

## **CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) E PROPOSTA DE REUTILIZAÇÃO EM BASE, SUB-BASE E NA MASSA ASFÁLTICA**

**Jurandir da Cunha ALVES (1); Roberto Mesquita de AQUINO (1); Lúcia Andréa Sindeaux de OLIVEIRA (1); Antônio Eduardo Bezerra CABRAL (1); Sandra Keila Freitas de OLIVEIRA (1)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará - CEFETCE, Av. 13 de Maio, 2081 – Benfica – Fortaleza/CE. CEP: 60040-531. Gerência da Construção Civil (Centro de Pesquisas em Resíduos Sólidos), (85) 3307-3731, (85) 3307-3711, e-mail: [jurandir.alves.cprs@gmail.com](mailto:jurandir.alves.cprs@gmail.com) , [cprs@cefetce.br](mailto:cprs@cefetce.br)

### **RESUMO**

A indústria da construção civil é considerada o setor que mais afeta diretamente ao meio ambiente, causando danos de difícil restauração. Os resíduos sólidos provenientes da indústria da construção civil, também denominados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), são encarados como um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades atualmente, visto que o descarte clandestino gera um alto custo aos municípios para o remanejamento deste material, ocasionando ainda problemas ambientais e de saúde pública. Na busca de soluções para esses problemas tem-se promovido a reciclagem desses resíduos, transformando-os em agregados reciclados, que podem ser utilizados em substituição dos agregados naturais. O emprego dos agregados reciclados, particularmente na produção de base e sub-base e de massa asfáltica de pavimentos, tem se tornado atrativo, em função do grande volume de material utilizado. Portanto, o objetivo desta pesquisa é caracterizar os agregados reciclados produzidos em Fortaleza a partir dos RCD, com o intuito de testar a viabilidade do uso dos mesmos como materiais para execução de base e sub-base de pavimentos, bem como agregados para produção de massa asfáltica. Para isso, foram coletadas amostras de agregados reciclados da Usina de Reciclagem de Fortaleza (USIFORT), as quais foram levadas ao Laboratório de Materiais de Construção (LMC) do CEFETCE para serem caracterizados, juntamente com os agregados naturais, conforme suas respectivas normas. Os resultados indicam que embora os agregados reciclados possuam características diferentes dos agregados naturais, estes apresentam potencialidades para serem utilizados na produção de base e sub-base e de massa asfáltica. Desta maneira, os recursos minerais não-renováveis seriam preservados, abrindo-se uma alternativa de aplicabilidade deste material reciclado.

**Palavras-chave:** RCD, agregados reciclados, reciclagem, pavimentação, Fortaleza

## **1. INTRODUÇÃO**

A questão ambiental está sendo cada vez mais debatida nas esferas internacional, nacional e local. O crescimento da população, o progresso industrial e da urbanização contribuem para um aumento da geração de resíduos que são abandonados no meio ambiente. Particularmente, o desenvolvimento no setor da construção civil ocasiona aumento do consumo de energia e da matéria prima, elevando a geração de resíduos, provocando impactos negativos ao meio ambiente.

O modelo de desenvolvimento adotado mundialmente está voltado para políticas de extração dos recursos naturais sem a inserção equitativa de benefícios sociais e econômicos para o ser humano. Uma política de crescimento sustentável por meio da reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD), problema ambiental existente há décadas nos centros urbanos, seria uma alternativa eficiente para solucionar esta questão. Em alguns países desenvolvidos, a reciclagem dos RCD está se tornando uma alternativa em diversos setores da construção civil. Após passar por um processo de reciclagem, os RCD podem ser empregados nas mais diferentes situações como, por exemplo, na produção de concretos moldados “in loco” ou pré-moldados e na execução de camadas em estruturas de pavimentos (base e sub-base) e ainda como componente da massa asfáltica para revestimento, dentre outras aplicações. Temos que dar uma atenção maior quanto à importância que a reciclagem tem sobre a diminuição dos resíduos sólidos descartados, atingindo diretamente o comportamento da sociedade e proporcionando uma melhoria da qualidade de vida (DAU, 2001).

