

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

BRENDA FELICIANO GUSMÃO
KARLA NUNES BARROS
NAIARA SOUZA CASTIGLIONI

**USO DO RCD COMO AGREGADO NA PAVIMENTAÇÃO COM EMPREGO DA
LOGÍSTICA REVERSA**

Aracruz
2019

BRENDA FELICIANO GUSMÃO
KARLA NUNES BARROS
NAIARA SOUZA CASTIGLIONI

**USO DO RCD COMO AGREGADO NA PAVIMENTAÇÃO COM EMPREGO DA
LOGÍSTICA REVERSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Engenharia Civil da
Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito
parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Evandro José P. de Abreu

Aracruz
2019

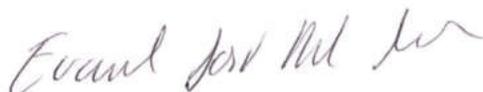
BRENDA FELICIANO GUSMÃO
KARLA NUNES BARROS
NAIARA SOUZA CASTIGLIONI

**O EMPREGO DA LOGÍSTICA REVERSA PARA O USO DO RCD COMO
AGREGADO NA PAVIMENTAÇÃO URBANA**

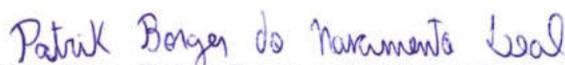
Trabalho de conclusão de curso apresentado à
coordenadoria do curso de Engenharia civil das
Faculdades Integradas de Aracruz, como requi-
sito parcial para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia civil.

Aprovado em 11 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Esp. Evandro José Pinto de Abreu
Faculdades Integradas de Aracruz
Orientador



Prof. Esp. Patrik Borges do Nascimento Leal
Faculdades Integradas de Aracruz
Examinador interno



Prof. M^e. Vital Pereira Baptista Júnior
Faculdades Integradas de Aracruz
Examinador interno

RESUMO

A indústria da construção civil é uma grande geradora de empregos e uma forte potência no Brasil, sendo assim uma grande geradora de resíduos. Na maior parte do nosso país, as cidades não têm controle sobre os resíduos sólidos gerados por obras, sendo estes depositados em locais inadequados e clandestinos. O descarte correto destes resíduos provenientes da construção e demolição de obras contribui para um convívio sustentável entre o ser humano e o meio em que habita. O presente trabalho visa analisar os resíduos da construção civil provenientes de demolições e construções como possíveis agregados na fabricação e execução da pavimentação. A partir de coleta de materiais de entulho de obra classificados como Classe A, conforme classificação do CONAMA, sendo eles concreto, cerâmica, tijolo e telha de fibrocimento. Assim, busca-se formas adequadas para as empresas do ramo da construção civil fazer o descarte correto e implantar uma gestão diferenciada dos resíduos de construção e demolição, baseado na facilidade do descarte e viabilidade econômica sendo atrativa e ambientalmente sustentável, através dos princípios da Logística Reversa. Para este estudo de caso foram realizadas visitas ao local da obra e entrevistas com os empreiteiros a fim de coletar informações para o desenvolvimento da pesquisa, e assim coletar material para análise em laboratório, regidos pela NBR 15116/2004. Sendo assim, o trabalho oferece condições para que a empresa possibilite um convívio pacífico entre a população ao redor, adequando-se às leis e normas exigidas a redução dos riscos e a degradação do meio ambiente será realizada.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão. Resíduos. Construção Civil. Meio Ambiente.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação do RCD segundo CONAMA	12
Tabela 02 - Estimativas da geração de entulho no Brasil e no exterior.....	16
Tabela 03 – Composição do RCD de diversas cidades brasileiras.....	20
Tabela 04 – Variação de quantidade de material, orçamento x gasto.....	23
Tabela 05 – Quantidade mínima de material para ensaio.....	46
Tabela 06 – Peneiramento da amostra de tijolo.....	49
Tabela 07 – Peneiramento da amostra de cerâmica	50
Tabela 08 – Peneiramento da amostra de fibrocimento.....	51
Tabela 09 – Peneiramento da amostra de concreto.....	52
Tabela 10 – Peneiramento das amostras de lajota	54
Tabela 11 – Peneiramento das amostras de cerâmica	54
Tabela 12 – Peneiramento das amostras de fibrocimento.....	55
Tabela 13 – Peneiramento das amostras de concreto.....	55
Tabela 14 – Calculo índice de forma.....	56
Tabela 15 – Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação.....	57
Tabela 16 – Diâmetro efetivo nos percentuais passantes de 10% e 60% e coeficiente de uniformidade.....	57
Tabela 17 – Resultado percentual passante na peneira 0,42 mm.....	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Composição da cadeia produtiva da construção civil em 2009.....	14
Gráfico 02 – Total de RCD coletado no Brasil e por região do Brasil.....	18
Gráfico 03 - Quatro principais fatores de perdas em obras na construção civil.....	21
Gráfico 04 – Curva granulométrica da amostra de tijolo.....	50
Gráfico 05 – Curva granulométrica da amostra de cerâmica.....	51
Gráfico 06 – Curva granulométrica da amostra de fibrocimento.....	52
Gráfico 07 – Curva granulométrica da amostra de concreto.....	53
Gráfico 08 – Curva granulométrica do comparativo das 4 amostras ensaiadas.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Normas técnicas da ABNT sobre reciclagem de RCD.....25

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz-ES.....	37
Figura 02 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz-ES.....	37
Figura 03 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz-ES.....	38
Figura 04 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz-ES.....	38
Figura 05 - Fluxograma da metodologia.....	39
Figura 06 - Resíduos da demolição e construção antes da coleta e separação.....	40
Figura 07 - Resíduos da demolição e construção antes da coleta e separação.....	41
Figura 08 - Ordem das peneiras utilizadas.....	43
Figura 09 - Peso da amostra antes da análise.....	43
Figura 10 - Amostra dentro das peneiras no agitador mecânico.....	44
Figura 11 - Amostras após teste granulométrico em recipientes específicos.....	44
Figura 12 - Amostra respectivamente de cerâmica e fibrocimento para o teste de dimensão máxima característica	45
Figura 13 - Separação da amostra retida na peneira de 9,5 mm em 3 grupos de granulometria parecida.....	47

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ARM - Agregado de Resíduo Misto

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

NBR - Norma Brasileira

NBR NM - Norma Brasileira – Níveis de Normalização

RCD - Resíduo de Construção e Demolição

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
3.2 PERDAS E DESPÉRDICIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
3.3 LEGISLAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLADO.....	23
3.4 DIFICULDADES NA PRÁTICA DE RECICLAR O RCD.....	27
3.5 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
3.6 UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NA PAVIMENTAÇÃO.....	33
4. ESTUDO DE CASO	36
5. METODOLOGIA	39
5.1 ENSAIO DE CAMPO	39
5.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS	36
5.2 ENSAIO DE LABORATÓRIO	37
5.3.1 Ensaio de Granulometria	42
5.3.2 Ensaio para Dimensão Máxima Característica	45
5.3.3 Ensaio de Índice de Forma	46
6. RESULTADOS	49
6.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA	49
6.2 ENSAIO DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA.....	53
6.3 ENSAIO ÍNDICE DE FORMA	55
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
8. CONCLUSÕES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE A - Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma	65

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um dos que mais desperdiça matéria prima, gerando uma quantidade elevada de entulho, de acordo com Pinto (1999), no Brasil, é responsável por cerca de metade da massa total de resíduos sólidos urbanos. Muitas vezes, este desperdício é dado por má gestão do projeto, falha no processo de construção ou perda no transporte e armazenamento. A reciclagem destes entulhos pode gerar matérias primas, auxiliando na redução do custo na compra de materiais e na diminuição de impactos ao meio ambiente, visto que o alto desperdício tem causado problemas de ordem econômica e ambientais, já que quando descartados dos canteiros de obra, quase sempre não têm um destino correto, sendo levados para destinos clandestinos (LUCHEZZI, 2014).

A implantação da Logística reversa vem com o objetivo de fazer o aproveitamento do material reciclado no processo produtivo e encaminhá-la ao seu descarte adequado a fim de mostrar a possibilidade de reciclar materiais obter menos resíduos no meio ambiente. Visto que a definição de logística reversa, segundo LEITE (2005, p.16-17), é definida como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Porém a ideia de reutilizar resíduos é um pouco utópica pois existem muitos desafios no momento de colocar a ideia em prática, desde a mudança de hábitos das pessoas até a criação de leis ambientais extremamente burocráticas.

O presente trabalho tem como objetivo estudar propostas para amenizar a quantidade de material desperdiçado em uma construção, fazendo o uso da reciclagem do entulho de concreto, diminuindo o custo na compra de matéria prima e na redução do impacto que esse entulho irá causar no meio ambiente. Com este

objetivo, foi feito um estudo de caso do em algumas obras, visando identificar os problemas e os diferentes tipos de resíduos gerados, classificando-os e analisando a possibilidade de utilização dos resíduos da construção civil na pavimentação.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade do reaproveitamento do RCD (Resíduo de Construção e Demolição) como agregado na pavimentação aplicando os princípios da logística reversa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar em empresas do município de Aracruz/ES se é realizado reciclagem e coletar material (entulho) para estudo.
- Caracterizar o material coletado em campo a fim de avaliar seu potencial para utilização na pavimentação.
- Estudar o comportamento do resíduo em análises de laboratório por meio de ensaios determinados na NBR 15116/2004.
- Avaliar se o resíduo já separado enquadra-se nas normas para ser utilizado como agregado na pavimentação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os RCD's (Resíduo de Construção e Demolição) são todos os materiais provenientes de construções reformas, reparos e demolições na construção civil, segundo a resolução 307 CONAMA, podem ser classificados em quatro classes, conforme Tabela 01.

Tabela 01 - Classificação do RCD segundo CONAMA

Classe	Material	Característica
A	Tijolos, Blocos, Telhas, Argamassa e Concreto.	Reutilizáveis ou recicláveis, provenientes de construção, demolição e reformas.
B	Plástico, Papelão, Metal, Vidros, Madeiras e outros.	Recicláveis para outras destinações.
C	Gesso	Resíduos os quais não foram desenvolvidas técnicas economicamente viáveis que permitam sua reciclagem.
D	Tintas, Solventes, Óleos e outros.	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Fonte: Resolução CONAMA 307, 2002.

Para definir o resíduo da construção civil, deve-se envolver a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, relacionando-os com os resíduos e substâncias cujo o impacto ao meio ambiente e à saúde são conhecidos. A NBR 10004- Resíduos Sólidos- Classificação, classifica os resíduos sólidos quanto ao risco à saúde pública e ao meio ambiente, classificando-os em dois grupos: perigosos e não perigosos, sendo que o último grupo dividido em inertes e não inertes. A definição de Resíduo Sólido segundo a NBR 10004/04 aplica-se a seguinte definição: "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de

esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos:
 - Resíduos classe II A – Não inertes;
 - Resíduos classe II B – Inertes.

