

ESTUDO DE VIABILIDADE LOGÍSTICA DA UTILIZAÇÃO DO ASFALTO-BORRACHA NA PAVIMENTAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro

Harlenn dos Santos Lopes

Bruno de Oliveira Rocha

Universidade Federal do Ceará

Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes (PETRAN) / UFC

Marcos Ronaldo Albertin

Breno Barros Telles do Carmo

Natacha Gadelha Rocha

Universidade Federal do Ceará

Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção Mecânica / UFC

RESUMO

O conceito de cadeia produtiva foi desenvolvido como instrumento de visão sistêmica. Neste contexto, um destaque evidente deve ser dado à cadeia produtiva do asfalto por se tratar de uma infra-estrutura fundamental para a circulação de bens e pessoas no estado do Ceará, haja vista a quase inexistência de serviços ferroviários estendidos e a quase impossibilidade de navegação fluvial em larga escala. Isso traz um grande impacto sobre todos os serviços de distribuição. Assim, o transporte terrestre por rodovias se mostra a opção mais viável. Visando a uma melhor qualidade de pavimento asfáltico e a reciclagem dos pneus, foi identificada uma oportunidade de negócio que envolve a cadeia produtiva do asfalto e de pneus. A oportunidade consiste na utilização da borracha dos pneus para a fabricação de pavimentação, conhecido por asfalto-borracha. Para tanto, é necessário a realização de um estudo de viabilidade técnica e logística para este negócio. Logo, o foco deste trabalho leva em consideração o estudo logístico, sendo feito o levantamento da quantidade de pneus inservíveis existentes e a localização dos mesmos no estado do Ceará, os aspectos legais envolvidos e as tecnologias existentes para a fabricação deste tipo de asfalto.

ABSTRACT

The productive chain concept was developed like system vision instrument. In this context, an evident detached must be given to the asphalt productive chain because it is the fundamental structure to the products and people circulation in Ceará, since doesn't exist a good train service and there is no possibility use the wide scale fluvial navigation. It brings an impact over the distribution services. So, the terrestrial transport is the option more viable. To get an asphalt better and the tires recycling it was identified a business opportunity that involves the asphalt and tires productive chain. The opportunity consists in use the tire's rubber to produce the rubber-asphalt. To this, it is necessary do a technical and logistics viable study. Soon, this article focuses the logistical viable study. It was done the trash tires quantity survey and where they are located in Ceará, the legal aspects and the technology involved to produce this kind of asphalt.

1. INTRODUÇÃO

Bowersox (2006) entende que a distribuição física trata da movimentação de produtos. Pode-se dizer que a distribuição no Brasil ocorre, principalmente, por meio de rodovias e qualidade do asfalto destas rodovias tem impacto direto sobre os custos de distribuição. Trata-se de um componente fundamental à principal infra-estrutura de transportes do País na atualidade, visto que o modal rodoviário responde por cerca de 60% de carga transportada (ANTT, 2005). Neste contexto, fica evidente que a utilização de uma pavimentação com boa durabilidade é extremamente importante, por ter um impacto direto nos custos de transporte dos produtos escoados.

O precário estado de conservação dos pavimentos ocasiona aumento em custos operacionais de transporte (com o aumento dos custos logísticos em geral), os quais são repassados aos produtos e, por conseguinte, ao consumidor final. Deste modo, a cadeia produtiva do asfalto, enquanto promotora de infra-estrutura, tem impacto direto em todas as cadeias produtivas

regionais que utilizam o modal rodoviário no recebimento de insumos ou no escoamento de sua produção.

Uma solução para este problema é a utilização de pneus inservíveis para a produção de um pavimento asfáltico com maior durabilidade. Este tipo de medida já vem sendo utilizado em outros países e em estados brasileiros, como Paraná. A proposta deste artigo é fazer um estudo da viabilidade tecnológica e logística da utilização da borracha de pneus inservíveis para a fabricação de asfalto borracha.

É interessante inserir neste mercado empresas locais para a fabricação deste tipo pavimento. O Programa de Mobilização da Indústria Nacional do Petróleo (PROMINP) foi lançado pelo governo federal em 2006 com o intuito de desenvolver a indústria do petróleo e gás. Visa o fortalecimento da indústria nacional de bens e serviços e está centrado na área de petróleo e gás natural. As metas do programa, elaboradas em conjunto com as empresas do setor, levarão à maximização da participação da indústria nacional no fornecimento de bens e serviços, em bases competitivas e sustentáveis, atendendo demandas nacionais e internacionais. Busca-se agregar valor à cadeia produtiva local através do fortalecimento da indústria regional (PROMINP, 2006).