Esse novo modelo propicia uma melhor qualidade de vida às gerações humanas futuras possibilitando que as mesmas desfrutem dos benefícios dispostos pela natureza, sendo chamado de desenvolvimento sustentável. Uma das linhas de atuação do desenvolvimento sustentável está centrada na busca de ciclos de produção com rendimentos máximos para os produtos manufaturados pelo homem, ou seja, tudo que for extraído da natureza seja efetivamente utilizado em algum processo de transformação. A reutilização de resíduos é um processo que desperta muito interesse dos órgãos responsáveis pelo transportes, devendo ser imprescindível estabelecer uma ordem na metodologia que abrangem a reciclagem (FILHO, 2003). Esta é uma visão utópica, visto que todo processo de transformação gera resíduos e o manuseio e a disposição desses resíduos junto ao meio-ambiente pode gerar impactos ambientais, sejam positivos ou negativos. Uma maneira de corroborar na busca pelo desenvolvimento sustentável é a reutilização ou o reaproveitamento dos resíduos gerados pelos processos transformadores, ou seja, re-encaixá-los na cadeia produtiva como subprodutos, os quais teriam aplicabilidade em outro processo.

Com a escassez de matéria-prima para a construção de estradas, deficiência de locais adequados para a deposição de resíduos sólidos vem se buscando o interesse para a reutilização deste material (BELIGNI, 1995). Este artigo traz resultados preliminares de um projeto em andamento que visa estudar a aplicação de agregados provenientes da reciclagem dos RCD na pavimentação, verificando a sua utilização, como base e sub-base e na produção de revestimentos asfálticos. Neste artigo serão discutidos os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados reciclados, comparando-os com os resultados dos agregados naturais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Pesquisas envolvendo a reutilização de resíduos da construção civil (construção e demolição) têm se concentrado muito mais no aproveitamento desse material em agregados reciclados, para a fabricação de concreto na pavimentação. Alguns estudos desenvolvidos em curso de mestrado e doutorado, tanto no Brasil quanto no exterior. Essas pesquisas têm possibilitado quantificar e caracterizar os resíduos de construção e demolição (RCD) e indicar sua destinação para maior viabilidade, dos pontos de vistas técnico, econômico e ambiental. Embora o RCD contendo na sua constituição a maioria de agregados que têm sido pouco estudados, e citados com restrição de uso da literatura, sendo que em sua maior parte utilizadas em obras de pequeno porte estrutural. Um trabalho muito interessante da substituição de agregados naturais por agregados por agregados reciclados tem sido aplicado em vários países da Europa. São poucas as experiências que relatam o emprego desse material como agregados em misturas betuminosas e são de difícil apresentação na literatura. Com o intuito de se atingir a otimização desta técnica, primeiramente foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre a utilização de agregados reciclados, com o objetivo de se conhecer o atual estado de desenvolvimento desta tecnologia, sua aplicação em diversos setores da construção civil, conhecer as principais dificuldades no estudo deste material e assim determinar a metodologia mais adequada para estudo do mesmo como matéria-prima para o material para a produção de misturas asfálticas.

A revisão bibliográfica teve, como fonte de pesquisas, artigos apresentados em congressos realizados sobre o tema, dissertações de mestrado, literatura especializada e monografias.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletados 250Kg de agregado graúdo reciclado de concreto (AGRC) e 250Kg de agregado miúdo reciclado de concreto (AMRC) provenientes da Usina de Reciclagem de Fortaleza (USIFORT), os quais serão levados para o Laboratório de Materiais de Construção (LMC) do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE).