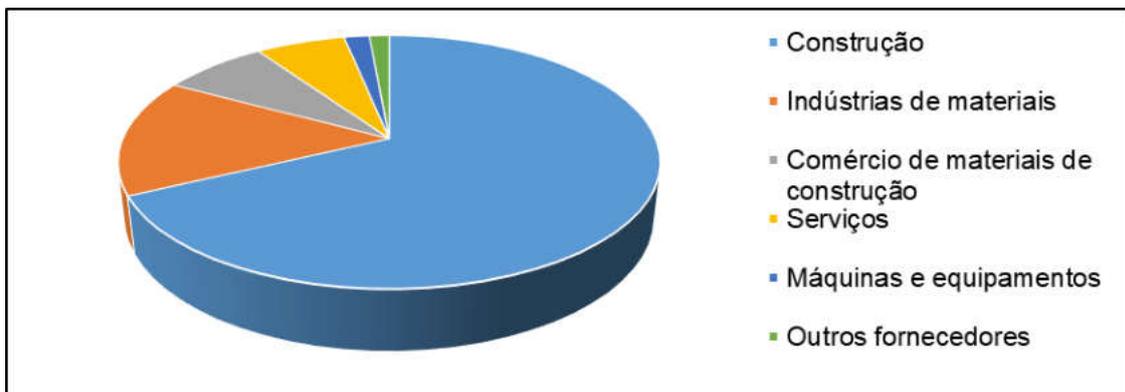
Onde os Resíduos classe I - Perigosos são aqueles que apresentam periculosidade, e suas características podem apresentar inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, já os Resíduos classe II - Não perigosos são os resíduos de restaurante (restos de alimentos), sucata de metais ferrosos, sucata de metais não ferrosos (latão etc.), resíduo de papel e papelão, resíduos de plástico polimerizado, resíduos de borracha, resíduo de madeira, resíduo de materiais têxteis, resíduos de minerais não-metálicos, areia de fundição, bagaço de cana, e outros resíduos. Os resíduos classe II A - Não inertes são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Já os resíduos classe II B - Inertes são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Para Cabral (2007), os resíduos da construção civil têm uma alta tendência a serem classificados em resíduos inertes, pois há uma grande quantidade de material com composição mineral não poluente e inertes quimicamente, porém o autor lembra que esta ideia está sendo derrubada em vista da quantidade de materiais de pintura ou

metais pesados presentes no resíduo, que podem lixiviar e contaminar a água e o solo. O autor ainda afirma que o resíduo pode ser classificado como inertes ou não-inertes, dependendo apenas da origem e constituição do mesmo.

O exacerbado crescimento populacional vem aliado da necessidade de possuir bens materiais o que gerou um aumento da indústria da construção civil nas últimas décadas e conseqüentemente um aumento da geração de resíduos (Gráfico 01). A construção civil é um dos setores que apresenta uma das maiores taxas de desperdício atualmente, chegando a atingir 20% a 30% da massa de material em cada obra (LATTERZA, 2000).

Gráfico 01 - Composição da cadeia produtiva da construção civil em 2009



Fonte: CBIC, 2010.

A geração do resíduo da construção e demolição é antiga, desde os tempos da Pré-História o homem transforma matérias primas (algodão, lã, trigo, pedras, etc.) em formas úteis para garantir sua sobrevivência. L. L. Brasileiro et. Al. Ressalta que a geração do resíduo é anterior ao início da obra, pois além de consumir insumos naturais também produz resíduos. Ainda é interessante lembrar que o RCD não é só o que é comumente gerado em obras (material de escavação, demolição de construções, renovação de edifícios, limpeza de terrenos, etc.), mas também pode ser originado de catástrofes naturais (incêndios, desabamentos, bombardeios, etc.).

Pode-se dizer que são várias as fontes geradoras de resíduos da construção civil, para Cabral, em 2007, destaca-se algumas fontes como sendo principais:

- As perdas no processo construtivo, sejam por deficiência da tecnologia utilizada, pela baixa qualidade da mão-de-obra empregada, pelo detalhamento insuficiente em projetos, pela utilização de produtos defeituosos, ocasionando a superprodução ou a substituição de materiais e componentes, ou seja, perdas que geram desperdícios de material que saem das obras na forma de entulhos. Segundo LAURITZEN (1994), citado por KARTAM et al. (2004), na construção de edifícios, aproximadamente de 20 a 50 kg de resíduos são produzidos por metro quadrado de pavimento construído;
- A falta de qualidade dos materiais e serviços executados que levam ao mau funcionamento da edificação, acarretando no aparecimento de manifestações patológicas, que, quando corrigidas, geram entulhos (LEITE, 2001);
- O crescimento populacional, que demanda por novas moradias, as quais, quando são construídas, geram resíduos;
- A demolição de edificações que sua vida útil já se exauriu. Entenda-se aqui vida útil não só como o tempo em que a edificação satisfaz a critérios técnicos de desempenho (capacidade estrutural, por exemplo), pois a edificação também está sujeita a uma degradação social, que pode ser entendida como mudanças nas necessidades dos usuários com o decorrer do tempo. Segundo LAURITZEN (1994) citado por KARTAM et al. (2004), pode-se considerar a geração de uma a duas toneladas por metro quadrado de pavimento demolido;
- As grandes catástrofes mundiais, sejam elas de origens naturais ou antropogênicas (guerras, terremotos, tsunamis, dentre outras).

Na Alemanha, durante o período de reconstrução após a segunda guerra mundial, era necessário atender a demanda por materiais de construção, segundo KHALAF e DeVENNY, 2004, citado por Cabral em 2007, todo entulho removido das cidades destruídas era estimado em 400 a 600 milhões de m.

Estes resíduos gerados devem ser descartados corretamente, sejam eles descartados em aterros ou em usinas próprias para reciclagem dos mesmos. Porém no Brasil a falta de estímulo para implantação de novas finalidades para estes resíduos é grande, visto que em outros países já existem tecnologias avançadas para utilização do RCD como agregado para fabricação de concreto não estrutural.

Com as poucas opções presentes nas cidades brasileiras sobre o que fazer com o entulho gerado nas obras, as empresas acabam descartando este material de maneira incorreta, ou terceirizam o serviço para empresas de caçamba, que por

vezes não fazem a destinação correta, despejando em entulho em locais clandestinos. O que acaba sendo mais um problema para os órgãos públicos, que precisam gastar dinheiro para limpeza do local. Por exemplo, em Goiânia o governo gasta cerca de US\$ 850.000,00 por mês para coletar RCD lançados clandestinamente (CORRÊA; BUTTLER; RAMALHO, 2009).

O Brasil é um dos países que mais desperdiça material proveniente de obras, comparado a outros países. Um estudo mostra, conforme Tabela 02, a quantidade de entulho gerado no Brasil comparados a outros países do exterior (PORTO E SILVA, 2008).

Tabela 02 - Estimativas da geração de entulho no Brasil e no exterior

Local Gerador		Geração Estimada (t/mês)
BRASIL	São Paulo	372.000
	Rio de Janeiro	27.000
	Brasília	85.000
	Belo Horizonte	102.000
	Porto Alegre	58.000
	Salvador	44.000
	Recife	18.000
	Curitiba	74.000
	Fortaleza	50.000
	Florianópolis	33.000
Europa		16.000 a 25.000
Reino Unido		6.0000
Japão		7.000

Fonte: ZORDAN, 2001.

A grande quantidade de RCD que é gerada no Brasil pode ser justificada pelo fato de que a ideia de enfrentar o problema da geração de resíduo só surgiu no início do século XXI, enquanto nos outros países da Europa, por exemplo, existia desde o final da década de 1980. L. L. Brasileiro et al, ainda ressalta que até 2002 o Brasil não possuía políticas públicas para a destinação dos resíduos gerados pela indústria da construção civil.

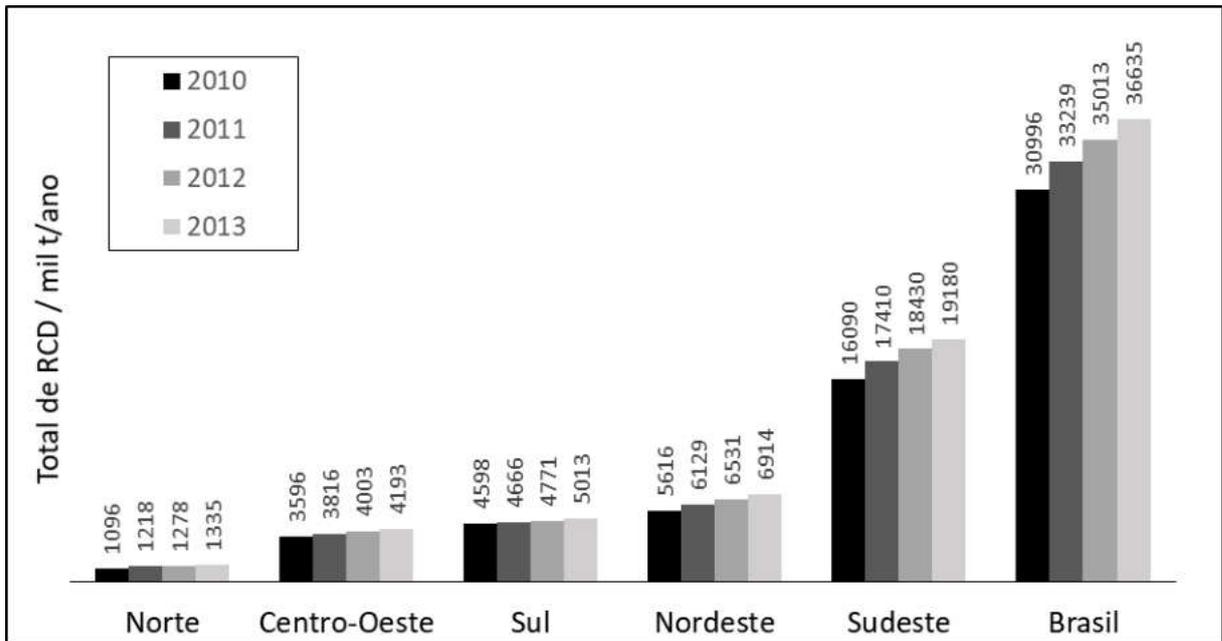
Os resíduos de construção de demolição (RCD) apresentam uma grande importância no RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), com um constante crescimento. Oliveira, em 2011 levantou os dados de quanto os resíduos de construção e demolição afetam os números dos resíduos sólidos urbanos em alguns países. Na

Malásia apresentam 28% junto dos resíduos industriais do total de RSU. Em Hong Kong, Kuwait e no Reino Unido, esse tipo de resíduo representa 38, 58 e 60% respectivamente de todo resíduo sólido produzido (Oliveira, 2011) o que em grandeza é 109 milhões de toneladas por ano, representando 66% dos 105 milhões de toneladas de matéria prima que a indústria da construção civil consome no ano (Cabral, 2007), enquanto no Brasil, este número se aproxima de 50% (PINTO, 1999).