O Prominp representa o compromisso do Governo Federal e das empresas do setor em atuarem de maneira integrada, priorizando a participação da indústria nacional nos negócios de petróleo e gás natural, criando empregos e competências, gerando oportunidades e riquezas para o Brasil (PROMINP, 2006).

Por meio da realização de uma ação transversal, envolvendo distintas cadeias, chegou-se à identificação da utilização da borracha dos pneus para a fabricação de pavimentação, o chamado asfalto-borracha. Logo, foi levantada a viabilidade técnica deste negócio, levando-se em consideração a quantidade de pneus inservíveis existentes e a localização dos mesmos no Estado do Ceará. Outro aspecto levado em consideração foram tecnologias existentes para a fabricação deste tipo de asfalto.

O objetivo deste estudo é a identificação de aspectos técnicos e legais para a utilização de pneus inservíveis na fabricação do asfalto-borracha. Foram levantadas as tecnologias existentes para a produção deste tipo de pavimento. Para isto, foi feito o levantamento da quantidade de pneus inservíveis existentes (na região Nordeste) para a avaliação da viabilidade deste negócio, também objetivo deste trabalho, o qual tem ainda o intuito de identificar as demandas produtivas e suas inserções em novas cadeias produtivas.

Este projeto é financiado pelo CNPq desde novembro de 2006, a quem são dirigidos nossos cordiais agradecimentos.

2. METODOLOGIA ADOTADA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessária a realização de uma pesquisa bibliográfica para o levantamento da cadeia do asfalto. Gil (2002) entende que a pesquisa bibliográfica “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros [...]”, de onde é retirado o embasamento teórico para a realização da pesquisa de campo.

Com o levantamento da cadeia produtiva do asfalto, pôde-se identificar a oportunidade existente na produção do asfalto utilizando-se a borracha dos pneus inservíveis para a produção de pavimento.

Para fazer o levantamento dos pneus existentes na região, foi realizada a pesquisa de campo

que, conforme Marconi e Lakatos (2003), “é utilizada para obter informações sobre um problema para qual se procura uma resposta”.

Assim, realizada a estimativa de pneus inservíveis no estado do Ceará, partiu-se para a identificação das tecnologias necessárias para a fabricação do asfalto-borracha.

Resumidamente, as etapas metodológicas perseguidas neste estudo foram: *a)* caracterização da cadeia produtiva do asfalto-borracha (potencialidades e aspectos importantes dos elos); *b)* mapeamento da cadeia do asfalto-borracha; *c)* quantificação de pneus inservíveis, enquanto insumo; *d)* levantamento da legislação vigente, e *e)* estudo de viabilidade técnica.

3. MAPEAMENTO DA CADEIA DO ASFALTO NO NORDESTE

3.1. Cadeia produtiva do asfalto no Nordeste

A cadeia produtiva do asfalto, assim como as demais cadeias produtivas de infra-estrutura, impacta diretamente todas as cadeias produtivas que recebem insumos ou escoam produção através da malha rodoviária. Os dados aqui apresentados se limitam aos valores da cadeia do asfalto isoladamente e estimam o potencial deste produto (REDE DE ASFALTO, 2004). Daí a importância deste estudo, visto representar um impacto direto sobre uma grande parcela das atividades de escoamento da produção do estado.

Na Figura 1, pode-se observar a cadeia produtiva do asfalto liderada pela LUBNOR, empresa subsidiária da Petrobrás, responsável pelo fornecimento de lubrificantes, sendo a empresa líder do setor. O asfalto pode ser distribuído como ligante à quente, para uso em misturas, ou pode servir de matéria-prima para fabricação de outro importante ligante rodoviário: a emulsão asfáltica.

No entorno da LUBNOR, seis empresas atuam no mercado de distribuição de asfalto e fabricação de emulsão. Considerando-se que aproximadamente 40% da produção total são destinados ao Estado do Ceará, estima-se um mercado anual superior a R\$ 60 milhões (Petrobrás, 2006).

Aos ligantes, são incorporados aditivos: DOPE, no caso dos asfaltos para melhoramento da adesividade ao agregado, e polímeros no caso das emulsões para melhoria da elasticidade. O mercado anual estimado destes produtos é de R\$ 800 mil (LMP, 2006).

Os ligantes são usados no revestimento rodoviário em conjunto com agregados, tais como: *(i)* gráúdo, como brita; *(ii)* miúdo, como areia de campo ou de rio, e *(iii)* fíler: cal, cimento portland ou pó calcáreo. O mercado de agregados no Estado do Ceará é estimado R\$ 30.000.000,00 (LMP, 2006).

Para se ter a visualização mais precisa da cadeia do asfalto, foi elaborado um fluxograma, o qual facilita a visualização das oportunidades de negócio por elo dessa cadeia produtiva (Figura 1).

