenciamento para evitar diversos danos ambientais e à saúde pública. Estes fatores de coleta e disposição irregular, como registrado no diagnóstico feito no município, acarreta no indicador de pressão P5, que trata sobre a presença de resíduos de pneus em lixões e aterros. A disposição dos pneus inservíveis em aterros sanitários e lixões é proibida pela Resolução CONAMA nº 416/09, por possuírem grandes dimensões, baixa compressibilidade, não serem biodegradáveis, além de servirem como logradouro para vetores de doenças quando expostos a céu aberto (CONAMA, 2009).

O indicador de pressão P6, que faz menção à baixa contribuição de pneus inservíveis para o sistema de logística reversa, conforme o relatório de pneumáticos do IBAMA (IBAMA, 2017), demonstra que é necessária uma eficiência maior da gestão dos pneus inservíveis pela prefeitura local junto aos entes envolvidos da cadeia logística. Para Bauer (2015), a logística reversa inclui na sua abordagem a redução na geração dos resíduos na fonte e a otimização dos canais de retorno, como a reciclagem, reaproveitamento e remanufatura, contribuindo para a problemática dos pneus inservíveis.

Os indicadores de Estado possuem a função de mostrar a situação em que determinado sistema se encontra, a partir da pressão exercida, descrevendo o efeito sobre o ambiente, a saúde humana e a sociedade. A pesquisa identificou cinco indicadores de Estado, conforme exibido na matriz da Tabela 1, os quais fornecem uma visão do ambiente resultante das pressões relacionadas aos resíduos de pneus inservíveis.

A influência dos indicadores de Estado E1, E2 e E3, os quais abordam sobre a qualidade da água, do solo e do ar, respectivamente, é percebida no estudo de Bauer (2015), onde o autor afirma que a coleta e descarte inadequado dos pneus inservíveis, provoca danos ao meio ambiente, alterando seu estado, tais como: contaminação do solo, poluição do ar por emissão de gases tóxicos, além de permitir que este resíduo seja encontrado em corpos hídricos.

O município de Ananindeua, por controlar o descarte dos pneus inservíveis com o sistema de coleta e armazenamento, reduz as pressões do dispêndio irregular dos pneus que resultam em alterações no estado do meio ambiente. Contudo, é necessário tornar o sistema mais eficiente para atenuar de maneira eficiente às pressões atreladas a problemática dos pneumáticos e o descarte irregular destes. O indicador de Estado E4 concentra a questão da favorabilidade de proliferação de vetores de doenças. Fagundes, Amorim e Lima (2017), dizem que o descarte inadequado e o formato de tubo favorecem a retenção de água da chuva e absorção da luz do sol, fatores relevantes para a criação de um ambiente propício a proliferação de micro e macro vetores de diversas doenças. Corrêa, Costa e Pereira (2016), destacam que no município de Ananindeua é comumente verificada a proliferação de doenças como a dengue devido as condições climáticas. Assim, a disposição irregular dos pneus na área de estudo, propiciando logradouro aos vetores, intensifica o quadro natural de estado do meio ambiente. O indicador de Estado E5, concentração de resíduos de pneus em áreas inapropriadas, promove a alteração do meio ambiente já discutida nos indicadores de estado anteriores, sendo, portanto, o indicador mais contundente deste grupo.

Os indicadores de impacto identificam as consequências geradas por ações antrópicas e quanto elas estão afetando o meio ambiente, alterando e dando evidência ao estado no qual se encontra a comunidade e auxiliam que sejam evitados novos impactos no sistema (EHARA et al., 2018). O

estudo conta com seis indicadores de Impacto, presentes na matriz da Tabela 1, elaborados a partir da análise do estado do meio ambiente em interação com os resíduos de pneus.

A ocorrência de enchentes, indicador de Impacto I1, para Hoornweg, Bhada-Tata e Kennedy (2013), está relacionada ao dispêndio irregular de pneus cujo contribui para o assoreamento dos corpos d'água e o entupimento de galerias fluviais, gerando, indiretamente, o transbordamento de rios e a as enchentes nas grandes cidades, resultando no indicador de impacto I3, poluição hídrica. O indicador de Impacto I2 trata a questão dos impactos sobre a saúde humana, onde há um registro crescente de casos de doenças causadas pelo mosquito *Aedes Aegypti* devido em parte ao descarte incorreto de pneus inservíveis no meio ambiente, além disso, ocorre a incidência de outras doenças associadas a esta problemática como a malária e a proliferação de animais peçonhentos e roedores que utilizam os pneus como logradouro (FAGUNDES; AMORIM; LIMA, 2017).

A emissão dos gases tóxicos, que contaminam o ar é associada ao processo de incineração dos pneus inservíveis, que ocorre maneira ilegal e por falta de um sistema de coleta e destinação adequada. O processo de incineração pode ocorrer de forma natural em lixões e aterros quando imprópriamente armazenados, gerando um grande problema ambiental. A incineração provoca a liberação de óleos que contaminam os lençóis freáticos e o solo e produz gases tóxicos, justificando a elaboração dos indicadores de Impacto I3, I4 e I5, referentes às poluições hídricas, do solo e do ar, respectivamente.