Utilizando-se o processo de quarteamento, segundo a *NBR 9.941/87 – Redução de amostra de campo de agregados para ensaios de laboratório*, foram separadas amostras do material reciclado para se fazer os ensaios de caracterização, juntamente com o agregado natural miúdo (AMN) e o agregado natural graúdo (AGN), que foram também caracterizados. Os ensaios realizados nos agregados foram os que se seguem:

- análise granulométrica segundo a NM 248/03 – *Agregado – Determinação da composição granulométrica*, dos agregados graúdos e miúdos natural e reciclado.
- determinação da massa unitária segundo a *NBR – 7251/82 – Agregado em estado solto. Determinação da massa unitária* dos agregados graúdos e miúdos natural e reciclado;
- determinação da massa específica segundo a *NBR NM52/03 – Agregado miúdo – determinação da massa específica e da massa específica aparente* para os agregados miúdos e segundo a *NBR NM53/02 – Agregado graúdo – determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água* dos agregados graúdos;
- NBR 7809/06 – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro para os agregados graúdos;
- NBR 6467/06 – Determinação do inchamento de agregado miúdo;

Os ensaios acima fazem parte da caracterização inicial dos agregados reciclados e naturais, os quais serão utilizados posteriormente na determinação de outros parâmetros, tais como: a porcentagem de vazios, a estabilidade, a resistência à tração, a resistência triaxial de cargas repetidas e a fluência das misturas betuminosas a serem realizadas com a utilização dos agregados reciclados, baseado no método de ensaio NBR – 12891/93 (Dosagem de Mistura Betuminosa pelo Método Marshall) e a especificação de serviço DNER – ES 313/97 (Pavimentação – Concreto Betuminoso).

Será feita a análise do desempenho do agregado miúdo reciclado e do agregado graúdo reciclado em concretos como substituição dos agregados graúdos e miúdos naturais. Deseja-se produzir concretos com substituição de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% dos agregados naturais por agregados reciclados de concreto, isso para a execução no CBUQ. Para a AAUQ será analisado o desempenho do agregado miúdo reciclado em concretos como também a substituição dos agregados miúdos naturais, produzindo assim concretos com substituição de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% dos agregados naturais por agregados reciclados de concreto.

Entretanto, para base e sub-base, será necessário analisar o desempenho do agregado miúdo e do agregado graúdo reciclado em concretos como substituição dos agregados graúdos e miúdos naturais. Almeja-se produzir concretos com substituição de 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% dos agregados graúdos naturais por agregados graúdos reciclados de concreto. O mesmo procedimento de substituição de 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% será realizado para os agregados miúdos naturais por agregados miúdos do RCD.

Para os testes em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente), serão produzidos somente 35 traços com substituições dos agregados naturais pelos agregados reciclados e um traço sem substituição (de referência), enquanto que para testar os agregados reciclados em AAUQ (Areia Asfáltica Usinada à Quente), serão produzidos mais 35 traços com substituições e um traço sem substituição (de referência).

Entretanto, este artigo aborda apenas os ensaios de caracterização dos agregados naturais e reciclados. Para a caracterização dos agregados, foram utilizadas amostras com as quantidades constantes na Tabela 1 e o quarteamento foi realizado adotando 3 vezes o valor da massa exigida em cada norma (figura 1).

Tabela 1 – Quantidade de materiais utilizada nos ensaios de caracterização dos agregados:

Ensaio	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo
Granulometria	5000g	5000g
Massa Unitária	60000g	80000g
Massa Específica e Massa Específica Aparente e Absorção	2000g	4000g
Inchamento	50000g	-----
Índice de Forma	-----	10000g



Figura 1 – Amostragem

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Granulometria

Para a determinação da granulometria dos agregados graúdos e miúdos foi utilizado os procedimentos da NM 248/03. Os resultados estão dispostos nas figuras 2 e 3 para os agregados graúdos e miúdos , respectivamente.