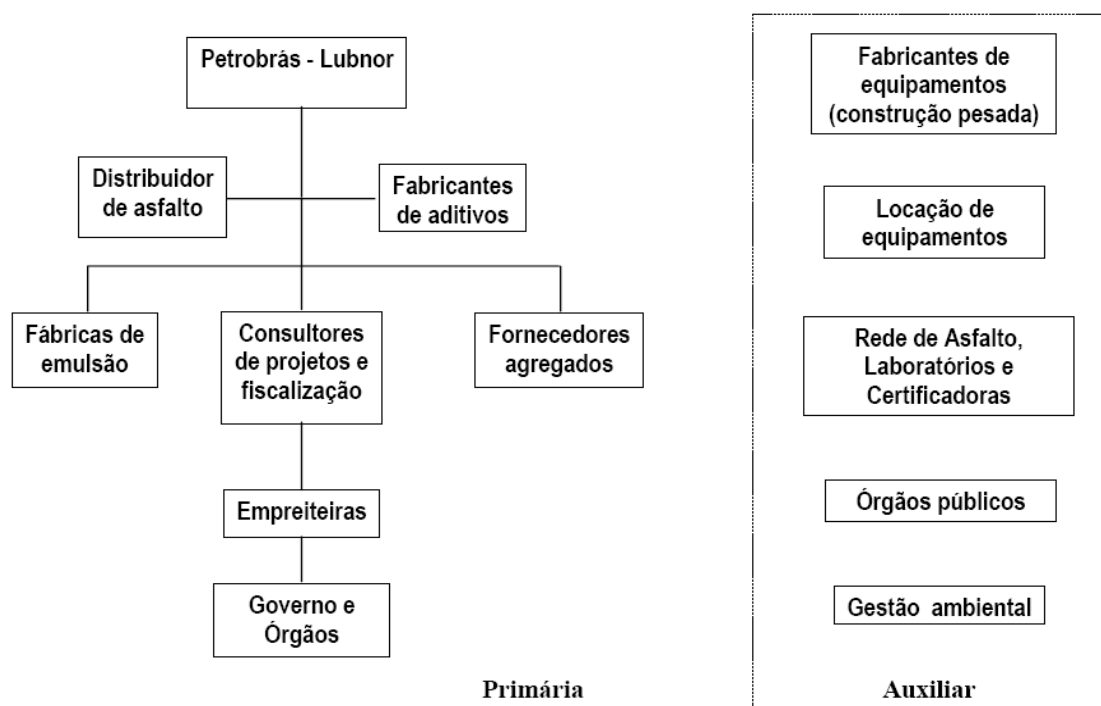


Figura 1: Cadeia produtiva do asfalto

Fonte: Relatório PROMINP

3.2. Potencialidades do asfalto

De acordo com a pesquisa da CNT, Confederação Nacional do Transporte, publicada em 2003, a malha rodoviária brasileira se encontra em condições insatisfatórias aos usuários tanto em desempenho, quanto em segurança e economia. O referido estudo conclui que a Região Nordeste se encontra em situação amplamente desfavorável quando comparada à já deficiente situação das Regiões Sul e Sudeste, apresentando condições do pavimento, sinalização e geometria insatisfatórias (CNT, 2007).

O estado insuficiente de conservação dos pavimentos ocasiona aumento em custos operacionais, repassados aos custos dos produtos. Há um consenso de que esta realidade torna os produtos nacionais pouco competitivos no mercado interno e externo, além de criar uma situação econômica insustentável.

O asfalto aplicado no Ceará é produzido pela Lubnor, responsável ainda por suprir este produto para os Estados do Piauí, Maranhão, Pará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Nos últimos anos, foram baixos os investimentos no setor rodoviário e estima-se que a produção anual média de asfalto (da refinaria em questão) é de, aproximadamente, 200 mil toneladas (Petrobrás, 2006).

Acredita-se que o segmento rodoviário movimenta hoje no Ceará um valor entre 150 e 200 milhões de reais. Há de se considerar ainda que diversos setores possuem interface direta com este segmento, como o de produção e manutenção de equipamentos associados à refinaria, fábricas de emulsão, usinas de asfalto, empreiteiras, transportadores, laboratórios, fabricantes de equipamentos, conforme representado na cadeia auxiliar (Petrobrás, 2006).

É importante ressaltar a atuação cooperada de empresas e universidades para promover o desenvolvimento tecnológico das regiões N/NE através da Rede de Asfalto N/NE. Estudos

avançados de uso de materiais alternativos, como borracha de pneus, estão sendo realizados no estado, demonstrando competências para novos desenvolvimentos e aplicações. Como exemplo, pode ser citado a utilização de pneus inservíveis na produção do asfalto-pneu, que é um tipo de asfalto que utiliza a borracha dos pneus em sua fabricação (LMP, 2004).