Os países desenvolvidos apresentam uma quantidade alta de geração de resíduos anualmente, por exemplo, na União Europeia são gerados em torno de 850 milhões de toneladas de RCD, representando um total de 31% dos resíduos gerados na União Europeia 60 milhões nos Estados Unidos e 12 milhões somente no Japão (L. L. BRASILEIRO, 2012 e C. FISCHER, 2009). É válido lembrar que estes números são altos, porém nos países subdesenvolvidos temos índices bem maiores.

No Brasil, destaca-se como as principais cidades cujo as estimativas são altas e específicas: Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador. Nestas cidades, a média de produção diária foi de 0,49 kg por habitante, cerca de 31% dos resíduos recolhidos nacionalmente (ABRELPE, 2014). Um estudo divulgado pela ABRELPE mostra uma estimativa feita para os anos de 2010 e 2013 do total de RCD coletado no Brasil e em suas regiões (Gráfico 02). É importante lembrar que os dados se baseiam em resíduos recolhidos apenas por empresas públicas.

Gráfico 02 – Total de RCD coletado no Brasil e por região do Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2014.

A preocupação na área da construção civil não é só a quantidade de resíduo gerado, apesar de os números serem alarmantes, mas também da forma em que são tratados e destinados, que por muitas vezes acaba sendo de forma inadequada. Os resíduos da construção civil, por si, não apresentam risco ambiental, porém o grande volume que é gerado e a disposição dos mesmos em locais incorretos geram graves problemas para o meio ambiente.

3.2 PERDAS E DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Alguns autores consideram as perdas e desperdícios como gastos no processo produtivo que poderiam ser eliminados sem prejuízo de qualidade ou quantidade dos produtos gerados, visto que o consumidor não está disposto a pagar por estes gastos, uma vez que são custos que não agregam valor ao produto, podendo ser facilmente eliminados sem consequências, além de serem desnecessários ao produto efetivo, que por vezes diminui o valor desses produtos.

Com base nessas informações, percebe-se a ligação dos desperdícios com o prejuízo, relacionados além dos gastos, mas também com a qualidade de um

produto, que são repassados para os clientes, que por fim, são os mais prejudicados, visto que os prejuízos do processo produtivo serão repassados a eles (BASTOS, 2015).

A construção civil é comprovadamente um dos ramos que mais contribui na economia de um país, apresentando um estado constante de crescimento, devido à grande demanda por construções, sejam de casas, prédios, pontes, entre outros. Como uma grande indústria, a construção civil é conseqüentemente uma grande geradora de resíduos, sendo a maioria destes provenientes de desperdícios. Porém no caso deste ramo, os problemas das perdas são frequentemente associados à materiais, apesar de seu conceito não estar relacionado somente a isto. Os entulhos comumente produzidos pela indústria da construção civil são os RCD's (Resíduo de Construção e Demolição) que de acordo com o CONAMA (2002), são os materiais provenientes construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

No Brasil, uma pesquisa recente realizada pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) mostra as perdas de alguns materiais de construção em quase 100 canteiros de obras. Os principais materiais são 9% de concreto usinado, 17% dos blocos e tijolos, 85,5% de cimento (no emboço), 79% de cimento (contra-piso), 22% das placas cerâmicas no piso, 16% das placas cerâmicas na parede e por fim 12% das placas aplicadas na fachada são desperdiçados, que no conjunto tornam-se entulho de obra, segundo SOUZA et al, 1999 citado por CABRAL em 2007.

De acordo com os dados da pesquisa da EPUSP, podemos afirmar que os principais constituintes dos RCD são o concreto e a argamassa, confirmando que o desperdício está nas áreas que demandam mais utilização de matéria prima. Uma

média nacional mostra o quanto cada cidade brasileira produz RCD, mencionado na Tabela 03.

Tabela 03 – Composição do RCD de diversas cidades brasileiras.

Constituintes	São Carlos (SP)	São Paulo (SP)	Porto Alegre (RS)	Ribeirão Preto (SP)	Salvador (BA)	Campina Grande (PB)	Maceió (AL)
Argamassa	63,67%	25,20%	44,20%	37,40%		28,00%	27,82%
Concreto	4,38%	8,20%	18,30%	21,10%	53,00%	10,00%	18,65%
Material Cerâmico	29,09%	29,60%	35,60%	20,80%	9,00%	34,00%	48,15%
Cerâmica polida	0,39%	-	0,10%	2,50%	5,00%	1,00%	3,06%
Rochas, Solos	0,13%	32,00%	1,80%	17,70%	27,00%	9,00%	-
Outros	2,34%	5,00%	-	0,50%	6,00%	18,00%	2,32%

Fonte: EPUSP, 2007.

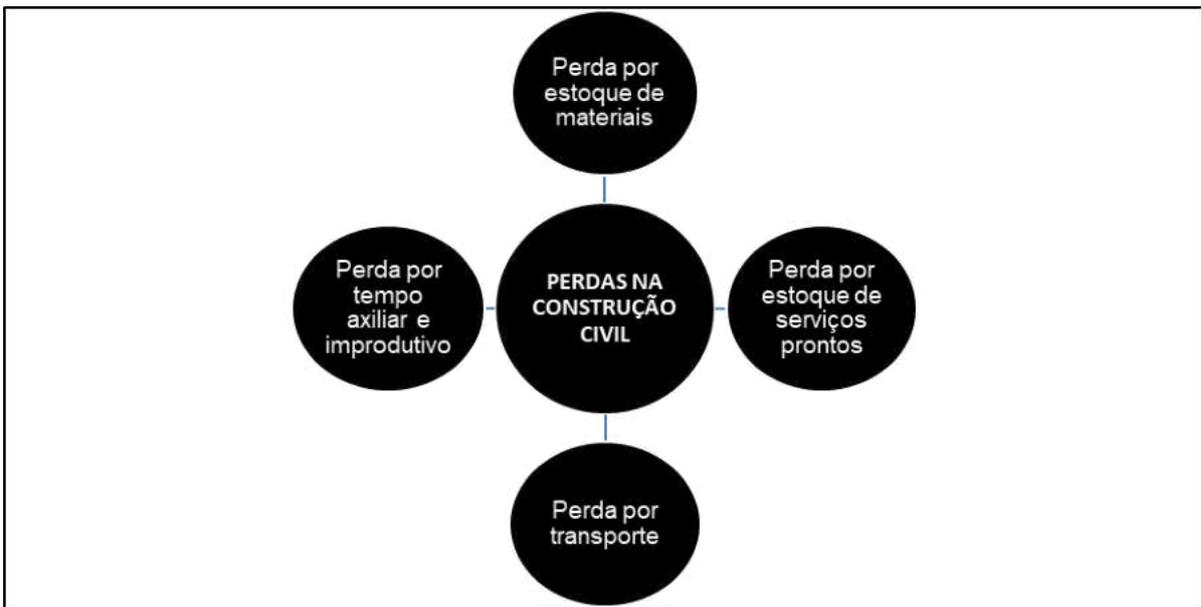
A questão do desperdício nas obras vem sendo tratada de forma cada vez mais abrangente no Brasil, visto que os processos de pesquisas estão cada vez mais amplos sendo aceitável a afirmação de que para a construção empresarial a intensidade da perda se situe entre 20 e 30% da massa total de materiais, dependendo do patamar tecnológico do executor (PINTO, 1999).

Para Vergas et al (1997), as perdas nas obras são causadas por quatro principais fatores, conforme ilustrados no Gráfico 03 e listados abaixo:

- a) Perda por estoque de materiais, onde é necessário realizar um levantamento de todos os materiais estocados na obra, listando a quantidade no início e término do dia e o tempo que cada item está no estoque, sendo que se um determinado material está no estoque a mais de quinze (15) dias sem utilização é considerado perda.
- b) Perda por estoque de serviços prontos, sendo um serviço que impede outra atividade subsequente por mais de quinze (15) dias, assim como os materiais, é considerado serviço perdido.
- c) Perda por transporte, que é relacionado com o layout do canteiro, pois se houver uma movimentação de material acima de duas toneladas/ajudante/dia é considerada perda, sendo assim o canteiro de obras está mal dimensionado.

d) Perdas por tempos auxiliares e improdutivos é a soma dos tempos extras improdutivos dos oficiais e serventes nas obras, onde para os oficiais se a soma deste tempo for maior que cinquenta por cento (50%), já é considerado perda, já para os auxiliares só é considerada quando a soma for maior que oitenta por cento (80%).

Gráfico 03 – Quatro principais fatores de perdas em obras na construção civil



Fonte: VERGAS et. al, 1997.

A grande quantidade de resíduo sólido gerada surge por outros motivos, além dos já citados acima, é comum ocorrer pela falha no gerenciamento de projetos, na execução, na má qualidade dos materiais ou até mesmo no transporte. Estes indicativos levam a desperdícios e por consequência, o prejuízo. Um exemplo comum é o caso de uma parede for construída em um local diferente do projetado, a mesma deverá ser demolida e construída corretamente. Estes contratempos podem ser evitados através do aperfeiçoamento dos controles sobre a realização das obras, além de trabalhos conjuntos entre as empresas e os trabalhadores, para aperfeiçoar os métodos, visando diminuir a produção de resíduos sólidos e os desperdícios de material (OLIVEIRA, 2007).

“Gerenciamento de Resíduos é a soma de ações operacionais e de planejamento que, naturalmente envolve custo” (PIVA e WIEBECK, 2004). Mediante isto é notável que a construção civil tem a possibilidade de gerenciar melhor os resíduos, investindo mais em planejamentos de projetos para economizar na aquisição de insumos e diminuir custos extras que podem vir a ocorrer nas obras.

Gerenciamento de resíduos sólidos, segundo a resolução CONAMA (2002), é o “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010”.

O gerenciamento de custos dentro de uma obra se tornou um dos maiores desafios para os gestores, que têm como objetivo melhorar os indicadores nos projetos das obras, visto que ao decorrer da obra, percebe-se que o orçamento planejado não foi tão eficaz quanto ao custo de execução da obra.