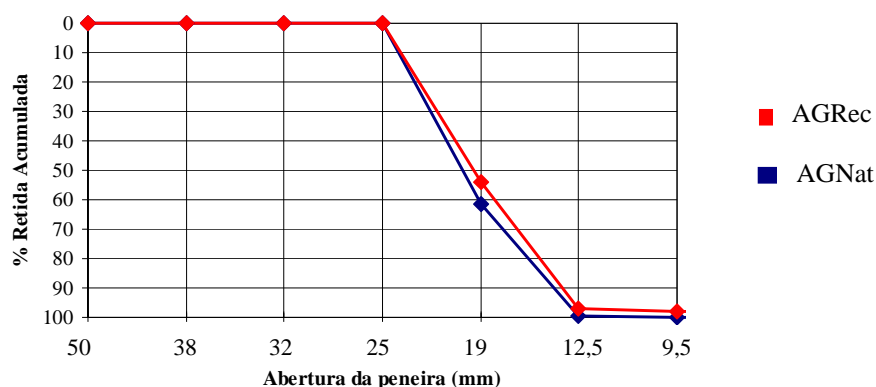


Figura 2 – Curva granulométrica dos agregados graúdos

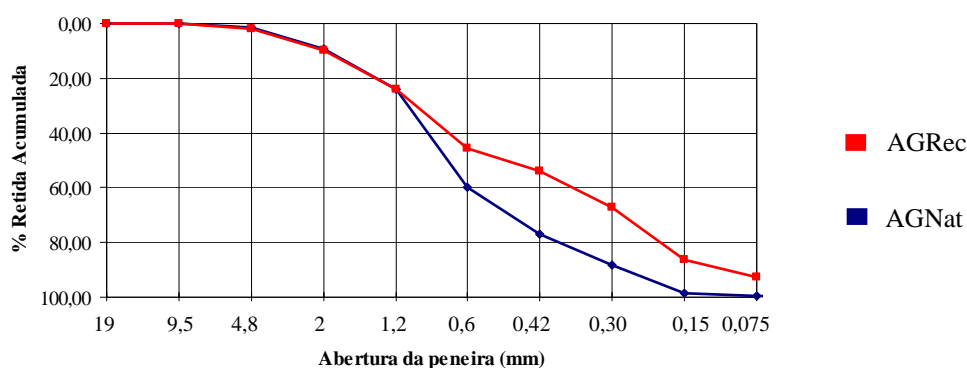
D.M.C (Ag. Reciclado Graúdo): 25mm

D.M.C (Ag. Natural Graúdo): 25mm

M.F (Ag. Reciclado Graúdo): 7,5

M.F (Ag. Natural Graúdo): 7,6

Observou-se que os agregados reciclados e naturais apresentaram 0% de massa retida nas peneiras 50 mm, 38 mm e 25 mm. Já as peneiras 19 mm, 12,5mm e 9,5mm obtiveram-se os seguintes resultados aproximados de massa retida para os agregados reciclados, 54%, 97% e 98% respectivamente, e para os agregados naturais dessas peneiras, mostram-se os seguintes resultados, 62%, 99% e 100% de massa retida. Segundo os resultados no gráfico abaixo, os Diâmetros Máximos Característicos (DMC) dos dois tipos de agregados são semelhantes. Já os Módulos de Finura (MF) mostram os diferentes resultados, 7,5 para agregado reciclado e 7,6 para agregado natural, justificando o menor percentual de massa retida para o AGRec.