Segundo LMP (2006), a utilização da borracha de pneus inservíveis como matéria-prima em pavimentação se justifica tecnicamente por produzir misturas asfálticas mais duráveis e, conseqüentemente, melhores vias. Outro motivo seria o de benefício ambiental, através de uma destinação adequada desses resíduos, bem como a minoração de exploração de novas jazidas de agregados. Some-se a isso a possível diminuição de focos do mosquito da dengue (pela deposição inadequada dos pneus inservíveis), reduzindo, assim, a incidência de casos, situação essa que muito atinge a população de vários municípios do estado.

Segundo Soares (2007), já existe um possível mercado para os pneus-resíduos na região metropolitana de Fortaleza, com um protocolo de intenções para a instalação de uma fábrica para reciclagem de pneus no município de Caucaia, com capacidade para produção de granulado de borracha que, entre outras finalidades, será utilizado como componente de asfalto-borracha.

Logo, para o emprego do referido material como insumo/ligante, faz-se necessário o levantamento dos pneus inservíveis na região, sendo, desta forma, realizada uma pesquisa para o levantamento da quantidade de pneus inservíveis.

Uma vez identificada a demanda produtiva de asfalto-borracha, através de sua principal matéria-prima, a borracha, os pneus inservíveis se tornam componentes de uma cadeia transversal à cadeia produtiva do asfalto, sendo importante objeto de estudo, tanto no que se refere à identificação e quantificação de demandas (por municípios), quanto a estudos da própria logística reversa do pneu.

3.3. Estimativa de pneus inservíveis na região Nordeste

Os dados apresentados são referentes aos estados da região Nordeste e foram coletados com base na frota de veículos existentes na Região do Nordeste (Rede de Asfalto, 2004).

Para tanto, foi realizada a estimativa anual de pneus e de pneus inservíveis descartados anualmente nos estados do NE. Sabendo-se que a quantidade de pneus vendida no País é de 38.400.000 de unidades anuais, segundo dados da ANIP (2006) – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, pode-se estabelecer uma relação de proporcionalidade entre a frota e a quantidade de pneus para cada estado, e, conseqüentemente, para cada município. Após diversos estudos nos EUA, verificou-se que 65% dos pneus velhos são inservíveis. A quantidade de pneus espalhada e abandonada atualmente no país é estimada em 100 milhões de unidades (SATO, 1978, *apud* Bertollo, 1999). Estes dados indicam, em termos proporcionais (também em função da frota de cada estado e município), a quantidade atualmente disponível em cada estado, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade estimada de pneus por estado na região Nordeste

Estado	Frota de Veículos	% Brasil	Pneus / ano (Estimativa)	Pneus inservíveis / ano (65%)	Pneus dispostos atualmente (estimativa)	Capacidade Produção Mistura asfáltica
MARANHÃO	511.622	1,3%	492.903	320.387	1.283.601,7	10.680
PIAUÍ	368.209	0,9%	354.737	230.579	923.794,7	7.686
CEARÁ	1.055.338	2,6%	1.016.727	660.872	2.647.725,6	22.029
RIO GRANDE DO NORTE	520.991	1,3%	501.930	326.254	1.307.108,5	10.875
PARAÍBA	427.869	1,1%	412.215	267.940	1.073.475,7	8.931
PERNAMBUCO	1.239.916	3,1%	1.194.552	776.458	3.110.811,3	3.882
BAHIA	1.597.022	4,0%	1.538.592	1.000.085	4.006.750,5	33.336
ALAGOAS	302.401	0,8%	291.337	189.369	758.690,5	6.312
SERGIPE	293.641	0,7%	282.898	183.883	736.712,6	6.129
Nordeste	6.317.008	15,8%	6.085.890	3.955.828	15.848.671	109.861
Brasil	39.858.284					
Pneus Brasil / Ano	38.400.000					
Pneus Descartados no Brasil	100.000.000					

Fonte: Lopes, 2007.

3.4. Forças de governo e mercado

Um grande impulso para a produção deste tipo de pavimento reside na pressão exercida pela sociedade e, por consequência, do governo para dar uma destinação final adequada para os pneus inservíveis. Com esta pressão, foram criadas leis que obrigam as empresas produtoras e distribuidoras de pneus a darem um fim ecologicamente correto para os pneus inservíveis. A utilização dos mesmos como agregados no asfalto-borracha se torna uma alternativa para estas empresas perante o governo e sociedade, que pode ser utilizado como propaganda para os clientes, em que a empresa mostra que é “ecologicamente correta”.