Associada a esta dificuldade de gestão, Souza e Silva (2014) destacam a contradição das empresas que consistem em não se preocuparem tanto com o planejamento e gerenciamento dos custos da obra, mesmo tendo consciência que esta é de fundamental importância. Os autores ainda destacam que o número relacionado ao desperdício da construção civil cresce gradativamente, o que exige cada vez mais um controle melhor destes gastos. Um estudo realizado, afirma que a falta de planejamento orçamentário aliado com o desperdício no canteiro de obra, é o principal fator para a queda do lucro, já que as etapas das construções não seguem seu cronograma corretamente. Ao analisar a Tabela 04 baseada em estudos da autora, afirma-se que nenhuma etapa cumpriu o orçamento inicial, sempre havendo a necessidade de aumentar a compra, justificado pela falta de gerenciamento ou perda de material no decorrer da produção (BASTOS, 2015).

Tabela 04 – Variação de quantidade de material, orçamento x gasto

Material	Unidade	Orçado	Gasto	Variação	Desperdícios Anormais
Concreto	m ²	66	70	6%	6%
Malha de ferro	un	170	173	2%	2%
Tijolos	m ²	22.127	28.116	27%	27%
Telha	m ²	255	313	22%	22%
Areia	t	371	396	7%	7%
Selador	lt	45	61	36%	36%
Pregos	kg	170	171	1%	1%
Cimento	sc	1.127	1.201	7%	7%
Tintas	lt	24	31	29%	29%
Vigota e tavela	m	850	960	13%	13%
Ferros	un	780	789	1%	1%
Tábuas	un	400	352	-12%	0%
Arames	kg	147	150	2%	2%
Massa fina	sc	335	608	81%	81%

Fonte: Souza e Silva, 2014.

3.3 LEGISLAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLADO

Existem numerosos estudos voltados para área da reutilização atualmente, visto que a preservação da natureza é um assunto que está em alta. Sendo assim, podemos citar aqui as principais leis e normas voltadas para o assunto de reutilização dos resíduos da construção civil.

A resolução nº 307 do CONAMA (2002), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (CANEDO, BRANDÃO, FILHO 2011). Esta resolução foi gerada considerando a necessidade de implementação de uma diretriz para redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção civil, visto que os mesmos representam um significativo percentual dos resíduos produzidos em meios urbanos contribuindo para a degradação ambiental.

As perdas e desperdícios gerados em obras de construção civil resultam no RCD (Resíduo de Construção e Demolição), que podem ser classificados quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Assim, a NBR 10.004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como

“resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. ...”. No entanto, há uma Resolução específica para os resíduos da construção civil, a resolução nº 307 do CONAMA (2002), que diz que os resíduos da construção civil deverão ser classificados, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

A resolução ainda diz que os geradores de resíduos não devem priorizar a geração de resíduos, mas sim a reutilização, a redução, a reciclagem, o tratamento de

resíduos sólidos e a disposição final adequada aos rejeitos, os quais, não podem ser depositados em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de “bota-fora”, em encostas, corpos-d’água, lotes vagos, e em áreas protegidas por lei.

Além da resolução do CONAMA, existem algumas normas técnicas que foram elaboradas pelos comitês técnicos e publicadas pela ABNT em 2004, conforme Quadro 01, as quais dão diretrizes para implantação de áreas de despejo corretamente e reciclagem de RCD, além de procedimentos para execução da pavimentação com agregados reciclados de concreto sem função estrutural.

Quadro 01 - Normas técnicas da ABNT sobre reciclagem de RCD

NORMA	TÍTULO
NBR 15112 (ABNT, 2004b)	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos- Áreas de transbordo e triagem- Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15113 (ABNT, 2004c)	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes- Aterros- Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15114 (ABNT, 2004d)	Resíduos sólidos da construção civil-Áreas de reciclagem- Diretrizes para projeto, implantação e operação.
NBR 15115 (ABNT 2004e)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil- Execução de camadas de pavimentação- Procedimentos.
NBR 15116 (ABNT, 2004f)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil-Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural- Requisitos.

Fonte: Cabral e Moreira, 2011.

Atualmente também se criou uma lei federal que dispõe dos princípios, objetivos e instrumentos sobre as diretrizes relativas à gestão dos RCD's, incluindo as responsabilidades do gerador e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A lei é a Lei Federal Nº 12.305/2010- PNRS, onde institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e que prevê para as empresas privadas a responsabilidade do ciclo de vida dos produtos, considerando responsáveis não só os fabricantes, mas

também os importadores, distribuidores, comerciantes e até os consumidores em geral.

A presente lei foi criada com a preocupação da preservação dos recursos naturais e da saúde pública, relacionados com aos resíduos sólidos. A lei deve ser entendida como um instrumento indutor do desenvolvimento social, econômico e ambiental.

Os princípios e objetivos que a lei propõe conforme artigo 7, abaixo listados, tem em vista à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I – proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II – não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III – estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV – adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V – redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI – incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII – gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII – articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX – capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X – regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;

XI – prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis; Série 14 Legislação

XII – integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII – estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV – incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao

reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
XV – estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

3.4 DIFICULDADES NA PRÁTICA DE RECICLAR O RCD

No Brasil os estudos acerca da reciclagem e/ou reutilização de resíduos gerados pela construção civil são uma realidade recente, principalmente se comparado a de outros países de primeiro mundo. Visto que o de 41% a 70% do resíduo gerado é proveniente da construção civil, este grande volume está aliado ao mal gerenciamento em sua destinação final e acarreta grandes problemas a administração pública, que é agravado pelo repetitivos problemas econômicos e sociais no País que são as prioridades das discursões políticas (ÂNGULO et. al. 2001).

Em algumas cidades a estimativa média de RCD gerado é de 500 kg/hab.ano, sendo muito pouco utilizado para reciclagem, considerando que 95 % desse resíduo é considerando interessante para isto (PINTO,1999).

Um grande problema também encontrado é a realidade da maioria das cidades de pequeno porte, as quais não possuem aterros ou áreas próprias para o descarte do entulho proveniente da construção civil, o que leva a um descarte inadequado em locais clandestinos. A falta de locais apropriados é uma realidade muito comum, mesmo existindo leis e normas que exigem a elaboração de áreas específicas.

A resolução 307 do CONAMA diz que deve constar no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil diretrizes técnicas e procedimentos para os exercícios das responsabilidades dos pequenos geradores, além de ter “áreas cadastradas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte de área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento.” (CONAMA 2002).

Já é visto em algumas cidades a inserção da política de reciclagem de RCD com as centrais de reciclagem. Onde seus sucessos são atribuídos a uma logística estratégica para o recolhimento avaliando a malha urbana e localização da central. Permitindo redução de transporte e facilidade no recolhimento.

Em contrapartida um dos grandes desafios do ponto de vista público, para estas centrais são, a continuidade do processo, devido a interrupção do mesmo pelas administrações. Quando analisamos o mercado do RCD para o setor privado as dificuldades aumentam, visto que por questões educacionais, tecnológicas, de legalidade, ambientais e econômicas, o negócio se mostra pouco atrativo (JOHN et. al. 2002). A inexistência de marcas com selo de qualidade ambiental, demonstram que as empresas brasileiras não usam de sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing, apesar de a maioria dos consumidores aderirem produtos com menor custo. Uma das causas para esse desinteresse é um eventual receio de que o público consumidor associe um produto reciclado a um produto de baixa qualidade.

Os estudos e resultados acerca da dos matérias compostos pelos agregados ainda são muito “crus” o que diminui sua credibilidade perante ao materiais já existentes no mercado.

Frente tantas dificuldades é necessário que a partir do momento em que houve a geração do resíduo já se inicia o processo para reciclagem, sendo que a separação correta deste resíduo agrega posteriormente na central para o direcionamento correto destes materiais conforme suas classificações. A capacitação e conscientização dos colaboradores trabalhando na obra e da população ao redor é de grande importância (JOHN et. al. 2002).

Deve-se estabelecer uma melhor normatização para o manejo do RCD, garantindo a sustentabilidade ambiental e homogeneidade para o direcionamento do resíduo.

3.5 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O histórico da reutilização de materiais reciclados na construção é bem antigo, visto que alguns autores alemães relatam que há notícias de obras que foram executadas utilizando agregados reciclados nas cidades no Império Romano. Levy, (1997) ainda conta que na Alemanha, por volta de 1860, utilizaram sobras de blocos de concreto de cimento Portland, na produção de artefatos de concreto. Porém só atualmente que pesquisas foram realizadas e aprimoradas para reutilização de materiais na construção civil (PORTO e SILVA, 2008).

A construção civil é responsável por entre 15 e 50 % do consumo dos recursos naturais extraídos, de acordo com o Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor, causando grandes impactos ambientais negativos, além disso, segundo SCHNEIDER, em 2003, origina uma significativa massa de resíduos urbanos igualmente responsáveis por impactos ambientais e sanitários.

A utilização do agregado reciclado tornou-se mais forte quando em 1994 a ABNT lançou quatro especificações voltadas para o tratamento do material reciclado, desde a instalação do recebimento do material até sua aplicação em pavimentação ou concreto sem função estrutural. Dentre as normas, a principal utilizada aqui é a ABNT (2004 a) NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil- Execução de camadas de pavimentação- Procedimentos.

Os agregados reciclados, segundo Paiva et al, 2015 têm a finalidade de substituir parcial ou totalmente o uso da matéria prima natural e que as maiores diferenças do agregado reciclado para o natural são:

- a) Forma e textura superficial do grão, onde no material reciclado é mais irregular;
- b) Densidade, geralmente menor no reciclado, devido a alta porosidade;
- c) Absorção de água, considerável nos dois materiais.

O processo de reciclagem do RCD não é árduo, para Oliveira (2007), a reciclagem do RCD pode ser realizada dentro da obra, utilizando tecnologias de baixo custo, apesar de existirem mais sofisticadas atualmente, se houver um planejamento adequado o custo do transporte irá diminuir.

Paiva et al (2015), apresentou na 44ª Reunião Anual da Pavimentação que o processo de reciclagem é realizado geralmente em usinas recicladoras, onde são divididas em algumas etapas, são elas:

- a) Processo de Concentração: Dá-se a separação e seleção dos materiais. É uma pré-seleção do entulho, retirando os materiais indesejados, como vidro, metais, borracha e madeira. Normalmente separados em esteira por processo de catação ou separação magnética.
- b) Processo de Cominuição: É comumente chamado de britagem, para reduzir as dimensões do material para adequar-se ao tamanho do agregado à sua finalidade.
- c) Atividades Auxiliares: Consistem em peneiramento dos materiais britados, para selecionar a granulometria do material.