**Figura 3 – Curva granulométrica dos agregados miúdos**

DMC (Ag. Reciclado Miúdo): 4,8mm

DMC (Ag. Natural Miúdo): 4,8 mm

M.F (Ag. Reciclado Miúdo): 7,3

M.F (Ag. Natural Miúdo): 7,5

Os dados obtidos nos ensaios granulométricos dos agregados miúdos explicitou que os agregados reciclados e naturais nas peneiras 19 mm e 9,5 mm apresentaram 0% de massa retida. As peneiras 4,8mm, 2mm e 1,2mm, seguem os resultados semelhantes para os dois agregados, 3%, 10% e 24%, as peneiras 0,6mm, 0,42mm, 0,30mm, 015mm e 0,0075 mm obtiveram aproximadamente 45%, 52%, 68%, 88% e 93% de massa retida para os agregados reciclados, e para os agregados naturais, 60%, 78%, 89%, 98% e 99% de massa retida. De acordo com os resultados no gráfico abaixo, os Diâmetros Máximos Característicos (DMC) dos dois tipos de agregados são semelhantes. Já os Módulos de Finura (MF) mostram os diferentes resultados, 7,3 para agregado reciclado e 7,5 para agregado natural, e percebe-se o menor percentual de massa retida para o AGRec. Segundo gráfico, observa-se a curva granulométrica do AGRec é mais suave que a curva do AGNat, o que determina uma boa granulometria, ou seja, grãos contínuos.

## 4.2. Massa Específica

### 4.2.1. Massa Específica dos Agregados Reciclados e Naturais

Para determinar a massa específica dos agregados naturais e reciclados foi preciso o embasamento da norma NBR NM52/03. Os dados da Tabela 2 abaixo o agregado reciclado, segundo os resultados, mostra-se mais leve que os agregados naturais e isso possibilita a construção de concretos e/ou argamassas leves. Tal resultado, possivelmente resultará em uma maior porosidade.

**Tabela 2 – Massa Específica do Agregado Miúdo**

Ag.Miúdo(Reciclado)	Ensaio 1	Ensaio 2	Massa Específica Média
Massa Específica	2,58g/ml	2,58g/ml	2,58g/ml

Ag.Miúdo(Natural)	Ensaio1	Ensaio 2	Massa Específica Média
Massa Específica	2,63g/ml	2,63g/ml	2,63g/ml

#### 4.2.2. Massa Específica dos Agregados Graúdos

Para determinar a massa específica dos agregados graúdos naturais e reciclados foi utilizada a norma NM53/02, os resultados seguem respectivamente na Tabela 3.

Tabela 3 - Massa específica dos Agregados Graúdos:

Ag.Graúdo	Agregado Natural	Agregado Reciclado
Massa Específica	2,22g/cm <sup>3</sup>	2,21g/cm <sup>3</sup>

Os agregados reciclados mostraram-se um pouco mais leves que os agregados naturais, entretanto esse resultado determina certa semelhança entre as massas de determinados traços de concreto.

#### 4.3. Massa Específica Aparente

Os resultados encontrados na Tabela 4 foram baseados nos procedimentos da norma NBR NM53/02. Segue-se a Tabela abaixo.

Tabela 4 – Massa Específica Aparente ( Agregado Graúdo)

Ag.Graúdo	Agregado Natural	Agregado Reciclado
Massa Específica Aparente	2,23g/cm <sup>3</sup>	2,34g/cm <sup>3</sup>

Os resultados da tabela (4) apontam, para os agregados graúdos reciclados, uma massa específica aparente superior ao dos agregados naturais. Devido a isso, o mesmo provavelmente apresentará maior volume de vazios em sua composição.

#### 4.4. Absorção de água

A Tabela 5 proporciona a visualização da absorção dos agregados graúdos baseados na norma NBR NM53/02. Segue-se abaixo a Tabela:

Tabela 5 - Absorção dos Agregados Graúdos

Ag.Graúdo	Agregado Natural	Agregado Reciclado
Absorção	0,22%	4,54%

O AGRec indicou um elevado grau de absorção, isso provavelmente esta diretamente relacionada com a porcentagem de interstícios (poros) na massa cristalina das partículas. A absorção de asfalto pelo agregado pode influenciar positivamente no fenômeno da adesividade, entretanto uma elevada absorção, há diminuição da espessura da película de asfalto sobre o agregado, tornando a mistura mais suscetível à ação deletéria da água. A absorção dos agregados miúdos não foi citada, pois os resultados obtidos foram divergentes e é preciso que se realize novos ensaios para se obter a precisão desta informação.