Em julho de 1999, a Resolução 258, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), estabeleceu que as empresas, fabricantes e importadores de pneus são obrigados a comprovar anualmente, junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama), a destinação final, ambientalmente adequada, das quantidades dos chamados "pneus inservíveis" produzidos ou comercializados.

De acordo com a determinação federal, as fábricas e distribuidoras de pneus tiveram o compromisso de reciclar 25% de sua produção em 2001. Para o ano de 2002, o volume foi de 75%. A missão ainda era a de atingir 100% em 2004 (ANTT, 2006).

O Conama proibiu ainda o armazenamento de pneus velhos em grandes espaços, a céu aberto. Mesmo assim, segundo levantamentos técnicos, atualmente existem cerca de 100 milhões de pneus abandonados em aterros, lixões, córregos, lagoas e rios do Brasil (ANTT, 2006). A triste realidade serve apenas para oferecer mais riscos ao meio ambiente e à saúde pública. *In loco*, verificou-se que a coleta e a disposição desses pneus estão muito aquém do que prevê a referida Lei Federal, inexistindo cobrança mais eficiente ou, mesmo, fiscalização.

Outra lei pesquisada diz respeito à isenção de ICMS para os estados do Ceará, Paraná, Rio Grande do Sul e Distrito Federal na produção do asfalto-borracha (convenio ICMS 48, LIII). Esta lei vem como uma vantagem competitiva para as empresas fabricantes de asfalto-borracha, que têm a possibilidade de ter seus custos reduzidos em função da utilização da borracha picada de pneus inservíveis na sua produção.

Assim, o emprego do pneu na pavimentação vem ao encontro da expectativa ambiental no que se refere à melhor disposição e utilização desses resíduos sólidos, contribuindo, assim, para a sustentabilidade ambiental.

3.5. Tecnologias existentes para produção do asfalto-borracha

Para que seja feito o aproveitamento dos pneus inservíveis, é necessário o levantamento das tecnologias e processos produtivos do asfalto existentes. Foram levantados dois processos de utilização das borrachas de pneu inservível: o método úmido e o método a seco.

LMP (2006) define o método úmido como sendo a aplicação da borracha de pneu inservível como modificador de ligante asfáltico. O percentual utilizado de borracha é aproximadamente 1% do peso total da mistura asfáltica final. Este processo é o mais utilizado no mundo e tem apresentado melhores resultados sob o ponto de vista da qualidade da mistura final. Sua aplicação exige a necessidade de uma unidade industrial para confecção do ligante modificado por borracha, além da unidade de moagem de pneus e usina de mistura asfáltica. LMP (2006) vê o processo a seco sendo feito através da substituição de uma fração de agregados da mistura por borracha de pneu moído (ou raspa de pneu) com o mesmo diâmetro da fração retirada. Este processo utiliza um percentual de borracha de aproximadamente 4 a 8% do volume da mistura.

3.6 Estudo da logística reversa dos pneus

Após o conhecimento dos quantitativos dos estados da Região Nordeste, observado na Tabela 1, partiu-se para o cálculo quantitativo proporcional das cidades, com o intuito de verificar quais, dentre essas cidades, apresentam maior potencial de pneus inservíveis. A partir dos quantitativos de unidades de pneus, estimou-se a quantidade, em toneladas, admitindo-se que cada pneu possui, em média, 5 kg (LMP, 2006).

Assim, puderam ser identificadas as demandas do Nordeste, utilizando-se do seguinte método: partindo-se do pressuposto de que as empresas recicladoras dos pneus estariam localizadas no Distrito industrial de Maracanaú, na região metropolitana de Fortaleza (RMF), realizou-se um estudo de localização, com vistas à identificação das cidades com maior potencial de valores relativos de pneus/km (dentro do NE), e não somente valores absolutos. Este índice, aqui denominado IPD – Índice de Pneus por Distância, obtido pela razão entre a quantidade de pneus e a distância até o município de Maracanaú, tem a finalidade de dar suporte às decisões logísticas e estratégicas das potenciais empresas recicladoras. A classificação das 20 cidades com maiores valores de IPD encontra-se na Tabela 2, cuja ordem decrescente é adotada para a classificação das cidades.