O indicador de Impacto I6, aborda a redução da matéria-prima advinda da reciclagem e recuperação de pneus inservíveis. Para Dhouib (2014), o pneu inservível é considerado um passivo ambiental devido aos problemas ambientais relacionados a este resíduo, sendo determinado pela legislação, que seu armazenamento, no fim de sua vida útil, deve ser controlado e possuir uma destinação final para ser útil a outra cadeia produtiva por meio de alternativas de reciclagem.

Os indicadores de Resposta são os componentes da metodologia PEIR que correspondem às ações coletivas ou individuais que aliviam ou previnem os impactos ambientais negativos, corrigem os danos ao meio ambiente, conservam os recursos naturais ou contribuem para melhorias da qualidade de vida da comunidade local. Foram elaborados cinco indicadores de Resposta, presentes na matriz da Tabela 1, de forma a propor medidas que atenuem os impactos relacionados aos resíduos de pneus inservíveis.

O primeiro indicador de Resposta R1 está relacionado à elaboração do plano municipal de gestão dos resíduos de pneus, para o município de Ananindeua, necessitando de estudos para que se adequem às medidas estabelecidas tanto pela PNRS quanto pela Resolução CONAMA nº 416/09, as quais determinam a participação do Poder Público na disposição adequada deste tipo de resíduo e a responsabilidade compartilhada com os principais agentes do setor de pneumáticos, uma vez que no âmbito municipal, a gestão dos pneus inservíveis é relevante para os diversos agentes.

A prática de atividades de educação ambiental com a comunidade e a capacitação dos entes envolvidos na logística reversa dos pneus inservíveis, indicadores de Resposta R2 e R3, respectivamente, é imprescindível para o funcionamento do sistema logístico reverso dos resíduos de pneus. De acordo com o estudo realizado por Floriani, Furalanetto e Sehnem (2016), que abordou sobre o processo de coleta e descarte de pneus inservíveis no cenário nacional, a implementação de sistemas reversos para pneus passa pela necessária conscientização ambiental dos consumidores, revendedores e borracheiros sobre os impactos e a má gestão do passivo ambiental.

Estudos de viabilidade de reaproveitamento de pneus inservíveis, indicador de Resposta R4, são necessários para mudar o quadro da baixa contribuição da região Norte no processo de reaproveitamento de pneus, desenvolvendo a região, gerando renda, assim como matéria-prima resultante do processo de reaproveitamento do pneu. Ademais, o reaproveitamento na região promoveria a desoneração do processo de destinação dos pneus inservíveis para o tratamento em outras regiões, configurado em fluxos intermunicipais de longas distâncias.

5. CONCLUSÕES

O estudo identificou os principais agentes ligados ao setor de pneumáticos no município de Ananindeua e, por meio dos formulários aplicados, foi possível obter informações relevantes para a elaboração do cenário da logística reversa e de um sistema indicador de sustentabilidade PEIR. Foi verificado no município de Ananindeua a presença de um sistema de gestão dos resíduos de pneus em parceria com a Reciclanip, que recebe e faz a coleta dos pneus inservíveis nas revendedoras e borracharias, assim como permite ao consumidor final uma via de disposição do pneu usado no Ecoponto presente no município.

Esse sistema reduz os impactos ambientais causados por pneumáticos inservíveis dispostos de maneira irregular, preservando dessa forma os recursos naturais e melhorando a qualidade de vida da população municipal. Isso se dá pelo fato desses resíduos serem considerados grandes poluidores devido ao seu formato e a sua composição, que viabilizam a proliferação de vetores e poluem os ambientes hídricos, terrestres e o ar também.

Percebe-se também a viabilidade da implementação do processo de LR para pneus inservíveis nos municípios, atendendo a legislação vigente e articulando uma cadeia reversa a qual promove a circularidade dos materiais derivados dos pneus coletados (borracha, aço, ferro e nylon), alimentando, assim, novos processos produtivos. Além do que também permite a reutilização destes em diversas atividades, que pode apresentar benefícios sociais e ambientais, corroborando positivamente para o desenvolvimento sustentável local.

O diagnóstico permitiu a elaboração de 21 indicadores de sustentabilidade de acordo com a metodologia da Matriz de indicadores PEIR. Esses indicadores auxiliaram na visualização do estado atual do meio ambiente. Ademais, a metodologia PEIR elaborou respostas para a gestão municipal que alterem o quadro de impactos ambientais causados pela coleta, disposição e tratamento irregular dos pneus inservíveis, assim como formas de potencializar o processo da logística reversa dos pneus usados. Desta forma, atingiu-se o objetivo do estudo, com a elaboração do diagnóstico situacional do município de Ananindeua para a logística reversa.

