



## LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS: IMPLANTAÇÃO DE NOVOS PONTOS DE COLETA EM MINAS GERAIS COMO MEDIDA DE COMBATE À EPIDEMIA DE DENGUE

**Carla Vieira Serufo** – [carla.serufo@meioambiente.mg.gov.br](mailto:carla.serufo@meioambiente.mg.gov.br)  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA)-Universidade Federal de Minas Gerais  
Gerência de Resíduos Especiais (GESPE) - Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM  
Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais  
Rodovia João Paulo II, nº 4143  
Prédio Minas, 1º e 2º andar  
Bairro Serra Verde, Belo Horizonte, Minas Gerais  
Cep: 31630-900

**Luiza Silva Betim** – [luiza.betim@meioambiente.mg.gov.br](mailto:luiza.betim@meioambiente.mg.gov.br)  
Gerência de Resíduos Especiais (GESPE) - FEAM

**Raphael Tobias de Vasconcelos Barros** – [raphael@desa.ufmg.br](mailto:raphael@desa.ufmg.br)  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) - UFMG

**Ângela Vieira Serufo** – [vs.angela@gmail](mailto:vs.angela@gmail)  
Instituto de Ciências Biológicas (ICB) - UFMG

**Denise Felício Silva** – [denisefeliciosilva@gmail.com](mailto:denisefeliciosilva@gmail.com)  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) - UFMG

**Resumo:** *A correta gestão de resíduos sólidos está diretamente ligada à qualidade da saúde pública, influenciando nos índices de transmissão de diversas doenças infecciosas. Entre elas, a Dengue é uma doença infecciosa viral, transmitida pelo mosquito Aedes aegypti cuja principal medida de controle é a eliminação dos criadouros do mosquito, locais que apresentam potencial para o acúmulo de água. Os pneus quando descartados incorretamente no meio ambiente se apresentam como locais ideais para a proliferação do vetor, além de representar um importante dano ambiental, uma vez que se trata de resíduo com tempode degradação indeterminado. Este estudo teve como objetivo a seleção de áreas municipais estratégicas para a implantação de novos pontos de Coleta de Pneus no estado de Minas Gerais. Para tal, consideraram-se áreas que não apresentam pontos de coleta de pneus já implantados no âmbito da logística reversa e que também indicaram população expressiva em termos regionais e altas taxas de transmissão de dengue. Entre as áreas escolhidas, foram selecionados pontos que correspondessem aos Arranjos Territoriais Ótimos já traçados no estado, dando preferência às suas cidades polo e, também, aos municípios com localização próxima a aterros sanitários e Usinas de Triagem e Compostagem. Os resultados apontaram 18 municípios como localizações estratégicas para implantação de novos pontos de coleta de resíduos pneumáticos. Os resultados sugerem novos pontos de coleta que possibilitam a efetivação do sistema de logística reversa de pneus no estado e colaboram no combate à epidemia de dengue e concomitante preservação ambiental.*

**Palavras-chave:** *Dengue, Pneus inservíveis, Logística Reversa, Pontos de Coleta, Minas Gerais*



## REVERSE LOGISTICS OF DISPOSAL TIRES : IMPLEMENTATION OF NEW COLLECTION POINTS IN THE STATE OF MINAS GERAIS AS AN ACTION TO COMBAT DENGUE EPIDEMIC

**Abstract:** *The correct management of solid waste is directly linked to the quality of public health, also directly influencing the transmission rates of various infectious diseases. One of them, Dengue is an infectious viral disease transmitted by the mosquito *Aedes aegypti* (vector), which has, as the main control action, the eradication of the mosquito breeding sites, which are the ones with potential for water pooling. When tires are improperly discarded in the environment, they become ideal locations for vector proliferation, and represent a significant environmental damage, considering that the degradation time is indeterminated. This study aimed to select strategic municipal areas for the implementation of new collection points of tires in the state of Minas Gerais. Therefore, areas that do not have collection points of tires, with significant populational concentrations and high Dengue transmission rates, were selected. Among the chosen areas, the selected points were the ones that matched the state policy of “Best Territorial Arrangement” outlines, giving preference to the main cities and also municipalities close to landfills and waste selection composting plants. The results show 18 municipalities as strategic locations for implementation of new points of collection of tires, which enable the realization of the reverse logistics system in State. This way, it collaborates with the combat of Dengue epidemic and, simultaneously, with environmental preservation.*

**Keywords:** *Dengue, disposal tires, reverse logistics, collection points, Minas Gerais*

### 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define logística reversa como “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” (BRASIL, 2010). Em paralelo, a Política Estadual de Resíduos Sólidos em Minas Gerais define a responsabilidade socioambiental compartilhada como “o princípio que imputa ao poder público e à coletividade a responsabilidade de proteger o meio ambiente para as presentes e futuras gerações” (COPAM, 2009). Diante desse contexto, o sistema de logística reversa busca solidificar diante da sociedade o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incentivando, portanto, o reaproveitamento dos resíduos gerados como matéria-prima dentro dos processos produtivos e, ainda, o desenvolvimento de produtos que gerem a menor quantidade possível de resíduos sólidos durante sua produção e consumo.

Para uma melhoria da gestão dos resíduos sólidos, a criação do sistema de logística reversa atribui responsabilidade conjunta a todos os setores envolvidos na cadeia de consumo: os fabricantes ou importadores, os fornecedores, distribuidores e comerciantes dos produtos, os consumidores e o poder público. Os consumidores participam diretamente do processo e são responsáveis por efetuar a devolução desses produtos aos fornecedores. Na etapa seguinte, os



fornecedores, por sua vez, encaminham estes resíduos aos respectivos fabricantes ou importadores para que, estes, direcionem tais resíduos para uma destinação ambientalmente adequada, preferencialmente através da reciclagem e reutilização, reduzindo o uso de recursos naturais, bem como potenciais impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental. A função do poder público é estabelecer critérios e instrumentos normativos, promover políticas de incentivo e regulamentar a implementação dos sistemas de logística reversa, além de articular discussões acerca da responsabilidade compartilhada entre os envolvidos, produtores, fornecedores e população (BRASIL, 2010).

É de responsabilidade dos fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores viabilizar a implementação da logística reversa. Para atender tal objetivo, são propostas algumas práticas: implantação dos procedimentos de compra dos produtos ou embalagens usadas; implantação de pontos de entrega desses resíduos; transporte, tratamento e destinação final adequada aos resíduos coletados, bem como seu reaproveitamento dentro dos processos produtivos (AGÊNCIA RMBH, 2013). Entre os produtos para os quais a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes é obrigatória, pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, estão os pneus inservíveis. Anteriormente, a Resolução CONAMA n° 416, de 2009, também já havia estabelecido a responsabilidade de fabricantes e importadores de realizar a coleta, armazenamento e destinação de pneus inservíveis.