Tabela 2: Estimativa de Pneus para as 20 cidades selecionadas por IPD

LOCAL	FROTA (DETRAN)	Pneus / ano Estimativa)	Pneus inservíveis / ano (65%)	Toneladas de Pneus Inservíveis	DISTÂNCIAS - MARACANAÚ (KM)	Índice Pneus / Distância
Fortaleza – CE	497.967	479.748	311.836	1.559	24	12.993
Maracanaú – CE	18.663	17.980	11.687	58	0	11.687
Caucaia –CE	22.065	21.258	13.818	69	24	576
Recife – PE	402.299	387.580	251.927	1.260	774	325
Natal –RN	224.905	216.676	140.840	704	515	273
Salvador – Ba	551.533	531.354	345.380	1.727	1554	222
Teresina – PI	197.881	190.641	123.917	620	576	215
Mossoró – RN	67.261	64.800	42.120	211	242	174
João Pessoa – PB	184.963	178.196	115.827	579	669	173
São Luís – MA	204.021	196.557	127.762	639	1013	126
Maceió – AL	168.749	162.575	105.674	528	1017	104
Campina Grande – PB	96.337	92.812	60.328	302	656	92
Aracaju – SE	155.517	149.827	97.388	487	1263	77
Sobral –CE	31.145	30.006	19.504	98	255	76
Jaboatão – PE	83.970	80.898	52.584	263	786	67
Olinda –PE	77.212	74.387	48.352	242	768	63
Caruaru –PE	68.915	66.394	43.156	216	799	54
Feira de santana - BA	109.301	105.302	68.446	342	1550	44
Parnaíba –PI	30.962	29.830	19.389	97	469	41
Juazeiro do Norte –CE	34.456	33.195	21.577	108	523	41
Parnamirim – RN	32.161	30.984	20.140	101	508	40
Paulista – PE	39.303	37.865	24.612	123	762	32
Petrolina – PE	43.875	42.270	27.475	137	862	32
Picos - PI	26.010	25.058	16.288	81	573	28
Juazeiro – BA	36.991	35.638	23.164	116	863	27
Imperatriz – MA	52.237	50.326	32.712	164	1346	24

Fonte: Lopes, 2007.

O passo seguinte foi realizar uma primeira aproximação dos custos de transporte de cada pneu coletado nas cidades. Esta análise não considerou valores de possíveis fretes de retorno nem o roteamento de veículos para coleta simultânea em várias cidades, de tal modo que os custos tornam-se superestimados. Entretanto, esta avaliação faz-se relevante para se obter uma nova classificação, baseada em custos, das cidades mais importantes nesse processo de logística reversa dos pneus inservíveis.

Para esta estimativa de custos foi consultada a Revista Economia e Transporte (2007) que apresenta os custos variáveis de determinados tipos de veículos por quilômetro rodado. Assim, foram considerados três tipos de caminhões para o transporte dos pneus das cidades até o distrito industrial de Maracanaú-CE:

- i. Caminhão leve (4 a 6 ton ou 500 pneus) - Custo por quilometro (R\$ 2,14);
- ii. Caminhão médio (10 a 14 ton ou 1600 pneus) - Custo por quilometro (R\$ 2,68);
- iii. Caminhão pesado (14 a 18 ton ou 2500 pneus) - Custo por quilometro (R\$ 3,30).

Com os tipos de veículos definidos acima e a quantidades de pneus inservíveis gerados,

calculou-se a quantidade de viagens necessárias por mês para cada cidade. Assim, pôde-se definir o melhor tipo de caminhão e o custo de transporte de cada pneu, gerando uma nova classificação das 20 cidades, mostrado Tabela 3.