A técnica de reciclagem do entulho produzido por construções é essencialmente a mesma citada por vários autores. Oliveira (2007) explica o processo com detalhes voltados a forma de funcionamento das máquinas das usinas recicladoras:

O equipamento mais flexível para britagem em termos operacionais é o britador de impacto, constituído por um rotor de eixo horizontal que proporciona impactos do material contra os próprios martelos e as placas de impacto internas. A granulometria de saída dos materiais pode ser controlada pela regulagem da aproximação das placas de impacto junto aos martelos. O peneiramento deve ser feito de uma peneira do tipo vibratória e os materiais já classificados devem ser empilhados até posterior utilização.

O manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos mostra as características necessárias que uma usina recicladora deve ter:

- a) Receber somente resíduos inertes, não existindo, portanto, a possibilidade destes materiais liberarem poluentes;
- b) O alimentador do britador deve estar equipado com aspersores de água, visando minimizar a emissão de poeira, e revestimento de borracha, de forma a reduzir o nível de ruído, respeitando assim os limites estabelecidos pelos órgãos de controle ambiental.

Miranda em 2002, afirma que só o desenvolvimento de técnicas para reutilização dos resíduos sólidos não é suficiente para combater a grande quantidade que é gerada, é necessário fortalecer a educação social para a reciclagem, que não é nada presente, principalmente em cidades de pequeno porte, onde não existe apoio nem investimento público para a questão da reciclagem.

A falta de investimento e assistência por parte dos órgãos gerenciadores, faz com que muitas empresas não tenham iniciativa de reciclar ou depositar os resíduos gerados em locais adequados.

Os resíduos dispostos irregularmente podem trazer riscos à população, que ficam à mercê de doenças que se proliferam em meio a estes resíduos, além de assoreamento de rios e obstrução de sistemas de drenagem com consequente alagamentos em épocas de grandes chuvas. Mesmo estando ciente dos riscos e consequências da disposição incorreta de resíduos, são poucas as empresas que fazem a destinação correta, além de várias dificuldades aqui citadas, uma das principais é a falta de apoio e investimento dos órgãos públicos. Em uma pesquisa realizada, estima-se que na cidade de São Paulo, somente um terço do montante de RCD produzido chegue aos aterros públicos, ou seja, a grande maioria é descartada irregularmente (SCHNEIDER, 2003).

Devido ao grande volume de entulho, os aterros urbanos (locais adequados para a disposição dos resíduos) tornam-se cada vez mais escassos, o que aumenta a quantidade de aterros clandestinos agravando os problemas com enchentes

urbanas além do aumento dos custos da administração pública (CANEDO, BRANDÃO, FILHO, 2011).

A construção civil pode obter várias vantagens a partir do reaproveitamento de materiais, pois a composição dos entulhos gerados é de aproximadamente 64% de argamassa, 30% de materiais cerâmicos e 6% de materiais concretos, como pedra, areia, ferro e plásticos (LUCHEZZI, 2014). Os quais, são os materiais mais utilizados na construção civil. No Brasil, a prática da reutilização ainda é tímida comparada com países como Japão, EUA, França, Itália, Inglaterra e Alemanha, onde a reciclagem de entulho possibilita uma economia de até 70% comparada a produtos produzidos a partir de matéria prima nova ou não reciclada (PINTO e JUNIOR, 2004).

Embora a reutilização dos resíduos seja necessária, é um pouco limitada, visto que existem impurezas na matéria-prima, envolvendo custos e patamares de desenvolvimento tecnológico (CIRELI et al, 2001). Mesmo assim, a reciclagem pode trazer inúmeros benefícios, listados abaixo:

- a) Redução na exploração e consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por reciclados (PINTO, 1999).
- b) Menor custo de operação em aterros sanitários por reclusão dos entulhos, visto que diminuindo a quantidade de entulho gerado, menos aterros ficarão saturados, aumentando a vida útil dos mesmos (TRICHES e KRYCKYJ,2000).
- c) Menos áreas devastadas para construção de novos aterros sanitários, visto que a vida útil dos aterros existentes será aumentada (TRICHES e KRYCKYJ,2000).
- d) Menor depósito de entulho em áreas clandestinas, melhorando assim o aspecto visual do local e economizando no gasto com limpeza (TRICHES e KRYCKYJ, 2000).
- e) Redução da poluição, pois algumas empresas produtoras de insumos da construção civil usam resíduos com bom poder calorífico para obtenção de sua matéria-prima, emitindo uma grande quantidade de gás carbônico (JHON, 1999).

3.6 UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NA PAVIMENTAÇÃO

A pavimentação é denominada por camadas e constituída por um ou mais materiais que se utiliza sobre o terreno natural ou terraplenado para aumentar sua resistência e adaptar-se a circulação de pessoas ou veículos. Entre os materiais utilizados na pavimentação urbana, industrial ou rodoviária estão os solos com maior capacidade de suporte, os materiais rochosos, como pedras, britas ou calçamento, o concreto de cimento Portland e o concreto asfáltico. A diferença essencial entre os tipos de pavimentos é basicamente como eles irão distribuir a carga recebida pelo volume do tráfego para o subleito daquela estrutura.

Segundo a definição do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte), no Manual de Pavimentação de 2006, o pavimento, por ordem técnica – econômicas, é uma estrutura de camadas em que diferentes materiais e diferentes resistências e deformação que são colocadas em contato e resulta um elevado grau de complexibilidade. Assim, obtém-se o cálculo de tensões e deformações e atuam nas cargas que são impostas pelo tráfego.

“A mistura solo – RCD é de uso promissor na pavimentação, dadas suas propriedades físicas e mecânicas aceitáveis de acordo com as normas” (HORTEGAL; FERREIRA; SANT’ANA, 2009, P. 60).

Nos últimos anos a viabilidade da utilização do resíduo como agregado na pavimentação foi comprovada, baseado em vários estudos feitos por autores em todo o mundo. Essa reutilização foi estimulada, segundo Paiva et al (2015), por conta da intensa utilização de recursos naturais, do gasto elevado com materiais e do volume exacerbado de entulho que é gerado na construção civil. O autor ainda mostra que no exterior, o agregado reciclado custa em média 30% menos do que a brita graduada simples, por exemplo. A utilização do agregado reciclado vem mostrando resultados satisfatórios e boa adequação do material. Nos Estados Unidos, Japão, França, Itália Inglaterra, a reciclagem já é consolidada, além de

existirem leis que exigem o uso do material reciclado na construção e em serviços públicos (OLIVEIRA, 2007).

Em função da diversidade de sua composição, o agregado reciclado apresenta características particulares quando comparados ao agregado natural, por exemplo, apresentam alta porosidade, o que leva a uma maior absorção de água. Triches e Kryckj, em 2000, vão de encontro a isto dizendo que por ser um material não plástico pode ser empregado em locais onde o lençol freático é elevado, pois não gera lama.

A norma NBR 15116 (ABNT, 2004) trata o agregado reciclado como “Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura”. Porém o agregado reciclado não pode ser utilizado como elemento estrutural. O agregado utilizado aqui, será o agregado resíduo misto (ARM), o qual é obtido através do beneficiamento do resíduo de Classe A, que é composto por menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

Os resíduos possíveis de serem reutilizados pela construção civil na pavimentação, são os de Classe A, ou seja, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto. Os resíduos Classe B, que são plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeiras são possíveis de reciclar, porém para uma outra finalidade a não ser pavimentação. Resíduos de Classe A, podem ser utilizados em enchimentos, contra piso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro.

A reutilização do agregado reciclado não é muito comum no Brasil existem usinas de reciclagem, porém a maioria das empresas não dão a importância necessária para esse fato, apesar de a reciclagem apresentar inúmeros benefícios, como já citados acima. Zordan (2001) citado por Oliveira (2007), complementa apresentando uma lista de benefícios para a reutilização do material reciclado como agregado na pavimentação:

- a) A pavimentação é a forma de reciclagem que exige menor de tecnologia, apresentando menor custo na utilização;
- b) A Permite a utilização permite a utilização de todos os componentes minerais dos resíduos sólidos (concretos, argamassas, materiais cerâmicos, areias, pedras, etc.), sem a necessidade de separação de nenhum deles;
- c) Ocorre uma economia de energia no processo de moagem dos resíduos sólidos (em relação à sua utilização em argamassas), uma vez que parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- d) Possibilidade de utilização de maior parcela dos resíduos sólidos produzidos, como o proveniente de demolições e de pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/ trituração;
- e) Maior eficiência do resíduo quando adicionado ao solo, em relação à mesma adição feita com brita. Enquanto a adição de 20% de resíduos sólidos reciclados ao solo gera um aumento de 100% do ISC, na mistura com brita natural, o aumento do ISC só é perceptível com dosagens a partir de 40%.

4 ESTUDO DE CASO

Uma pesquisa realizada em algumas empresas do ramo da construção civil, no município de Aracruz- Espírito Santo, notou-se que nenhuma faz a reutilização do resíduo produzido na obra, muitas delas terceirizam o serviço para empresas de caçamba. Ainda houveram questionamentos relacionados a falta de incentivo da prefeitura municipal quanto à falta de locais adequados para despejo desse resíduo.

No que se refere ao Município de Aracruz (Espírito Santo) não existe nenhum plano ou incentivo governamental para a reutilização dos resíduos sólidos. A resolução 307 do CONAMA, melhor explicada neste trabalho, determina que é obrigatório conter no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil:

- I- as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores;
- II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;
- III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;
- IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
- V - o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo; VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

As empresas entrevistadas fazem a destinação correta do entulho produzido, porém não são todas que fazem esse tipo de trabalho. Ao se verificar pela cidade, percebe-se a presença de entulhos em terrenos baldios, que muitas vezes são depositados clandestinamente, conforme Figuras 01, 02, 03 e 04.

Figura 01 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz



Fonte:Autor,2018.

Figura 02 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz.



Fonte:Autor,2018.

Figura 03 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz.



Fonte:Autor,2018.

Figura 04 - Resíduo de construção civil depositado em local inadequado em Aracruz



Fonte:Autor,2018.

5 METODOLOGIA

A metodologia para desenvolvimento deste trabalho mostra-se conforme fluxograma apresentado na Figura 05.

Figura 05 – Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor, 2019.

5.1 ENSAIO DE CAMPO

Foi visitado uma empresa do ramo da construção civil para verificar o processo de descarte do entulho gerado em obras, assim como também em demolições, a fim de mapear o fluxo dos desperdícios/incrementos e impactos ambientais ocorridos até o fim do processo.

Nas visitas às obras, foram recolhidas amostras classificadas como Classe A, segundo a Resolução CONAMA 307/2002, que são resíduos oriundos de construção, reforma ou demolição de obras, assim como os também produzidos nos canteiros de obras, com predominância de componentes cerâmicos, argamassa e concreto. Posteriormente estes serão distinguidos em entulhos vermelhos para onde a predominância de materiais cerâmicos e brancos para concretos e argamassas. (TRICHES et. al.1999).