Os pneus são resíduos constituídos por uma diversidade de materiais, tais como aço, borracha, nylon e poliéster, o que determina uma degradação muito lenta e um tempo de decomposição classificado como indeterminado (LOUREIRO, 2005). Após o uso, os pneus inservíveis podem ser descartados, destinados ao reuso ou à reciclagem. Quando depositados de maneira inadequada, causam impactos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública, podendo causar assoreamentos em rios e lagoas ou favorecer a proliferação de vetores de doenças infecciosas. Observou-se, também, que quando depositados em aterros sanitários, os resíduos pneumáticos causam grande desestabilização no local, pois são resíduos de difícil compactação, além de diminuir a vida útil dos aterros por serem resíduos considerados volumosos (GUNTHER, 2002). Diante desse cenário, legislações foram decretadas, reforçando os riscos eminentes à saúde e ao meio ambiente relacionados à gestão inadequada destes resíduos.

No Estado de Minas Gerais, apesar das legislações que visam a destinação final adequada dos resíduos pneumáticos e das iniciativas de sistemas de logística reversa implementadas em resposta à Resolução CONAMA n° 416, de 2009, uma quantidade considerável de pneus é depositada de maneira incorreta, sendo dispostos em aterros comuns, lixões, abandonados nas vias ou cursos d'água ou, ainda, realizada a queima irregular de tais resíduos, o que compromete a qualidade do ar, já que há grande liberação de material particulado e gases tóxicos durante a queima da borracha (FAUSTINO e LEITE, 2014). Outra disposição muito comum nos municípios do Estado é o empilhamento de pneus em quintais e terrenos baldios, o que propicia o agravamento da acumulação da água e, como consequência, a proliferação de vetores de doenças (AGÊNCIA RMBH, 2013). Dentre as doenças relacionadas com os resíduos sólidos, a dengue se destaca, pois, a partir da década de 80, vem registrando um processo de intensa circulação viral, apresentando períodos cíclicos epidêmicos em todo o país, que causam impactos diretos na saúde pública (BRAGA e VALLE, 2007). A epidemia pode ser definida como a ocorrência de casos de natureza semelhante em uma região ou comunidade, com índices excessivos em relação ao esperado. O conceito utilizado na epidemiologia define a epidemia como uma “alteração, espacial e cronologicamente delimitada, do estado de saúde-doença de



uma população” (PEREIRA, 2004). O *Aedes aegypti*, mosquito transmissor da dengue, encontrou no país condições socioambientais favoráveis para uma acelerada expansão: o clima e as mudanças sazonais combinada com uma acelerada urbanização sem planejamento. Esse processo de urbanização desequilibrado e não planejado junto ao aumento da densidade populacional refletiu em um elevado consumo de produtos industrializados, com conseqüente aumento da geração de resíduos não biodegradáveis, como recipientes plásticos descartáveis, vidros, dentre outros (FUNASA, 2002). Ainda dentro desse cenário, o processo urbanístico acelerou a utilização dos meios de transporte rodoviários no país e, como conseqüência, a geração de resíduos pneumáticos. O grande problema da questão está na deficiente infraestrutura urbana e principalmente nos sistemas de limpeza urbana ineficazes e na ineficiência do poder público em estabelecer metas de destinação mais abrangentes, e não apenas nos grandes centros urbanos. Integrado a esses fatores, junta-se a falta de conscientização da população e responsabilidade de alguns fabricantes e importadores, o que acaba gerando impactos negativos para a saúde pública, pois colaboram com o ciclo reprodutivo de vários vetores de doenças transmissíveis, dentre elas, a dengue.

Portanto, uma gestão eficaz dos resíduos sólidos causa impactos diretos nos índices de transmissão da dengue, visto que alguns resíduos destinados incorretamente, tais como recipientes plásticos e pneus, tornam-se criadouros para a proliferação do mosquito vetor. Apesar de não serem os únicos resíduos relacionados às altas taxas de incidência de dengue que afetam o país, os pneus são um dos criadouros preferenciais do mosquito vetor da doença, pois oferecem um local perfeito para sua proliferação: a forma dos pneus favorece o armazenamento da água da chuva e proteção aos ovos depositados e às larvas; a cor escura também é outro fator vantajoso já que, segundo pesquisadores da Fiocruz, tanto o mosquito quanto as larvas possuem fotofobia, ou seja, sensibilidade à luz; além disso, o fato dos pneus serem confeccionados por um material isolante térmico oferece melhor preservação e estabilidade das temperaturas durante os dias e as noites, representando, dessa maneira, um micro *habitat* ideal para os transmissores, ovos e suas larvas (ANVISA, 2008; IOC, 2008).

Diante disso, o presente trabalho possui como principal objetivo auxiliar a escolha de pontos de coleta estratégicos que permitam a correta destinação dos pneus inservíveis, tornando mais eficiente o sistema de logística reversa aplicado aos resíduos pneumáticos, e contribuir, dessa maneira, com a diminuição de criadouros dos mosquitos *Aedes aegypti* e, como conseqüência, das altas taxas de transmissão de dengue.

## 2.OBJETIVOS

### 2.1 Objetivoo Geral

Selecionar pontos de coleta de resíduos pneumáticos no estado de Minas Gerais como medida colaborativa no combate à epidemia de dengue e efetivação da implantação do sistema de logística reversa.

### 2.2. Objetivos específicos

→ Delimitar áreas dentro do território do estado de Minas Gerais que não possuem pontos de coleta de pneus inservíveis, priorizando áreas com maior concentração populacional, e ,

nelasselecionar os municípios que apresentam alta transmissão de dengue e contrapor com as áreas com ausência de pontos de coletas de pneus inservíveis;

→ identificar os Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs) presentes nas áreas determinadas com ausência de pontos de coleta e alta transmissão de dengue, e, neles, selecionar municípios pertencentes às áreas delimitadas para o estudo que representem cidades-polo destes ATOs e/ou estão localizados próximos a unidades de triagem e compostagem e/ou aterros sanitários;