Tabela 3: Primeira estimativa de custos para 20 cidades selecionadas por IPD

	Caminhão Leve		Caminhão Médio		Caminhão Pesado		CUSTO Por Pneus
Custo por km rodado	R\$ 2,14		R\$ 2,68		R\$ 3,30		
Capacidade de pneus	500		1600		2500		
	Viagens	Custo	Viagens	Custo	Viagens	Custo	
MARACANAÚ	2	R\$ 8,54	1	R\$ 5,36	1	R\$ 6,59	R\$ 0,01
FORTALEZA	52	R\$ 5.328,96	17	R\$ 2.186,47	11	R\$ 1.740,45	R\$ 0,07
CAUCAIA	3	R\$ 307,44	1	R\$ 128,62	1	R\$ 158,22	R\$ 0,11
Mossoró	8	R\$ 8.266,72	3	R\$ 3.890,63	2	R\$ 3.190,82	R\$ 0,91
SOBRAL	4	R\$ 4.355,40	2	R\$ 2.733,09	1	R\$ 1.681,11	R\$ 1,03
ITAPIPOCA	2	R\$ 1.298,08	1	R\$ 814,57	1	R\$ 1.002,08	R\$ 1,39
Natal	24	R\$ 52.777,20	8	R\$ 22.079,08	5	R\$ 16.975,95	R\$ 1,45
João Pessoa	20	R\$ 57.132,60	7	R\$ 25.096,20	4	R\$ 17.641,80	R\$ 1,83
TERESINA / PI	21	R\$ 51.649,92	7	R\$ 21.607,49	5	R\$ 18.986,69	R\$ 1,84
LIMOEIRO DO NORTE	2	R\$ 1.690,92	1	R\$ 1.061,08	1	R\$ 1.305,33	R\$ 1,84
Parnaíba PI	4	R\$ 8.010,52	2	R\$ 5.026,74	1	R\$ 3.091,93	R\$ 1,91
JUAZEIRO DO NORTE	4	R\$ 8.932,84	2	R\$ 5.605,51	1	R\$ 3.447,93	R\$ 1,92
Parnamirim	4	R\$ 8.676,64	2	R\$ 5.444,74	1	R\$ 3.349,04	R\$ 2,00
RECIFE	42	R\$ 138.809,16	14	R\$ 58.070,12	9	R\$ 45.924,05	R\$ 2,19
PICOS/PI	3	R\$ 7.340,13	1	R\$ 3.070,71	1	R\$ 3.777,56	R\$ 2,26
JABOATÃO	9	R\$ 30.205,98	3	R\$ 12.636,52	2	R\$ 10.363,57	R\$ 2,37
IGUATU	2	R\$ 3.151,26	1	R\$ 1.977,47	1	R\$ 2.432,67	R\$ 2,41
PAULISTA	5	R\$ 16.268,70	2	R\$ 8.167,12	1	R\$ 5.023,56	R\$ 2,45
PETROLINA	5	R\$ 18.403,70	2	R\$ 9.238,92	1	R\$ 5.682,82	R\$ 2,48
OLINDA	9	R\$ 29.514,24	3	R\$ 12.347,14	2	R\$ 10.126,23	R\$ 2,51
Campina Grande	11	R\$ 30.812,32	4	R\$ 14.062,02	3	R\$ 12.974,24	R\$ 2,58
CARUARU	8	R\$ 27.293,84	3	R\$ 12.845,52	2	R\$ 10.534,97	R\$ 2,93
Juazeiro	4	R\$ 14.740,04	2	R\$ 9.249,63	1	R\$ 5.689,41	R\$ 2,95
Maceió	18	R\$ 78.166,62	6	R\$ 32.700,62	4	R\$ 26.818,70	R\$ 3,05
São Luís	22	R\$ 95.161,22	7	R\$ 38.000,67	5	R\$ 33.391,52	R\$ 3,14
Aracaju	17	R\$ 91.681,17	6	R\$ 40.610,50	4	R\$ 33.305,82	R\$ 4,10
Salvador	58	R\$ 384.863,64	18	R\$ 149.901,95	12	R\$ 122.938,80	R\$ 4,27
Feira de santana	12	R\$ 79.422,00	4	R\$ 33.225,80	3	R\$ 30.655,59	R\$ 5,37

Fonte: Lopes, 2007.

4. RESULTADOS

Com o intuito de subsidiar a tomada de decisões referentes à produção de asfalto-borracha, estimou-se, a partir dos dados obtidos, a quantidade potencial de mistura asfáltica a ser produzida anualmente em função da quantidade de pneus inservíveis, disponíveis em cada cidade. Para tanto, procedeu-se à divisão das cidades encontradas em classes ABC (classificação de Pareto), sendo as cidades com maior potencial classificadas como A, médio potencial como B e baixo potencial, C, a fim de embasar qualquer política de coleta e gestão de pneus.

Foi considerado, após encontros e entrevistas com membros do LMP, da UFC, que a borracha corresponde a 15% do ligante asfáltico, e que esse ligante corresponde a 6% da mistura

asfáltica. Também se estimou a quantidade de quilômetros de vias, possível de se pavimentar com a mistura em questão, sabendo-se que 1 km de via corresponde a 800 kg de mistura asfáltica (LMP, 2007).

A quantidade potencial de ligante, mistura asfáltica e quilômetros de vias a pavimentar estão contidas na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade potencial de produção de cada cidade, em função dos pneus inservíveis.