5.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de resíduos coletadas nas obras, Figuras 06 e 07, foram obtidas a partir da seleção de britagem e demolição dos materiais coletados, afim de se chegar à granulometria desejada para realização dos ensaios.

Figura 06 - Resíduos de demolição e construção antes da coleta e separação



Fonte: Autor, 2019.

Figura 07 - Resíduos de demolição e construção antes da coleta e separação



Fonte: Autor, 2019.

As amostras foram coletadas em duas fontes: a) uma obra de reforma, onde a mesma gerou muito resíduo de demolição de lajes (resíduo de concreto), de paredes (resíduo de tijolo cerâmico), de banheiros (resíduos de azulejos) e demolição de telhado (resíduo de telha de fibrocimento), e b) uma obra nova, onde obtiveram-se resíduos de matérias-primas, resíduos de cimento, argamassa, areia, etc.

O material recolhido foi devidamente separado e conforme classificação do CONAMA, na Classe A, e posteriormente passou por uma britagem e segregação dos agregados afim de se chega à granulometria desejada para realização dos ensaios.

5.3 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Com as amostras devidamente separadas serão encaminhadas ao laboratório de Engenharia Civil da FAACZ – Faculdades Integradas de Aracruz onde serão realizados os ensaios (conforme abaixo), estes determinados pela NBR 15116:2004

(ABNT), tendo seu atendimento como pré-requisito para que o agregado reciclado seja destinado a pavimentação.

- a) Análise Granulométrica – NBR 7181;
- b) Dimensão Máxima Característica – NBR NM 248;
- c) Índice de Forma – NBR 7809;

5.3.1 Ensaio de Granulometria

Conforme NBR 7181, realizado por meio de peneiramento, complementado pelas NBR's 5734 (Peneiras para Ensaio), 6457 (Preparação de amostra de solo) e 6508 (Determinação da massa específica – passados na peneira 4,8mm), com resultados apresentados graficamente tendo que atender ao pré-requisito de agregado não uniforme e bem graduado com coeficiente de umidade maior que 10 (dez) e teor de 10% a 40% de material passante na peneira 0,42 mm, para que seja utilizado na pavimentação.

Para o ensaio separou-se 4 tipos de amostras de entulho de obra Classe A, conforme classificação do CONAMA, são eles: Concreto, cerâmica, tijolo e telha de fibrocimento. Para cada amostra foram realizados quatro vezes o mesmo teste afim de se obter um resultado mais sólido.

A NBR 7181- Solo- Análise Granulométrica baseada na norma NBR 5734, pede que sejam utilizadas peneiras de 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8, 2,0, 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075 mm. Porém em laboratório não havia todas as peneiras que a norma pede, sendo assim, utilizou-se peneiras com malhas próximas as que a norma pede: 37, 9,5, 4,75, 2,38, 1,18, 0,6, 0,42, 0,25, 0,18 e 0,075, conforme Figura 08. Foram utilizados 4kg de amostra, dividida 4 vezes, sendo cada uma utilizando 1 kg.

Figura 08 – Ordem das peneiras utilizadas



Fonte: Autor,2019.

Após secar em estufa até a amostra atingir a massa constante, pesa-se a quantidade inicial (Figura 09).

Figura 09 – Peso da amostra antes da análise.



Fonte: Autor, 2019.

As amostras foram colocadas dentro das peneiras e logo após no agitador mecânico (Figura 10), o qual ficou por 10 minutos. Após retirar do aparelho de agitar, faz-se a análise granulométrica, retirando de cada peneira o material que ficou retido e pesando o mesmo. O valor obtido foi anotado para os cálculos seguintes. O material que foi utilizado para análise é colocado em recipientes específicos (Figura 11) e o procedimento é repetido por mais três vezes para cada tipo de entulho.

Figura 10 – Amostra dentro das peneiras no agitador mecânico



Fonte: Autor, 2019.

Figura 11 - Amostras após teste granulométrico em recipientes específicos



Fonte: Autor, 2019.

5.3.2 Ensaio para Dimensão Máxima Característica

Conforme NBR NM 248, complementado pelas NM's ISO 3310-1:1996 (Peneiras de ensaio de tela de tecido metálico), ISO 3310-2:1996 (Peneiras de ensaio chapa metálica perfurada), 26:2000 (Amostragem de agregados), 27:2000 (Redução de amostra para ensaio em laboratório) e 46:2001 (Agregados – passante na peneira 75mm por lavagem). Realizado por meio de peneiramento, onde terá como resultado a dimensão máxima característica que deve atender ao parâmetro de menor/igual a 63 mm.

Para o ensaio de Dimensão Máxima Característica foram utilizadas as mesmas peneiras do ensaio de granulometria (37, 9,5, 4,75, 2,38, 1,18, 0,6, 0,42, 0,25, 0,18 e 0,075). Utilizou-se 1 kg de amostra de agregado conforme NM 26, a qual diz que a quantidade mínima de amostra para a Dimensão Máxima nominal do agregado de 9,5 mm tem que ser 1kg, e a mesma deve ser separada em duas amostras (M1 e M2), conforme apresentado pela Figura 12. Após a separação, a amostra foi levada para estufa, onde a mesma ficou até atingir sua massa constante.

Figura 12 - Amostra respectivamente de cerâmica e fibrocimento para o teste de dimensão máxima característica



Fonte: Autor, 2019.

Ao completar o tempo em estufa e a amostra atingir a massa constante, a mesma foi colocada para esfriar em temperatura ambiente e logo após submetida ao peneiramento. Colocam-se os agregados nas peneiras e posteriormente em um agitador mecânico. Retiram-se as amostras retidas e é anotado o peso, para efeito de cálculo. Repete-se o mesmo processo para amostra M2.

5.3.3 Ensaio de Índice de Forma

Conforme NBR 7809, complementado pelas NBR's 5734 (Peneiras para ensaio, 7211 (Agregados para concreto), 7216 (amostragem de agregado) e 7217 (Determinação da composição granulométrica dos agregados). O ensaio é realizado por meio de peneiramento, as amostras utilizadas devem seguir as quantidades conforme Tabela 05. Após o peneiramento são desprezadas frações retidas com percentual inferior a 5 e passantes na peneira 9,5 mm. Onde a quantidade de grãos para cálculo do índice de forma é determinado pela Equação 1, que para ter resultado satisfatório deverá ser menor/igual a 3 (três).

Tabela 05 – Quantidade mínima de material para ensaio

Dimensão máxima (mm)	Dimensão mínima (kg)
$D_{máx} \leq 19$	5
$19 < D_{máx} \leq 25$	10
$25 < D_{máx} \leq 37,5$	15
$D_{máx} > 37,5$	20

Fonte: ABNT NBR 7809,2008.

$$N_i = \frac{200}{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (1)$$

Onde:

200 = é o número de grãos necessários para o ensaio;

N_i = números d grãos a serem medidos na fração;

F_i = é a porcentagem de massa retida individual da fração i .

No ensaio de Índice de forma foram utilizados 5kg de amostra, conforme pede a NBR 7809:2006 onde a fração granulométrica (abertura da peneira) para menor ou igual que 19mm tem que ser utilizado 5kg de amostra inicial. Sendo assim, esta quantidade foi levada para estufa à temperatura de $105^{\circ}\pm 5^{\circ}$ até atingir sua massa constante.

Após a retirar a amostra da estufa e esperar esfriar à temperatura ambiente, realizou-se a análise granulométrica utilizando as peneiras das séries normal e intermediária e foram desprezadas as frações passantes na peneira com malha de 9,5mm, conforme pede a NBR 9809:2006.

Após a análise granulométrica, realizou-se um quarteamento das amostras retidas na peneira de 9,5mm, a fim de separar os grãos com granulometria parecida, os quais foram divididos em 3 grupos de tamanhos diferentes e cada tipo de grão com 200 amostras, conforme Figura 13.

Figura 13- Separação da amostra retida na peneira de 9,5mm em 3 grupos de granulometria parecida



Fonte: Autor, 2019.

Após o quarteamento, com o auxílio de um paquímetro, mediu-se o comprimento e a espessura de cada um dos grãos obtidos, onde o comprimento era a maior medida da amostra e a espessura a menor.

Para o ensaio de índice de forma foi realizado apenas para a amostra de concreto, visto que ela apresentou melhor resultado em todos os outros testes.

6 RESULTADOS

6.1 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

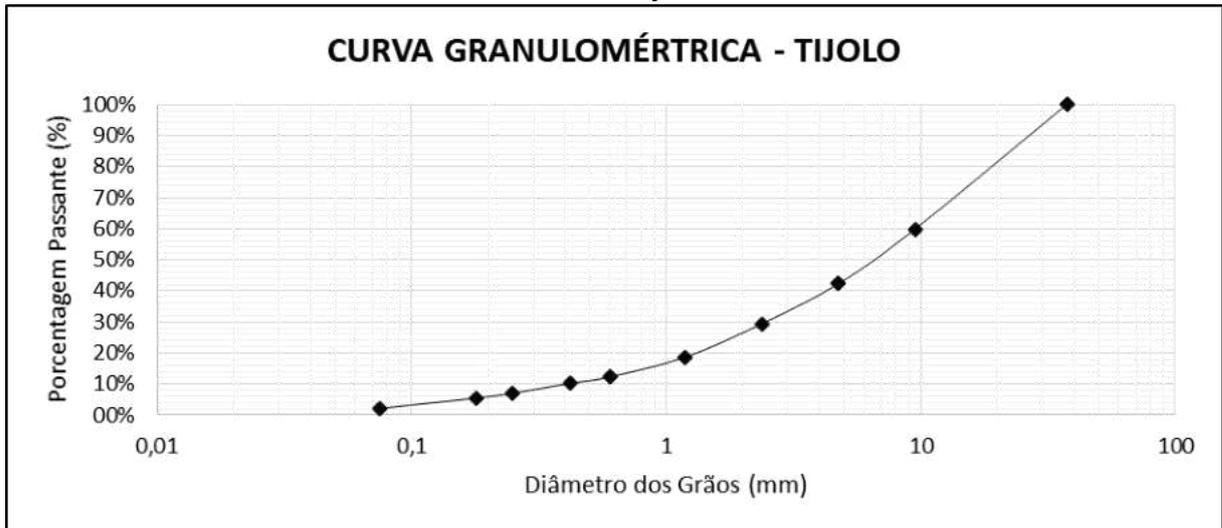
Para o ensaio de granulometria conforme NBR 7181, cada um dos materiais coletados, sendo eles tijolo, cerâmica, fibrocimento e concreto, foram submetidos ao peneiramento com a utilização de diferentes malhas, o peso retido após passagem em cada peneira e a porcentagem passante para cada amostra avaliada, podem ser verificados nas Tabelas 06, 07, 08 e 09. Após a confecção das tabelas mencionadas, plotaram-se os gráficos com a curva granulométrica de cada material, utilizando para isto os dados de diâmetros das malhas e a porcentagem passante por cada conjunto de malha, conforme representados respectivamente após a cada tabela, Gráficos 04, 05, 06 e 07.