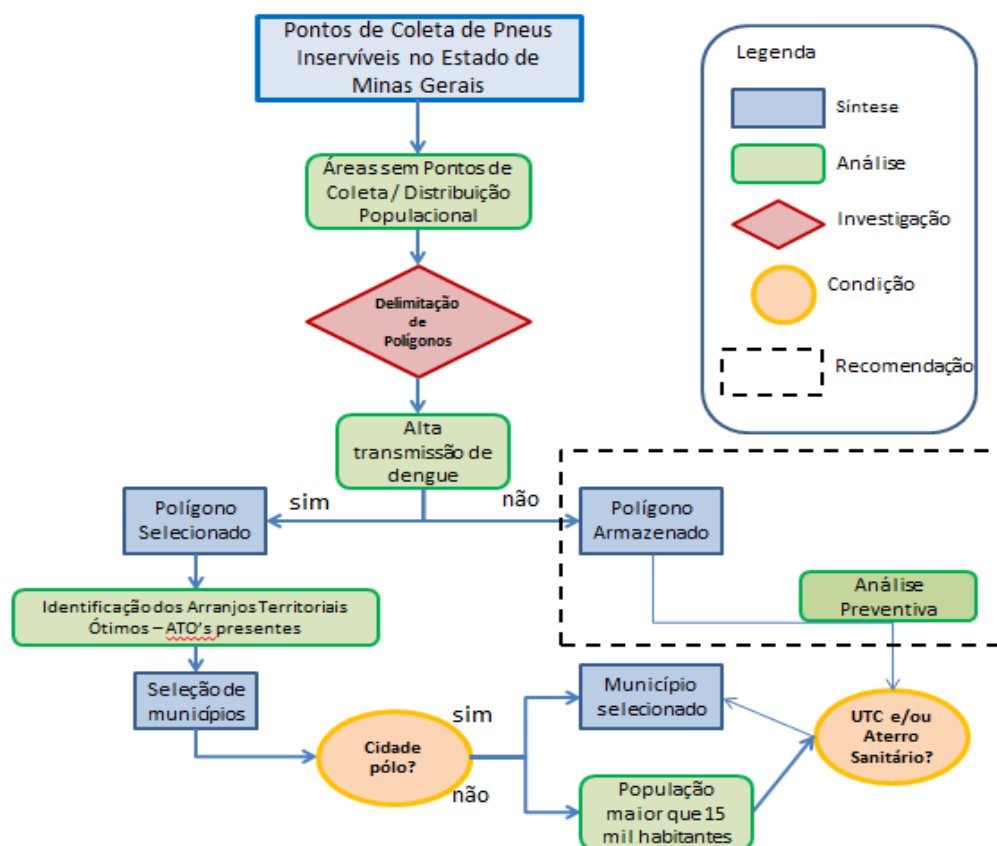
→ Elaborar mapas que colaborem para a contraposição e interpretação dos dados e apontar a distribuição espacial dos pontos estratégicos sugeridos para implantação de novos Pontos de Coleta de Pneus Inservíveis de acordo com os critérios pré-estabelecidos.

### 3.MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Desenho do estudo

As etapas planejadas para desenvolvimento deste trabalho foram dispostas em um fluxograma para melhor visualização de todo o processo (Figura 1):

Figura 1: Fluxograma do planejamento experimental





O presente estudo adotou uma metodologia baseada no cruzamento de dados com o objetivo de realizar uma melhor seleção e qualificação dos municípios escolhidos. Os dados levantados seguiram um caminho pré-definido, através da análise de tabelas e sobreposição de mapas com o intuito de filtrar as melhores localizações para implantação de novos pontos de coleta de pneus inservíveis no estado de Minas Gerais.

Os municípios que possuíam pontos de coleta de pneus inservíveis, em Minas Gerais, foram identificados no mapa do Estado contendo a distribuição populacional. Dessa maneira, grandes áreas com ausência de pontos de coleta de pneumáticos inservíveis foram delimitadas e, a partir do mapa “Municípios de alta e média transmissão de dengue, Minas Gerais (2013)” do *Relatório Epidemiológico Sobre a Dengue no Estado de Minas Gerais* da Secretaria do Estado de Saúde (SES) de Minas Gerais, os dados foram sobrepostos e a correspondência com áreas de alta transmissão de dengue foi avaliada.

A partir das regiões delimitadas foram selecionados os ATO's (FEAM, 2010), que coincidiam, total ou parcialmente, com as áreas dos polígonos pré-estabelecidos. Os municípios pertencentes aos polígonos pré-estabelecidos e que se encontravam dentro dos ATO's foram identificados, assim como a população correspondente.

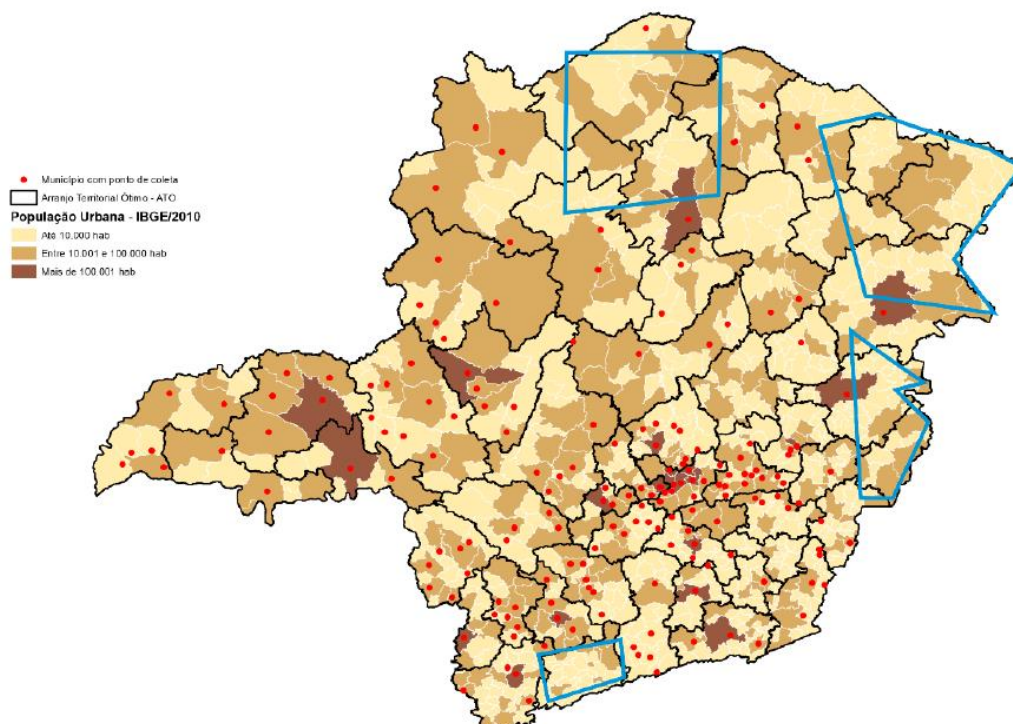
Os municípios foram selecionados preenchendo, portanto, os critérios de inclusão: ser preferencialmente cidades-polo dos ATOs, possuir população maior que 15.000 habitantes, ter presença ou ser próximo de UTC e/ou ter presença ou ser próximo aterro sanitário.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Delimitação de áreas que não possuem pontos de coleta no Estado de Minas Gerais

A delimitação das 4 áreas que não possuem pontos de coleta no estado de Minas Gerais foi traçada considerando-se a distribuição populacional urbana (IBGE, 2010) e os pontos de coleta já existentes conforme codificação de acordo com a região onde se encontram no estado: Rio Doce (1), Jequitinhonha (2), Noroeste (3) e Sul de Minas (4) (Figura 2):

Figura 2 - Distribuição da população urbana e pontos de coleta de pneus inservíveis no Estado de Minas Gerais. Fonte: Gerência de Resíduos Especiais da FEAM (2015)



As áreas delimitadas representam regiões que não possuem pontos de coleta do principal sistema implementado, já que os pontos de coleta são essenciais para o seu adequado funcionamento. De acordo com o Manual de Saneamento da FUNASA (2006) “Sob o ponto de vista sanitário, a eficiência da coleta reduz os perigos decorrentes de mau acondicionamento na fonte. O sistema de coleta deve ser bem organizado a fim de produzir o maior rendimento possível(...)”. Portanto, a definição de locais estratégicos para a implantação dos pontos de coleta é parte importante da gestão dos resíduos pneumáticos, garantindo, acima de tudo, que a correta destinação final dos resíduos seja geograficamente abrangente.