As respostas elaboradas pela Matriz PEIR permitem o desenvolvimento da gestão ambiental municipal, com a finalidade de otimizar o sistema de recuperação dos pneumáticos e gerar benefícios ambientais, econômicos e sociais e ainda fortalecer as fragilidades encontradas no processo de coleta, armazenamento e destinação do sistema de LR em Ananindeua-Pa, traduzindo em uma maior quantidade de pneus inservíveis recuperadas. Ressalta-se ainda que a manutenção desse sistema e a sua melhor estruturação permitem que seja atendida a demanda crescente de pneus inservíveis, melhorando a qualidade ambiental e social do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Brasil: Grappa Editora e Comunicação, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

ANIP. **Produção na indústria brasileira e reciclagem de pneus**. [2017]. Disponível em: <<http://www.anip.com.br>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

BAUER, J. M. et al. Destinação de pneus usados servíveis e inservíveis: dois estudos de caso. **REGET**, v. 19, n. 2, p. 1292-1302, 2015.

BRASIL. **Lei nº. 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e dá outras providências. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 30 jun. 2019.

CONAMA. **Resolução n.º 416 de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e dá outras providências. 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

CONAMA. **Resolução n.º 258, de 26 de agosto de 1999**. Considera que os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental e dá outras providências. 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>>. Acesso em 27 jun. 2019.

CORRÊA, J. A. J.; COSTA, A. C. L.; PEREIRA, I. C. N. Associação entre a precipitação pluviométrica e a incidência de dengue em sete municípios do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 7, p. 2264-2276, 2016.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 119-138, abr./jun. 2016.

DENATRAN. **Frota de veículos 2018**. [2018]. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em: 08 jul. 2019.

DHOUIB, D. An extension of MACBETH method for a fuzzy environment to analyze alternatives in reverse logistics for automobile tire wastes, **Omega**, v. 42, n. 1, p. 25–32, 2014.

EHARA, M. et al. Addressing maladaptive coping strategies of local communities to changes in ecosystem services provisions using the DPSIR framework. **Ecological Economics**, v. 149, p. 226-238, 2018.

FAGUNDES, L. D.; AMORIM, E. S.; LIMA, R. S. Action Research in Reverse Logistics for End-Of-Life Tire Recycling, **Systemic Practice and Action Research**, v. 30, n. 5, p. 553–568, 2017.

FLORIANI, M. A.; FURLANETTO, V. C.; SEHNEM, S. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **Navus**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 37-51, abr./jun. 2016.

FONSECA, E. C. C. et al. Proposta de mapa de processos de logística reversa de pós-consumo sob a ótica da política nacional de resíduos sólidos. **GEPROS**, v. 12, n. 1, p. 83-89, 2017.

GOBBI, N. C. et al. Management of plastic wastes at Brazilian ports and diagnosis of their generation, **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, n. 1, p. 67–73, 2017.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno da Geografia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 39, p. 1-12, 2013.

GOVINDAN, K.; BOUZON, M. From a literature review to a multi-perspective framework for reverse logistics barriers and drivers, **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 318–337, 2018.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P.; KENNEDY, C. Environment: Waste production must peak this century. **Nature**, v. 502, n. 7473, p. 615–617, 2013.

IBAMA. **Relatório de Pneumáticos 2017**. [2017]. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/phocadownload/pneus/relatoriopneumaticos/ibama-relatorio-pneumaticos-2017.pdf>> Acesso em: 09 jul. 2019.

IBÁÑEZ-FORÉS, V. et al. Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 100–111, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 09 jul. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE; 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Saraiva, 2017.

LIMA, V. M.; COSTA, S. M. F.; RIBEIRO, H. Uma contribuição da metodologia Peir para o estudo de uma pequena cidade na Amazônia: Ponta de Pedras, Pará. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 1071-1086, 2017.

LIU, X. et al. Evaluating the sustainability of marine industrial parks based on the DPSIR framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 150-170, 2018.

PEDRAM, A. et al. Integrated forward and reverse supply chain: a tire case study. **Waste Management**, v. 60, p. 460-470, 2017.

PNUMA. **Metodologia para a elaboração de relatórios GEO Cidades**. Manual de aplicação. México: PNUMA, 2001.

PUPPHACHAI, U.; ZUIDEMA, C. Sustainability indicators: a tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 784-793, 2017.

RAMOS-QUINTANA, F. et al. Quantitative-qualitative assessments of environmental causal networks to support the DPSIR framework in the decision-making process. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 69, p. 42-60, 2018.

RECICLANIP. **Reciclanip: o ciclo sustentável do pneu**. [2017]. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

RLEC. **What is Reverse Logistics?**. [2017]. Disponível em: <<http://www.rlec.org/glossary.html>>. Acesso em: 14 set. 2017.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno, NV: Reverse Logistics Executive Council, 1998.

SOUZA, C. D. R.; D'AGOSTO, M. A. Análise dos custos logísticos aplicada à cadeia logística reversa do pneu inservível. **Revista Transportes**, Rio de Janeiro, v. 21, n.2, 2013.

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: challenges and opportunities. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 282-291, 2018.