Tabela 06 - Peneiramento da amostra de tijolo

Peneira	Polegada (Nº)	mm	Ensaio 01		Ensaio 02		Ensaio 03		Ensaio 04		Amostra Tijolo
			Peso Retido (g)	% Passante							
1" 1/2	37,5		0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	100%
3/8"	9,5		480	52%	360	64%	425	58%	340	66%	59,88%
4	4,75		125	40%	145	50%	190	39%	245	42%	42,25%
8	2,38		120	28%	103	39%	130	26%	160	26%	29,43%
16	1,18		96	18%	168	22%	81	17%	90	17%	18,55%
30	0,60		51,535	13%	77,892	15%	63,451	11%	58,74	11%	12,26%
40	0,42		18,192	11%	24,563	12%	19,825	9%	18,542	9%	10,23%
60	0,25		34,33	7%	40,79	8%	22,377	7%	30,083	6%	7,04%
80	0,18		17,446	6%	19,701	6%	12,661	6%	12,665	4%	5,48%
200	0,075		31,517	3%	37,864	2%	35,704	2%	30,247	1%	2,10%
Fundo			15,77	xxx	17,236	0%	14,341	xxx	9,405	xxx	0%
Total			989,79	xxx	994,05	xxx	994,36	xxx	994,68	xxx	xxx

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 04 – Curva Granulométrica amostra tijolo



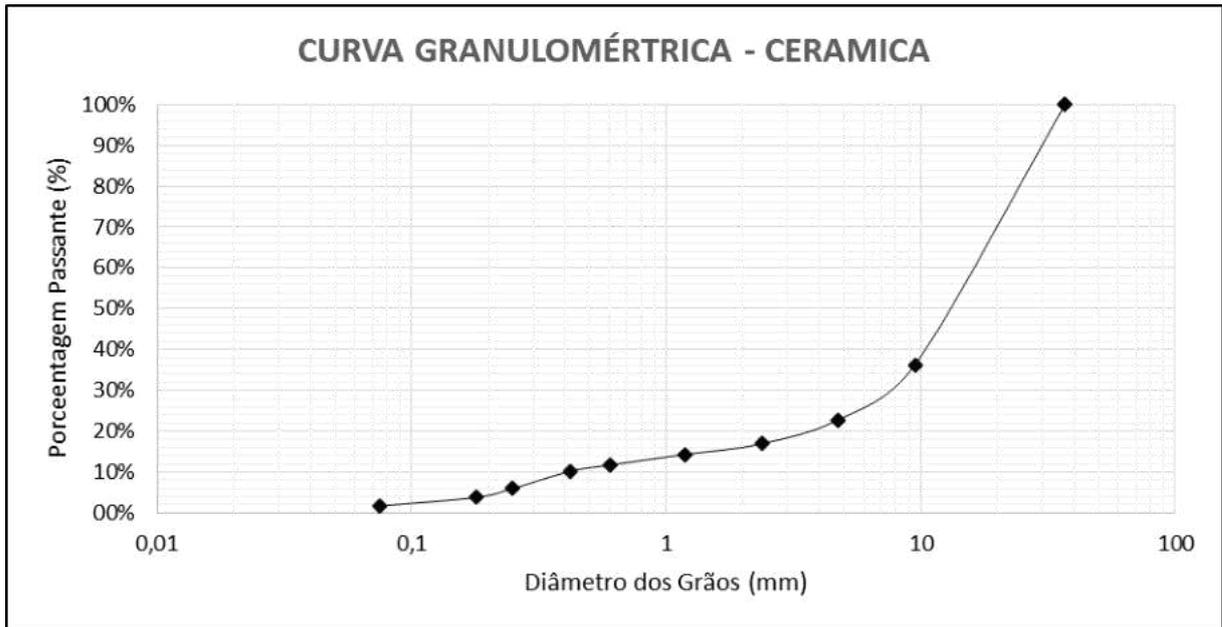
Fonte: Autor, 2019.

Tabela 07 – Resultados peneiramento da amostra de cerâmica

Peneira	Ensaio 01	Ensaio 02		Ensaio 03		Ensaio 04		Amostra Cerâmica		
		Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante		Peso Retido (g)	% Passante
1" 1/2	37,5	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	100,00%
3/8"	9,5	460	54%	695	31%	690	31%	705	30%	36,25%
4	4,75	140	40%	130	18%	132	18%	135	16%	22,83%
8	2,38	85	32%	60	12%	51	13%	40	12%	16,93%
16	1,18	44,377	27%	20,875	9%	21,671	11%	18,467	10%	14,29%
30	0,60	49,815	22%	19,334	7%	19,107	9%	15,337	9%	11,70%
40	0,42	28,118	19%	9,413	7%	11,023	8%	12,646	7%	10,17%
60	0,25	83,751	11%	26,9	4%	29,335	5%	27,455	5%	5,98%
80	0,18	38,475	7%	13,22	3%	17,49	3%	18,853	3%	3,78%
200	0,075	38,978	3%	15,276	1%	15,362	1%	14,559	1%	1,68%
Fundo		25,024	xxx	8,753	xxx	9,5073	xxx	8,792	xxx	xxx
Total		993,54	xxx	998,77	xxx	996,50	xxx	996,12	xxx	xxx

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 05 – Curva Granulométrica amostra cerâmica



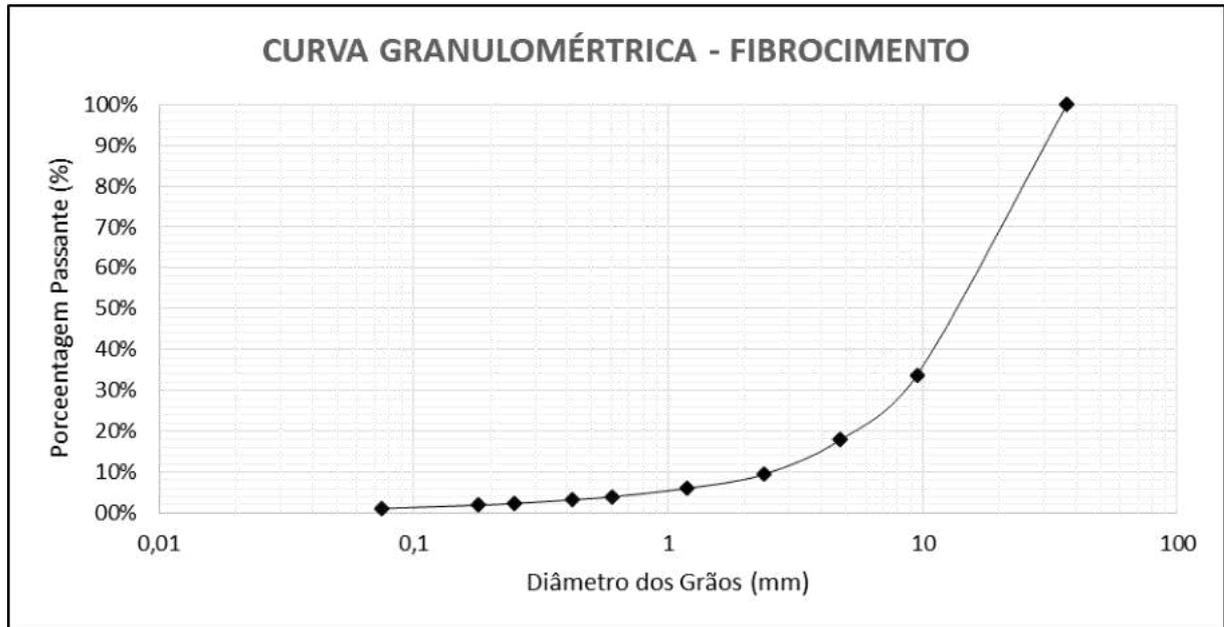
Fonte: Autor, 2019.

Tabela 08 - Peneiramento da amostra de fibrocimento

Peneira	Ensaio 01	Ensaio 02		Ensaio 03		Ensaio 04		Amostra Fibrocimento		
		Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante		Peso Retido (g)	% Passante
1"										
1/2"	37,5	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	100,00%
3/8"	9,5	820	18%	665	34%	550	45%	609	39%	33,75%
4"	4,75	95	9%	185	15%	190	26%	165	22%	17,88%
8"	2,38	37,69	5%	70	8%	125	14%	105	12%	9,43%
16"	1,18	13,604	3%	27,841	5%	55	8%	40	8%	6,02%
30"	0,60	9,125	2%	15,72	4%	29,799	5%	30	5%	3,91%
40"	0,42	4,801	2%	6,155	3%	9,459	4%	8,615	4%	3,18%
60"	0,25	3,495	2%	6,688	2%	12,165	3%	13,528	2%	2,28%
80"	0,18	2,025	1%	2,467	2%	5,607	2%	6,127	2%	1,88%
200"	0,075	3,631	1%	5,745	2%	10,699	1%	11,379	1%	1,09%
Fundo		3,379	xxx	5,667	xxx	10,106	xxx	10,301	xxx	xxx
Total		992,75	xxx	990,28	xxx	997,84	xxx	998,95	xxx	xxx

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 06 – Curva Granulométrica amostra fibrocimento.