A indústria de pneumáticos tem responsabilidade de oferecer apoio logístico e técnico para o funcionamento dos pontos de coleta, se responsabilizando pelo transporte até a destinação final definida (SOARES, 2005). Em Minas Gerais os resíduos pneumáticos são destinados, em grande parte, para as indústrias cimenteiras que os utilizam como combustíveis nos fornos clínquer devido ao seu alto poder calorífico, procedimento denominado co-processamento. Existem no Estado, em meados de 2016, 129 pontos de coleta administrados; entretanto, é possível observar, de acordo com as localizações apresentadas na Figura 2, que há necessidade de implantação de mais pontos de forma a facilitar maior participação dos usuários na cadeia de logística reversa.

A distribuição não uniforme dos pontos de coleta, além de dificultar o acesso dos usuários que poderiam entregar os resíduos pneumáticos gerados, influencia diretamente nos custos com transporte. Souza & D’Agosto (2013), por meio de um estudo de caso aplicado no Rio de Janeiro, analisaram o impacto de diferentes estratégias de gestão do transporte no custo logístico da cadeia e verificaram o transporte como responsável por 76% dos custos logísticos e que estes respondem por

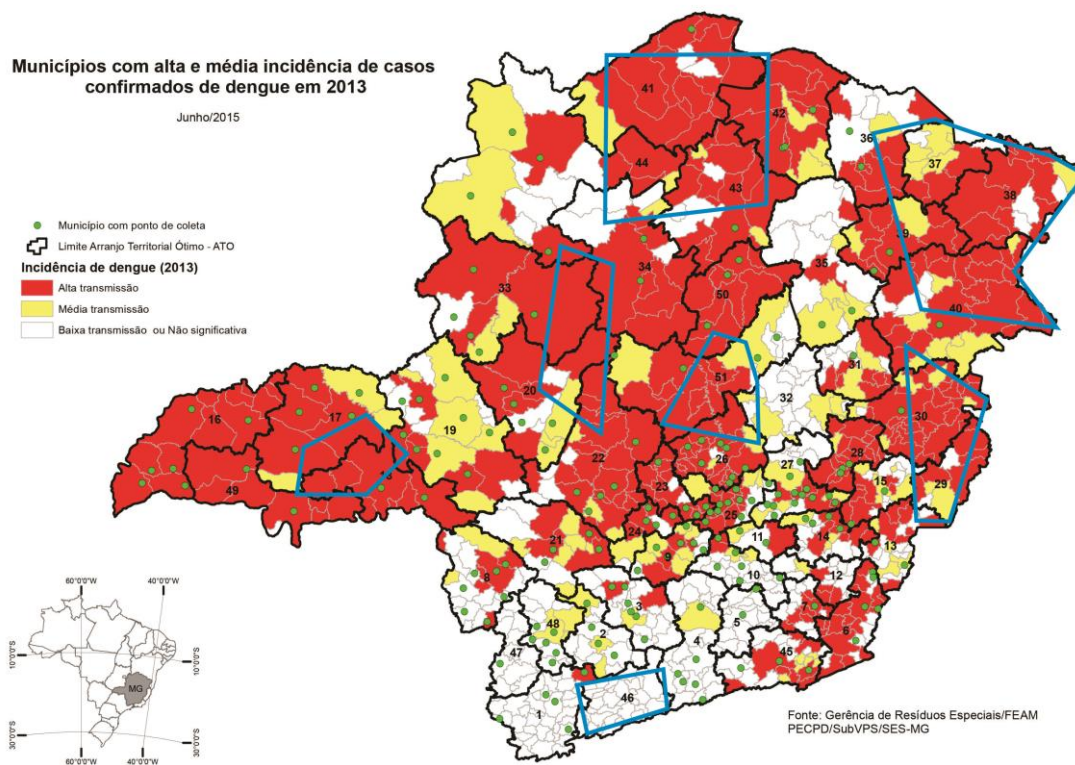
65,3% do custo total. Os custos logísticos referentes ao transporte, portanto, influenciam de maneira significativa a viabilidade econômica do sistema de logística reversa.

Dessa maneira, pontos bem distribuídos, além de possibilitar um melhor planejamento de rotas viárias e diminuição de custos na cadeia produtiva, possibilitam maior abrangência territorial da implantação da logística reversa de pneus com participação ampla da sociedade. É necessário selecionar municípios que, de alguma maneira, possuam áreas de influência, ou seja, irão também atingir a coleta e fluxo dos resíduos pneumáticos nos municípios vizinhos e, ademais, ter visão crítica para excluir outros que representarão, apenas, aumento nos custos de transporte.

#### 4.2. Seleção dos municípios com alta taxa de transmissão de dengue e que se encontram dentro dos polígonos delimitados

Os polígonos 1, 2 e 3 mostraram correspondência com áreas de alta transmissão de dengue, conforme demonstrado na Figura 3, e por isso foram selecionados para a análise e implantação de novos pontos de coleta. O polígono 4, correspondente ao sul de Minas, apresentou índices de baixa transmissão ou não significativo e, por essa razão, foi excluído da presente análise e armazenado.

Figura 3 - Sobreposição das áreas dos polígonos pré-determinados e o mapa dos municípios com alta e média incidência de dengue no Estado de Minas Gerais em 2013. Fonte: Gerência de Resíduos Especiais/FEAM (2015)







Segundo o relatório do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - INCT (2013) sobre “A evolução da frota de automóveis e motos no Brasil 2001-2012”, a primeira característica a se destacar é o crescimento da frota de automóveis ter acontecido de maneira concentrada na região Sudeste e, ainda, que, entre as maiores metrópoles do país, a Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH ter registrado o mais elevado crescimento percentual no número de automóveis durante a série histórica analisada, apresentando, inclusive, um percentual superior a média nacional. Vale ressaltar ainda que, de acordo com a pesquisa INCT (2013), os municípios que apresentam populações menores que 50.000 habitantes são os que apresentam maiores taxas de crescimento de automóveis por habitante. Dessa maneira, considerando-se Minas Gerais, em que mais de 90% dos municípios possui população menor que 50.000 habitantes, e o alto índice de compra de automóveis na RMBH, conclui-se que o estado passa por um aumento expressivo da sua frota de veículos e, conseqüentemente, da geração de resíduos pneumáticos.