LOCAL	Toneladas de Pneus Inservíveis	Capacidade de Ligante (ton/ano)	Capacidade Mistura Asfáltica(ton/ano)	Km / capacidade de Mistura
FORTALEZA	1.559	10.395	173.242	217
MARACANAÚ	58	390	6.493	8
CAUCAIA	69	461	7.676	10
		TOTAL A	187.412	234
RECIFE	1.260	8.398	139.960	175
Natal	704	4.695	78.244	98
Salvador	1.727	11.513	191.878	240
TERESINA	620	4.131	68.843	86
Mossoró	211	1.404	23.400	29
João Pessoa	579	3.861	64.348	80
São Luís	639	4.259	70.979	89
Maceió	528	3.522	58.708	73
Campina Grande	302	2.011	33.516	42
		Acum. A+B	917.286	1.147
Aracaju	487	3.246	54.104	68
Sobral	98	650	10.835	14
Jaboatão	263	1.753	29.213	37
Olinda	242	1.612	26.862	34
Caruaru	216	1.439	23.975	30
Feira de Santana	342	2.282	38.026	48
Parnaíba	97	646	10.772	13
Juazeiro do Norte	108	719	11.987	15
Parnamirim	101	671	11.189	14
Paulista	123	820	13.673	17
Petrolina	137	916	15.264	19
Picos	81	543	9.049	11
Juazeiro	116	772	12.869	16
Imperatriz	164	1.090	18.173	23
		Acum. A+B	1.203.279	1.504

Como se pôde observar na Tabela 4, existe um mercado potencial bastante amplo para a produção do asfalto-borracha no estado do Ceará.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que o destino deste resíduo seja adequado, há a necessidade de um gerenciamento específico nos municípios. Podem ser identificados/estimados os geradores (acumuladores) e sua localização (dissertação de mestrado em andamento, PETRAN); a quantidade de pneus-resíduos gerados (que estão sendo descartados mensalmente); a localização dos possíveis pontos de despejo (dissertação de mestrado em andamento, PETRAN); a localização de empresas recicladoras de pneus; e, o levantamento da situação atual quanto à gestão dos pneus

em nos municípios.

Para o gerenciamento dos pneus-resíduos, faz-se necessário a identificação de ferramentas, tais como: existência de programas comunitários; programas com órgãos de fiscalização; programas incluindo a comunidade e a Prefeitura, entre outros.

É necessária, também, uma logística voltada para os locais de geração dos pneus, visando ao transporte dos pneus-resíduos acumulados nos geradores para locais de beneficiamento e armazenamento.

O referido estudo, com os dados obtidos até o momento, apresentou resultados satisfatórios, condizentes à realidade da região em análise. Observa-se, também, que o procedimento metodológico pode ser útil na definição de prioridades estratégicas de gestão.

Nos Estados Unidos, já se pode observar a construção de rodovias com a utilização do asfalto-borracha e o Paraná já possui fábricas que produzem este pavimento. Isto se mostra também como uma perspectiva positiva para a produção deste tipo de asfalto no estado do Ceará.

Agradecimentos

Os autores agradecem de forma especial ao CNPq, que apóia este projeto (Observatório Tecnológico-OT/UFC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTIN, M. R. *Identificação de Ações e Projetos para Maximizar a Participação de Fornecedores Regionais na Cadeia Petróleo & Gás do Ceará.* Ceará, 2006.

ANTT. Disponível em: < www.antt.gov.br > Acessado em: 15/11/2006.

BOWERSOX, D. J. et all. *Gestão Logística de Cadeia de Suprimentos.* São Paulo: Bookman, 2006.

CARDOSO, L. C. S. *Logística do Petróleo. Transporte e Armazenamento.* Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

CD-Prominp. *Fórum Regional do PROMINP no Ceará.* Ceará, 2006.

CNT. Disponível em: <www.cnt.org.br>. Acessado em: 15/01/2007.

CONAMA. *Resolução nº 258.* Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/248-99.htm>>. Acessado em 15/03/2007.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa.* 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Legislação Tributária. Disponível em:

<<http://app1.sefaz.mt.gov.br/sistema/legislacao/legislacaotribut.nsf/07fa81bed2760c6b84256710004d3940/d612cff6bb56a88c042572c600518c31?OpenDocument&Click=>>>. Acessado em 25/06/2007.

LMP - Laboratório de Mecânica dos Pavimentos. *Utilização de pneus inservíveis como material de pavimentação.* Universidade Federal do Ceará, 2006.

LOPES, H. S. *Dissertação de mestrado em andamento.* Ceará, 2007.

MARCONI, M.A. & LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica.* 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

PETROBRAS. Disponível em: <www.petrobras.com.br>. Acessado em 09/09/2006.

PROMINP. Disponível em: <www.prominp.com.br>. Acessado em 10/02/2007.

PROMINP. Relatório do projeto de demandas tecnológicas. Ceará, 2006.

REDE DE ASFALTO. *Segmento Asfalto: Uma Oportunidade de Desenvolvimento.* Ceará, 2004.

REVISTA ECONOMIA E TRANSPORTE. *Planilha de Custos de Veículos* Disponível em: <<http://www.economiaetransporte.com.br/site/planilha.asp>>. Acessado em 09/05/2007.

SOARES, J. Entrevista realizada em 03/04/2007. Ceará, 2007.