#### 4.5. Índice de forma

Para se determinar o índice de forma pelo método do paquímetro foi preciso adotar a NBR 7809/06, a Tabela 6, mostra os resultados obtidos após os ensaios.

Tabela 6 – Índice de Forma dos agregados

Peneiras	Relação c/e (Natural)	Relação c/e (Reciclado)
19mm	1,65	1,65
12,5mm	1,68	1,36
9,5mm	1,91	1,18
c = comprimento; e = espessura.		

O índice de forma (IF) do agregado gráúdo reciclado (AGR) e do agregado gráúdo natural (AGN) estão dentro do limite da norma NBR 7211 que é menor que 3. O que proporcionará uma similaridade na resistência dos agregados acarretando uma maior estabilidade dos grãos.

#### 4.6. Massa unitária

A massa unitária foi encontrada a partir da NBR 7251/82, de agregados em estado solto, segue-se abaixo a Tabela 7 com os resultados encontrados.

Tabela 7 – Massa Unitária de Agregados Reciclados e Naturais

Massa Unitária	Agregado Reciclado	Agregado Natural
Agregado Miúdo	1,82Kg/dm <sup>3</sup>	1,87Kg/dm <sup>3</sup>
Agregado Graúdo	1,24Kg/dm <sup>3</sup>	1,43Kg/dm <sup>3</sup>



Figura 4 – Massa Unitária do Agregado Graúdo

Observa-se que a massa unitária do agregado miúdo reciclado (AMR) e do agregado miúdo natural (AMN) apresenta certa semelhança. No agregado gráúdo houve uma pequena distorção, mas desconsideramos, pois, não influenciará nas transformações dos traços em massa para volume no qual é fundamental para o cálculo do consumo do material empregado por metros cúbicos no pavimento.

#### 4.7. Inchamento

Segundo a Tabela 8 abaixo, demonstra-se para o agregado miúdo reciclado, uma umidade crítica de 7% e coeficiente de inchamento crítico de 1,73.

Tabela 8 – Inchamento do Agregado Reciclado

<b>Umidade (h)%</b>	<b>Coefficiente de Inchamento</b>
0,0	1,00
0,5	1,34
1,00	1,36
2,00	1,36
4,00	1,38
5,00	1,56
7,00	1,73
9,00	1,68
12,00	1,46

Umidade Crítica: 7%

Coefficiente de Inchamento Médio: 1,73

O coeficiente de Inchamento Médio ficou na faixa de 4% a 7% como normalmente daria para agregados naturais usados neste tipo de aplicação. Na tabela 11 abaixo, encontra-se para o agregado miúdo natural, uma umidade crítica de 2% e coeficiente de inchamento crítico de 1,13.

Tabela 11 – Inchamento do Agregado Natural

<b>Umidade (h)%</b>	<b>Coefficiente de Inchamento</b>
0,0	1,00
0,5	0,98
1,00	1,02
2,00	1,13
4,00	1,09
5,00	1,02
7,00	0,93
9,00	0,94