A expansão do vetor da dengue, que conseguiu se adaptar de maneira a permitir uma rápida difusão espacial utilizando-se dos mais variados tipos de meios de transporte e, mais do que isso, encontrar nos pneus inservíveis abandonados criadouros ideais para sua proliferação (BARRETO e TEIXEIRA, 2008), coincide perfeitamente com o contexto atual de crescente urbanização e aumento da frota de automóveis. Esse cenário aponta para a necessidade da realização de estudos que integrem a eficiente gestão de resíduos pneumáticos como medida colaborativa no combate à dengue.

Em 2001, uma empresa, em conjunto com as Secretarias Municipais de Saúde, do Meio Ambiente e da Educação, implementou na região metropolitana de Curitiba o *Programa Rodando Limpo*, organizando um mutirão para coletar pneus inservíveis, visando a erradicar a dengue na região. O programa foi realizado com sucesso nos 26 municípios integrantes da região metropolitana de Curitiba, o que fez com que o projeto fosse implementado pelo governo do Paraná em todo o estado, abrangendo, além dos pneus inservíveis, todos os recicláveis e aderindo ao movimento as associações e cooperativas de catadores (RAMOS FILHO, 2005). Segundo dados do *site* do Programa Rodando Limpo, a mobilização resultou em 8 milhões de pneus inservíveis coletados no estado até maio de 2005, o que refletiu em uma redução de 99,7% do número de casos autóctones de dengue na região.

Dessa maneira, com o intuito de se destacar a relação saúde e meio ambiente e, principalmente, ressaltar a dificuldade de se controlar os episódios de epidemias de dengue em Minas Gerais, visto que estes estão diretamente relacionados à problemas de eficiência das ações de limpeza urbana, selecionou-se apenas os polígonos que possuíam alta taxa de transmissão de dengue.

#### 4.3. Indicação dos Arranjos Territoriais Ótimos (ATO) presentes nas áreas determinadas

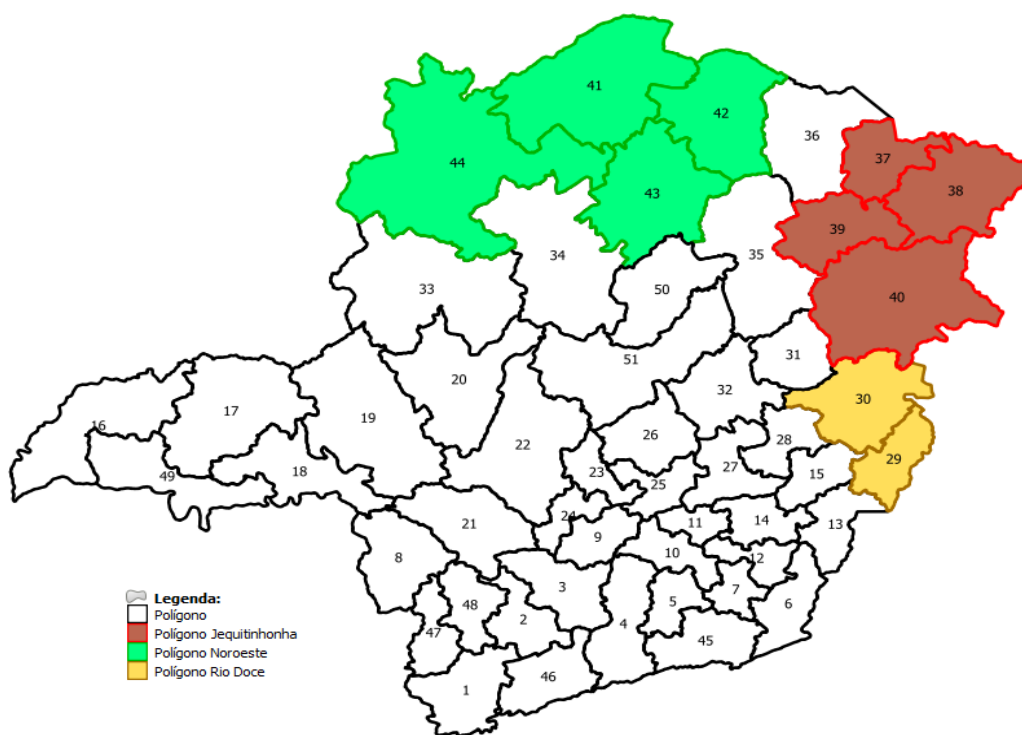
Os Arranjos Territoriais Ótimos são partes integrantes de um estudo detalhado dos aspectos físicos, sociais, econômicos e ambientais do Estado de Minas Gerais e possuem como principal objetivo definir uma proposta de regionalização entre os municípios (SISEMA, 2010). Uma das grandes dificuldades encontradas para o planejamento e implementação de políticas públicas e ações governamentais visando à gestão de RS dentro do Estado é a sua grande extensão territorial e seu elevado número de municípios, que totalizam, em 2016, 853 municípios. Segundo dados estimados pelo IBGE para a população dos municípios de Minas Gerais no ano de 2014,

aproximadamente 80% deles são classificados como municípios que possuem população até 20.000 habitantes (IBGE, 2014).

A partir desse cenário foi realizado o “Plano Preliminar de Regionalização para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do Estado de Minas”, projeto desenvolvido pelo governo do Estado em parceria com o governo federal, o Ministério do Meio Ambiente, a Fundação Estadual do Meio Ambiente e uma empresa de consultoria. Considerando-se as limitações municipais relativas à infraestrutura, à economia e aos recursos financeiros e, ainda, aos recursos humanos capacitados disponíveis, originou-se a ideia da integração por meio de consórcios com o objetivo de viabilizar uma gestão mais eficaz através do planejamento regional e da cooperação entre os municípios (SISEMA, 2010). Segundo o referido estudo de regionalização, os Arranjos Territoriais Ótimos (ATO’s) foram, então, elaborados como sugestões ideais para a formação do consorciamento entre os municípios de Minas Gerais, levando-se em consideração, principalmente, a viabilidade logística de acessibilidade entre os municípios de acordo com as malhas viárias intermunicipais já existentes. Além desse aspecto, os municípios foram agrupados por meio de estudo técnico com base em indicadores estruturadores, perspectivas e projeções para curto e médio prazos, buscando, acima de tudo, o equilíbrio socioeconômico do grupo e a sustentabilidade regional (SISEMA, 2010).

Dos 51 ATO’s propostos no estudo do SISEMA (2010), 10 estavam nos polígonos delimitados que apresentaram índices de alta transmissão de dengue, identificados no mapa abaixo (Figura 4):

Figura 4: Identificação dos ATO’s selecionados que possuem índices de alta transmissão de dengue no Estado de Minas Gerais





Na Tabela 1 a seguir, foram relacionados os respectivos ATOs por polígono, bem como a cidade-polo de cada ATO.

Tabela 1- Arranjos Territoriais Ótimos coincidentes com os polígonos selecionados

Polígono	Número do ATO	Cidade-Polo
Rio Doce	29	Aimorés
	30	Governador Valadares
	37	Pedra Azul
Jequitinhonha	38	Almenara
	39	Araçuaí
	40	Teófilo Otoni
Noroeste	41	Januária
	42	Janaúba
	43	Montes Claros
	44	Unaí

Os ATOs 39, 42 e 44 apresentaram apenas uma porção coincidente com os polígonos correspondentes e, por essa razão, apenas foram analisados os municípios pertencentes à porção leste dos ATOs 39 e 44 e à porção oeste do ATO 42.

O estudo do SISEMA (2010) foi utilizado como um importante suporte para a seleção dos pontos de coleta de pneumáticos inservíveis. A partir desse estudo, foi realizado um diagnóstico que possibilitou a leitura da configuração atual e um prognóstico que permitiu traçar cenários futuros a partir das tendências possíveis. Para a sugestão dos consorciamentos entre os municípios de Minas Gerais, foram levados em consideração pontos importantes, que, paralelamente, também auxiliarão a gestão dos resíduos pneumáticos, tornando-a mais eficiente, otimizada e abrangente, são eles: logística e transporte e aspectos socioeconômicos.

A logística e transporte, definida no estudo do SISEMA (2010) como unidade básica de análise, ou seja, como fator primordial para a definição dos consórcios sugeridos, interfere diretamente no custo que a gestão implicará para o município, pois quanto maior for o deslocamento do transporte maior será o custo. Por essa razão, considerou-se a proximidade, acessibilidade e distância entre os municípios integrantes, buscando otimizar as operações logísticas de transporte, reduzir ao máximo os custos relacionados a estas operações e, ainda, executá-las dentro dos padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores (SISEMA, 2010).

A questão econômica também se mostra fundamental para o fortalecimento do grupo e o planejamento da gestão consorciada, pois municípios de baixa renda precisam se consorciar com municípios de alta renda para garantir a estabilidade e viabilidade financeira do grupo.

Diante desse contexto, o ATO foi utilizado como base para a definição dos pontos de coleta, já que permitem selecionar municípios dentro de um grupo definido baseado em estudos



técnicos, ambientais e socioeconômicos, permitindo uma eficiente Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos daquela região.

#### **4.4. Seleção estratégica dos municípios para implantação de novos pontos de coleta de pneus inservíveis**

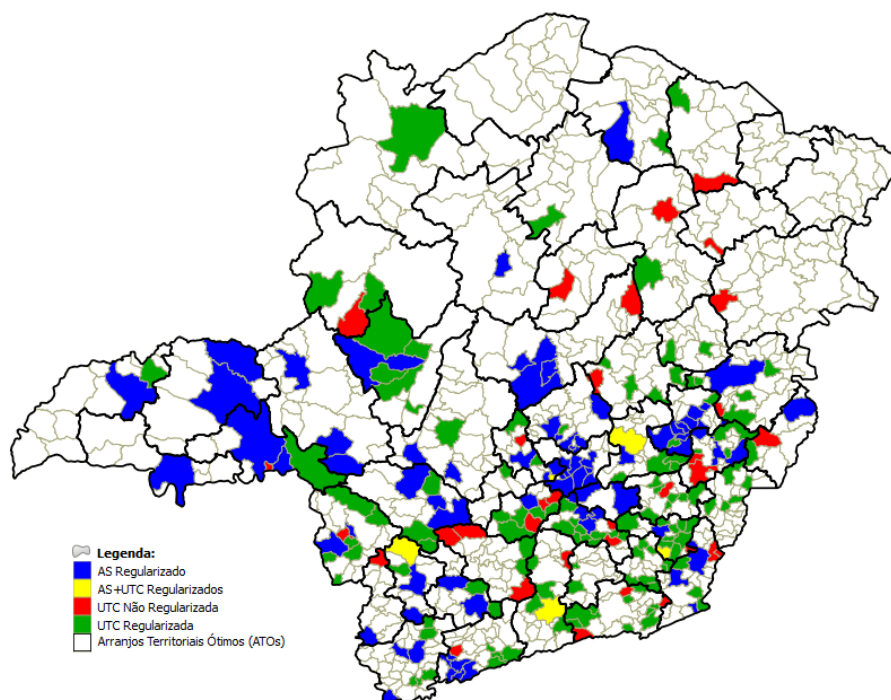
Os polígonos delimitados, focados nas áreas com ausência de pontos de coleta, foram analisados conforme características variadas, com intuito de selecionar municípios com localização estratégica que, além de garantir uma alta taxa de pneus inservíveis coletados, consigam atingir a maior área de influência possível fortalecendo a gestão adequada dos resíduos pneumáticos. A consolidação dessa gestão visa, acima de tudo, a estabelecer maior qualidade de vida para a população residente, evitando os efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública causados pela inadequada destinação final dos pneus inservíveis.

Os municípios nomeados como cidade-polo dos ATO's presentes nos polígonos foram selecionados para receberem pontos de coleta de resíduos pneumáticos por apresentarem poder de centralidade e, dessa maneira, exercer uma forte atração para a região, além de influenciar economicamente todos os municípios vizinhos. Tais características permitem que os municípios participantes do ATO possam utilizar a forte estrutura existente da cidade polo para auxiliar a gestão dos resíduos sólidos da sua sede. Uma das avaliações realizadas pelo estudo da criação dos ATO's para a seleção das cidades-polo, além da sua estabilidade socioeconômica, foi a acessibilidade das malhas viárias entre as sedes municipais e as cidades polo escolhidas. Para isso, foi considerado que cada município não percorresse grandes distâncias, pois um custo elevado para o transporte de resíduos pode inviabilizar economicamente a participação do município no consórcio. Com isso, o critério de escolha do ponto de coleta preferencialmente nas cidades-polo mostra-se vantajosa, uma vez que o fluxo de resíduos pneumáticos seria favorecido e a gestão dos resíduos pneumáticos consolidada.

Como escolha secundária, considerando que as respectivas cidades polo já possuem pontos de coleta ou não pertencem à porção do ATO analisada, optou-se por selecionar os municípios com a maior população total, com um ponto de corte de 15.000 habitantes. Tal exclusão se baseia na ideia de que municípios de maiores populações produzem mais resíduos pneumáticos, por possuírem maior frota de veículos.

Associado à condição do número populacional, analisou-se também quais seriam as unidades de destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município e das proximidades. Foram localizados os aterros sanitários e as unidades de triagem e compostagem (FEAM, 2014) presentes na região, dando preferência para os municípios que são sede ou se situam próximos a esses locais (Figura 5).