Umidade Crítica: 2%

Coefficiente de Inchamento Médio: 1,13



Da mesma forma já como esperada o Coeficiente de Inchamento Médio ficou entre as faixas exigidas pela NBR 6467/06. O AGRec apresentou coeficientes de inchamento mais elevados que os AGNat, tem-se como justificativa a provável porosidade do agregado reciclado, tendo o mesmo alcançado o ponto de saturação máxima com uma umidade superior ao do agregado miúdo natural.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados foram bastante satisfatórios, pois os mesmos alcançaram valores bem favoráveis ao esperado inicialmente. Tomando especificamente os resultados granulométricos e de massas específicas, constata-se que os agregados reciclados assim dispostos aos ensaios mostraram-se mais leves que os agregados naturais. As principais propriedades afetadas por essas características são trabalhabilidade, resistência mecânica, fluência, módulo de elasticidade e retração. O agregado miúdo reciclado, por apresentar um elevado grau de absorção, provavelmente tem uma porosidade alta. A absorção de asfalto pelo agregado pode influenciar positivamente no fenômeno da adesividade, entretanto uma elevada absorção há diminuição da espessura da película de asfalto sobre o agregado, tornando a mistura mais suscetível à ação deletéria da água. Devido à porosidade e à absorção apresentada, é possível se produzir concretos para a utilização na massa asfáltica e conseqüentemente em base e sub-base. Em relação à forma dos agregados reciclados que serão testados nos pavimentos para a substituição de agregados naturais ficaram apropriados para o uso, pois seus grãos tinham a forma arredondada, proporcionando uma maior aderência e resistência ao pavimento. O inchamento como esperado teve seu coeficiente de inchamento médio na faixa adequada que é entre 4% a 7% de umidade, favorecendo a sua utilidade na massa asfáltica. O ensaio de Desgaste por Abrasão Los Angeles será feito posteriormente já que este presente artigo explicitou somente a caracterização dos agregados para uso em pavimento.

## **REFERÊNCIAS**

André T.L. **CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE MISTURAS**

**ASFÁLTICAS RECICLADAS A QUENTE.** Fortaleza 2003, 117 p. Dissertação(Mestrado).  
Universidade Federal do Ceará

Laura M.G.M. e Jacques M. **INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EM**  
**MECÂNICA DOS PAVIMENTOS.** Rio de Janeiro 2006, 13 p. Pós-graduação em Engenharia  
COPPE- Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Cinconegui G. F. **CARACTERIZAÇÃO MECANÍSTICA DE AGREGADOS DE**  
**RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO RIO DE**  
**JANEIRO E DE BELO HORIZONTE PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO.** Rio de  
Janeiro 2004, 193p. Tese(Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Consuelo A. F. **ESTUDO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE MISTURAS**  
**CONFECCIONADAS COM AGREGADOS RECICLADOS.** Manaus/AM 2007, 16 p.  
Artigo Publicado( Pós-Doutor). Universidade Federal do Amazonas.

Angêla T.C.S. **CONCRETOS COM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DE**  
**DEMOLIÇÃO.** Sergipe 2007, 10 p. Artigo Publicado. Universidade Federal de Sergipe.

Flávio, N.F.D. **UMA AVALIAÇÃO TÉCNICO/ECONÔMICA DA RECICLAGEM DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS A FRIO EM USINA EM ÁREA URBANA.** Rio Grande do Sul/RS 2001, 149p. Dissertação(Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Daniela, D. **MISTURAS ASFÁLTICAS USINADAS A FRIO: ESTUDO EM LABORATÓRIO UTILIZANDO EMULSÃO E AGENTE DE RECICLAGEM EMULSIONADO.** Rio Grande do Sul/RS 2006, 128p. Dissertação(Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Valmir, B. **ESTUDO DA GRANULOMETRIA RESULTANTE DA FRESAGEM DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS COM VISTAS PARA RECICLAGEM “IN SITU” A FRIO.** São Paulo/SP 1999, 179p. Tese(Doutorado). Escola Politécnica de São Paulo.

José, D.P.F. **ESTUDOS DE CASOS ENVOLVENDO O PROJETO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS RECONSTRUÍDOS POR RECICLAGEM A FRIO.** São Paulo/SP 2003, 176p. Dissertação(Mestrado). Instituto Tecnológico da Aeronáutica.

Luciana, M.D.A. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE MATERIAL FRESADO DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO VISANDO SUA APLICAÇÃO EM RECICLAGEM DE PAVIMENTOS.** Brasília/DF 2004, 227p. Tese(Doutorado). Universidade de Brasília.

Mauro, B. **ESTUDO DE DESEMPENHO DE MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS A QUENTE E A FRIO UTILIZADAS EM BASES DE PAVIMENTOS.** São Paulo/SP 1995, 141p. Dissertação(Mestrado). Universidade de São Paulo.