Figura 5 - Destinação final de resíduos sólidos urbanos em UTC's e aterros sanitários no Estado de Minas Gerais



As UTCs foram incluídas com o intuito de possibilitar a destinação final adequada dos pneus inservíveis triados nesses estabelecimentos. Esse tipo de destinação final tem sido considerada uma opção especialmente adequada para municípios de pequeno porte e, por essa razão, se encaixa no contexto do estado de Minas Gerais. Vimieiro (2012) elaborou um estudo que analisou as UTC's a partir da avaliação de dados estruturais e operacionais levantados em campo, através de relatos de trabalhadores de 22 unidades no estado de Minas Gerais, e identificou os pneumáticos inservíveis como um dos resíduos mais comumente recebidos nesses estabelecimentos. Por essa razão, julgou-se importante implantar pontos de coleta nessas usinas ou próximos, evitando que esses pneus fiquem armazenados indevidamente.

O presente estudo também considerou a presença de aterros sanitários nos municípios avaliados ou proximidades, já que, desde a data de publicação da Resolução CONAMA n° 258/99, ficou proibida a destinação final inadequada de pneumáticos inservíveis, destacando-se a disposição em aterros sanitários. Segundo estudos de Nohara et al (2006) e de Gunter (2002), a disposição final de resíduos pneumáticos em aterros acarreta vários problemas, pois os pneus ao serem aterrados dificultam a compactação por apresentarem baixa compressibilidade e, ainda, acaba reduzindo a vida útil dos aterros por ser um resíduo de grande volume. Quando compactados, tendem a voltar a sua forma original causando, além de espaços vazios e acumulação dos gases oriundos da decomposição dos resíduos sólidos, deslocamento do solo e desestabilização do aterro. Os pneus descartados podem, ainda, acumular em seus espaços vazios os gases liberados na decomposição dos resíduos sólidos contidos no aterro, podendo inchar, estourar e provocar a combustão espontânea, além de liberar

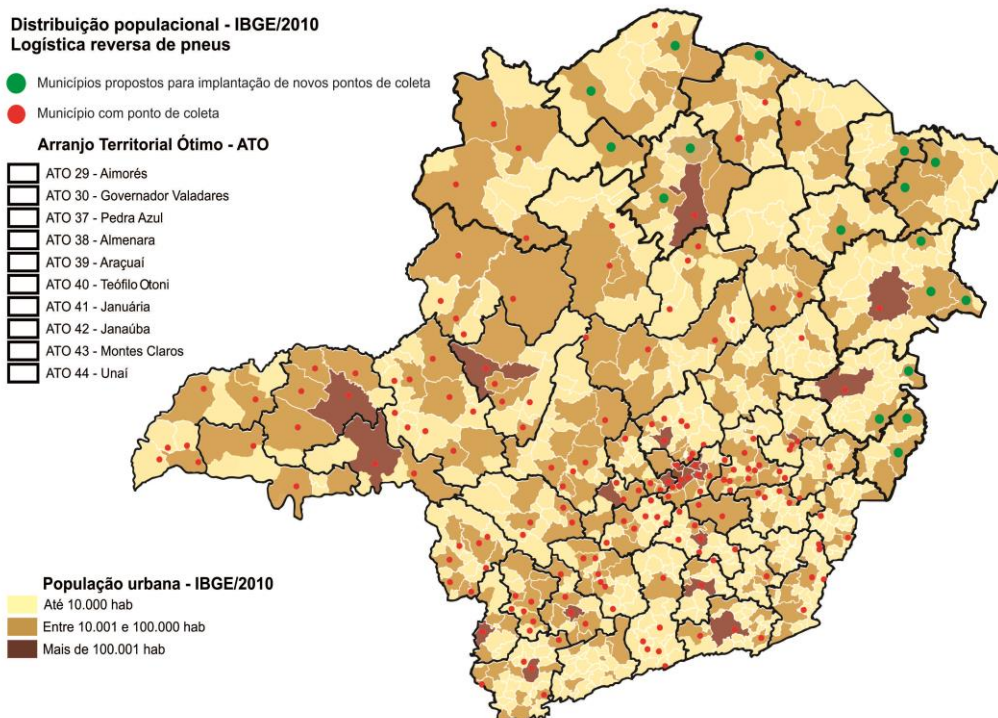
poluentes altamente tóxicos. Optou-se selecionar municípios localizados próximos aos aterros sanitários com o intuito de prevenir a destinação incorreta desses resíduos nesses locais e preservar a operação e manutenção daqueles aterros sanitários.

#### 4.5. Apresentação espacial dos pontos de coleta de pneus inservíveis

Diante dos resultados apresentados, o presente estudo considera que a implantação de Pontos de Coleta de Pneus Inservíveis nas cidades polo pode viabilizar e favorecer o fluxo desses resíduos dos municípios vizinhos em sua direção, garantindo a concentração de uma quantidade de pneus que garanta a viabilidade financeira do transporte. Além disso, foram selecionados, ainda, municípios com populações maiores que 15.000 habitantes, por garantirem maiores produções de resíduos pneumáticos, localizados perto de UTCs, de maneira a viabilizar a correta destinação dos pneus inservíveis triados e, ainda, próximos a aterros sanitários, com intuito de evitar que eles aterrados nesses locais, preservando, dessa maneira, a vida útil desses empreendimentos.

Os novos pontos de coleta de pneumáticos inservíveis sugeridos pela metodologia do presente estudo foram plotados no mapa que apresenta a distribuição populacional de Minas Gerais, juntamente com a identificação dos ATO's e com a identificação dos pontos de coletas já implantados. A Figura 6 representa a distribuição espacial dos pontos de coleta sugeridos.

Figura 6 - Distribuição da população urbana e os Pontos de Coleta de Pneus inservíveis já implantados e sugeridos dentro dos respectivos ATOs selecionados no Estado de Minas Gerais





Os municípios apontados albergam alto potencial para alocar novos pontos de coleta, visando melhor distribuição, proximidade com UTC's e Aaerros sanitários, evitando, com isso, que regiões do estado estejam impossibilitadas de destinar seus pneus inservíveis de forma adequada, por estarem distantes dos pontos já existentes. Os municípios indicados, bem como UTC's e aterros sanitários localizados em seu próprio município ou municípios vizinhos selecionados, foram listados, sendo eles: Aimorés (2 aterros sanitários e 2 UTC's); Almenara; Araçuaí (1 UTC); Carlos Chagas; Conselheiro Pena (1 UTC); Coração de Jesus (1 UTC); Espinosa (1 UTC); Januária; Jequitinhonha; Malacacheta (1 UTC); Manga, Mantena, Nanuque, Pedra Azul e Resplendor (1 aterro sanitário); São Francisco e São João da Ponte (1 aterro sanitário).

A inclusão de novos pontos oferece uma maior cobertura espacial, como pode ser visualizado no mapa acima (Figura 6). As intervenções são em sua maioria de difícil implantação, pois dependem das relações entre Prefeituras e da articulação entre empresas fabricantes e importadoras, poder público e população para estabelecimento e cumprimento de metas mais ousadas no âmbito da logística reversa de pneus, bem como aspectos relacionados ao meio ambiente e à saúde pública.

## 5. CONCLUSÃO

A análise integrada dos dados levantados permitiu selecionar municípios bem distribuídos e com características de acessibilidade e localização favorável ao fluxo dos resíduos pneumáticos de maneira abrangente com reflexos na preservação ambiental e dos aterros sanitários ativos, além de colaborar para com a diminuição de criadouros dos mosquitos vetores da dengue em municípios que possuem alta transmissão da doença.

Para o alcance de índices satisfatórios de combate à dengue, além dos pneus inservíveis, é importante que sejam enfatizados outros resíduos que também criam ambientes favoráveis à proliferação do vetor, como vasos, baldes, recipientes plásticos, caixas d'água descobertas, dentre outros. É necessário que todos os cidadãos tenham em mente que são geradores de resíduos e que estes, quando não destinados de maneira correta, podem se transformar em locais ideais para criadouros do mosquito da dengue.

É importante ressaltar que, para o perfeito funcionamento do sistema de logística reversa, a manutenção da infraestrutura viária e da qualidade das vias são elementos importantes para possibilitar o transporte e a consequente destinação final adequada dos pneumáticos inservíveis.

Para que o objetivo seja alcançado chama-se atenção para a necessidade de uma gestão integrada entre os municípios, investindo em programas de educação ambiental que mobilize a população para participar do programa e reúna seus resíduos pneumáticos com o intuito de direcioná-los aos pontos mais próximos. Portanto programas de educação ambiental devem ser planejados e divulgados de maneira eficiente e ampla, e monitorados e analisados.

Ressalta-se, também, a importância da ação conjunta entre os órgãos governamentais federais, estaduais e municipais, sociedade e empresários fabricantes, importadores e revendedores, sendo estes os responsáveis por implantar e operacionalizar os sistemas de logística reversa. Somente a união de todos os envolvidos na cadeia de um produto possibilita o funcionamento eficiente do respectivo sistema de logística reversa.

Por fim, recomenda-se, ainda, que o polígono Sul de Minas armazenado, representado pelo ATO 46, também seja analisado considerando-se que, apesar de não possuir índices de alta



transmissão de dengue, os pontos de coleta de pneus inservíveis devem ser estabelecidos com o objetivo de permitir a correta destinação dos pneumáticos inservíveis na região, bem como a valorização do resíduo. A inadequada destinação dos pneus inservíveis pode gerar diversos problemas, como já citados durante o trabalho, e a implantação dos pontos de coleta representaria medidas preventivas à disseminação da dengue, além de aprimorar a gestão integrada dos resíduos na região que já possui um consórcio implantado com relativo sucesso e em fase de ampliação em 2016.

Dessa maneira, a metodologia utilizada nesse trabalho, mediante algumas modificações de condição por região, poderia ser utilizada para a seleção de municípios com localização estratégica para receberem os pontos de coleta nos diversos estados brasileiros, assim como os resultados apresentados podem auxiliar na efetivação da implantação de um sistema de logística reversa de pneus inservíveis com maior abrangência geográfica em Minas Gerais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA RMBH. Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos, 2013. Disponível em: <[http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/system/attachments/146/original/2013\\_02\\_06\\_PLANOMETRO\\_POLITANO-RES%C3%84DDUOS-S%C3%93LIDOSS\\_v20.pdf?1366984875](http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/system/attachments/146/original/2013_02_06_PLANOMETRO_POLITANO-RES%C3%84DDUOS-S%C3%93LIDOSS_v20.pdf?1366984875)>. Acesso em: 15 maio 2015.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/939b2200474589659358d73fbc4c6735/Control+e+da+Dengue+pelo+SNVS.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 22 maio 2015.

BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. Estudos avançados, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. Epidemiologia e serviços de saúde, v. 16, n. 2, p. 113-118, 2007.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos-Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil/\\_03/\\_ato200, p. 7-2010, 2010](http://www.planalto.gov.br/ccivil/_03/_ato200, p. 7-2010, 2010).

COPAM, 2008. Deliberação Normativa nº 26, de 18 de dezembro de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9028>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

COPAM, 2009. Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Publicação--Diário do Executivo-Minas Gerais, v. 23, p. 12, 2009.

FAUSTINO, O. W. C.; LEITE, E. F. Desenvolvimento sustentável e o fenômeno do empreendedorismo com pneus inservíveis: um estudo de caso na “Pneu Verde”. HOLOS, v. 5, p. 344-360, 2014.

FEAM. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais. FEAM, 2014. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/2015/MINAS\\_SEM\\_LIXOES/ARQUIVOS/relatorio-de%20progresso-panorama-%20rsu\\_2015\\_gerub\\_fpf.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2015/MINAS_SEM_LIXOES/ARQUIVOS/relatorio-de%20progresso-panorama-%20rsu_2015_gerub_fpf.pdf)>. Acesso em: 11 maio 15.





FUNASA. Manual de saneamento. [S.l.]: Funasa, 2006.

FUNASA. Programa nacional de controle da dengue. Fundação Nacional de Saúde, 2002. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pncd\\_2002.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pncd_2002.pdf)>. Acesso em: 1 jun. 2015.

GUNTHER, W. M. R. Descarte de Pneus Inservíveis: um Problema na Grande São Paulo-XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental. Cancun, México, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores\\_sociais\\_municipais/tabela1a\\_shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/tabela1a_shtm)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

LOUREIRO, S. M. Índice de qualidade no sistema da gestão ambiental em aterros de resíduos sólidos urbanos-IQS, 2005.

NOHARA, J. J. *et al.* GS-40-Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus. Thesis, São Paulo, ano I. [S.l.]. 2006.

PEREIRA, S. D. Conceitos e definições da Saúde e Epidemiologia usados na vigilância sanitária. São Paulo, p. 11, 2004.

RAMOS FILHO, L. S. N. A logística reversa de pneus inservíveis: o problema da localização dos pontos de coleta, 2005.

SISEMA. Plano de Regionalização para gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais. FEAM, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/minasemlinoxes/regionalizacao/relatorio%20bsf%20final.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2015.

SOARES, V. ANIP recolherá 70 mil pneus usados. São Paulo, 2005.

SOUZA, C. D. R.; MÁRCIO DE ALMEIDA, D. Análise dos custos logísticos aplicada à cadeia logística reversa do pneu inservível. TRANSPORTES, v. 21, n. 2, p. 38-47, 2013

VIMIEIRO, G. V. Usinas de triagem e compostagem: valoração de resíduos e de pessoas - um estudo sobre a operação e os funcionários de unidades de Minas Gerais, 2012.