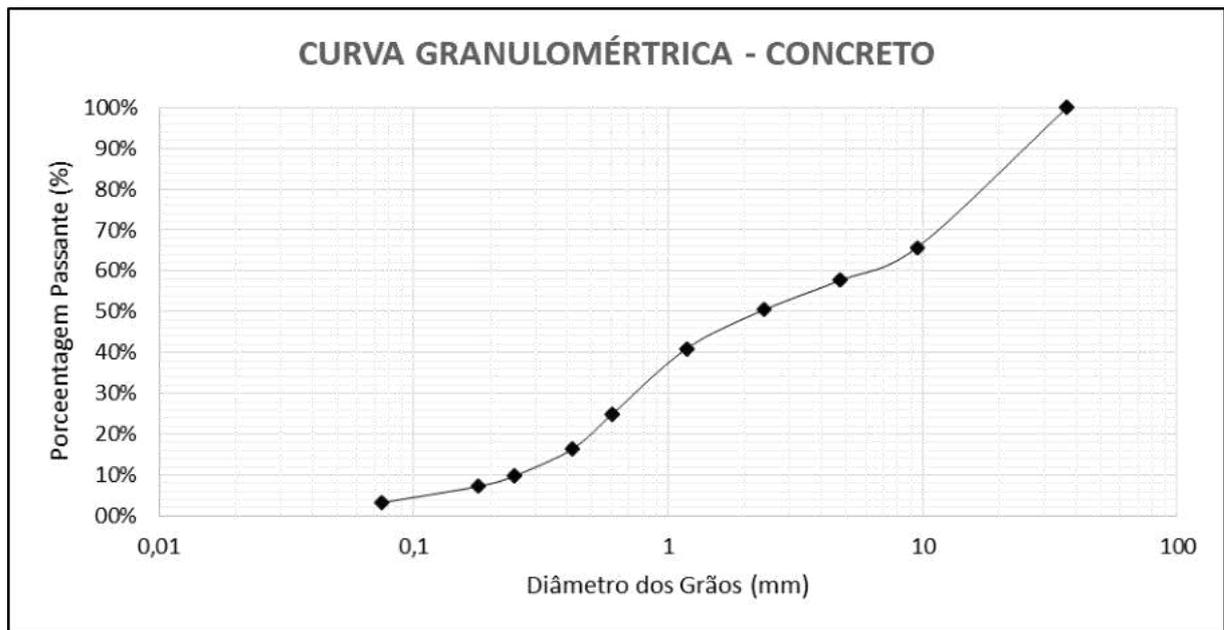
Fonte: Autor, 2019.

Tabela 09 - Peneiramento da amostra de concreto.

Peneira gada (Nº)	mm	Ensaio 01		Ensaio 02		Ensaio 03		Ensaio 04		Amostra Concreto
		Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante	Peso Retido (g)	% Passante	
1"										
1/2	37,5	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	100,00%
3/8"	9,5	330	67%	395	61%	373	63%	280	73%	65,68%
4	4,75	95	58%	65	54%	83,128	54%	87,081	65%	57,67%
8	2,38	73,288	50%	69,615	47%	68,902	47%	77,284	57%	50,44%
16	1,18	86,649	42%	90,523	38%	83,068	39%	120,98	45%	40,91%
30	0,60	170,64	24%	151,68	23%	159,72	23%	163,94	29%	24,76%
40	0,42	80,574	16%	84,516	14%	75,425	16%	94,93	19%	16,38%
60	0,25	72,614	9%	57,571	9%	54,833	10%	77,425	11%	9,82%
80	0,18	28,267	6%	22,019	6%	29,605	7%	22,451	9%	7,26%
200	0,075	40,946	2%	36,32	3%	39,674	3%	45,735	5%	3,19%
Fundo		21,707	xxx	21,358	xxx	26,017	xxx	26,742	xxx	xxx
Total		999,69	xxx	993,60	xxx	993,37	xxx	996,58	xxx	xxx

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 07 – Curva Granulométrica amostra concreto.



Fonte: Autor, 2019.

6.2 DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA

Para determinação máxima característica, conforme a NM 248, por meio de peneiramento, a qual 2 (duas) amostras de cada material foram submetidas, foram confeccionadas as Tabelas 10, 11, 12 e 13. Onde foi contabilizado para cada malha o peso retido (em gramas), o percentual passante e o percentual retido, e para definição da dimensão máxima característica foi verificado a primeira peneira em ordem decrescente no qual o percentual retido foi de 5% ou a imediatamente com percentual menor. Para todas as amostras este percentual foi de 0%, todos referentes a peneira com abertura de 37,5 mm, confirmando assim que a dimensão máxima característica dos materiais ensaiados é 37,5 mm.

Tabela 10 – Peneiramento das amostras de tijolo

Peneira		Amostra M1 - Tijolo			Amostra M2 - Tijolo		
Polegada	mm	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido
Nº 1" 1/2	37,5	0	100,00%	0%	0	100%	0,00%
Nº 3/8"	9,5	204	18,40%	81,60%	172	31%	68,80%
Nº 4	4,75	31,045	5,98%	12,42%	21,275	23%	8,51%
Nº 8	2,38	6,097	3,54%	2,44%	12,035	18%	4,81%
Nº 16	1,18	0,43	3,37%	0,17%	9,89	14%	3,96%
Nº 30	0,60	2,279	2,46%	0,91%	9,321	10%	3,73%
Nº 40	0,42	1,892	1,70%	0,76%	3,279	9%	1,31%
Nº 60	0,25	0,494	1,51%	0,20%	2,15	8%	0,86%
Nº 80	0,18	0,256	1,40%	0,10%	1,022	8%	0,41%
Nº 200	0,075	0,903	1,04%	0,36%	3,043	6%	1,22%
Fundo		0,435	xxx	0,17%	0,422	xxx	0,17%
Total		247,831	xxx	99,13%	234,437	xxx	93,77%

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 11 – Peneiramento das amostras de cerâmica

Peneira		Amostra M1 - Cerâmica			Amostra M2 - Cerâmica		
Polegada	mm	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido
Nº 1" 1/2	37,5	0	100,00%	0%	0	100%	0,00%
Nº 3/8"	9,5	183	26,80%	73,20%	150	40%	60,00%
Nº 4	4,75	51,364	6,25%	20,55%	55	18%	22,00%
Nº 8	2,38	10,456	2,07%	4,18%	17,891	11%	7,16%
Nº 16	1,18	1,273	1,56%	0,51%	4,428	9%	1,77%
Nº 30	0,60	0,525	1,35%	0,21%	3,341	8%	1,34%
Nº 40	0,42	0,3	1,23%	0,12%	1,898	7%	0,76%
Nº 60	0,25	0,757	0,93%	0,30%	4,947	5%	1,98%
Nº 80	0,18	0,463	0,74%	0,19%	2,538	4%	1,02%
Nº 200	0,075	0,575	0,51%	0,23%	2,618	3%	1,05%
Fundo		0,546	xxx	0,22%	2,011	xxx	0,80%
Total		249,259	xxx	99,70%	244,672	xxx	97,87%

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 12 – Peneiramento das amostras de fibrocimento

Peneira		Amostra M1 - Fibrocimento			Amostra M2 - Fibrocimento		
Polegada	mm	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido
Nº 1" 1/2	37,5	0	100,00%	0%	0	100%	0,00%
Nº 3/8"	9,5	140	44,00%	56,00%	194	22%	77,60%
Nº 4	4,75	40	28,00%	16,00%	40	6%	16,00%
Nº 8	2,38	25,981	17,61%	10,39%	8,595	3%	3,44%
Nº 16	1,18	13,794	12,09%	5,52%	2,416	2%	0,97%
Nº 30	0,60	10,437	7,92%	4,17%	1,358	1%	0,54%
Nº 40	0,42	3,117	6,67%	1,25%	0,37	1%	0,15%
Nº 60	0,25	3,866	5,12%	1,55%	0,427	1%	0,17%
Nº 80	0,18	1,643	4,46%	0,66%	0,216	1%	0,09%
Nº 200	0,075	3,947	2,89%	1,58%	0,743	1%	0,30%
Fundo		2,653	xxx	1,06%	0,764	xxx	0,31%
Total		245,438	xxx	98,18%	248,889	xxx	99,56%

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 13 – Peneiramento das amostras de concreto

Peneira		Amostra M1 - Concreto			Amostra M2 - Concreto		
Polegada	mm	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido	Peso Retido (g)	% Passante	% Retido
Nº 1" 1/2	37,5	0	100,00%	0%	0	100%	0,00%
Nº 3/8"	9,5	130	48,00%	52,00%	95	62%	38,00%
Nº 4	4,75	30	36,00%	12,00%	30	50%	12,00%
Nº 8	2,38	18,293	28,68%	7,32%	19,797	42%	7,92%
Nº 16	1,18	11,278	24,17%	4,51%	14,189	36%	5,68%
Nº 30	0,60	28,23	12,88%	11,29%	36,279	22%	14,51%
Nº 40	0,42	7,833	9,75%	3,13%	9,441	18%	3,78%
Nº 60	0,25	12,37	4,80%	4,95%	24,762	8%	9,90%
Nº 80	0,18	5,613	2,55%	2,25%	8,407	5%	3,36%
Nº 200	0,075	2,151	1,69%	0,86%	8,059	2%	3,22%
Fundo		2,943	xxx	1,18%	2,495	xxx	1,00%
Total		248,711	xxx	99,48%	248,429	xxx	99,37%

Fonte: Autor, 2019.

6.3 ENSAIO ÍNDICE DE FORMA

Para determinação do índice de forma, pelo método do parquímetro, para os 200 (duzentos) grãos de cada amostra serão coletadas as dimensões conforme é solicitado na norma, sua espessura (a menor medida) e o comprimento a maior medida perpendicular em referência a espessura. Após a medição, foi

confeccionada uma tabela com todos os valores conforme Anexo 01, posteriormente calculado o índice de forma, que a razão entre o comprimento e espessura, conforme é apresentado abaixo na Tabela 14.

Tabela 14 – Calculo Índice de Forma

Amostra	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	IF
01	26	14	1,86
02	21	11	1,91
03	17	14	1,21
Média Geral	21	13	1,64

Fonte: Autor, 2019.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com os ensaios realizados constatou-se que os materiais em sua maioria apresentaram resultados satisfatórios em atendimento a NBR 15116/2004, que determina os parâmetros gerais para utilização de RCD como agregado na pavimentação. Estes resultados são apresentados distintamente conforme a Tabela 15 demonstra.

Tabela 15 – Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação.

Propriedades	Agregado reciclado classe A		Normas de ensaio	
	Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo
Composição Granulométrica	Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão Máxima Característica	≤ 63 mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma	≤ 3	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm	Entre 10 % e 40%		ABNT NBR 7181	

Fonte: ABNT NBR 15116, 2004.

Para propriedade de composição granulométrica, conforme resultados apresentados os materiais tijolo, cerâmica e concreto atendem ao parâmetro de coeficiente de uniformidade maior que 10, sendo bem graduados e não uniformes, já a amostra de fibrocimento não atendeu ao requisito apresentando um resultado de 8,11 conforme é demonstrado na Tabela 16.

Tabela 16 – Diâmetro efetivo nos percentuais passantes de 10% e 60% e coeficiente de uniformidade.

Diâmetro Efetivo / Coeficiente Uniformidade	Tijolo	Cerâmica	Fibrocimento	Concreto
D60 - Diâmetro Efetivo 60% Passante (mm)	9,5837	19,9314	20,5943	6,1317
D10 - Diâmetro Efetivo 10% passante (mm)	0,4077	0,4131	2,5399	0,2547
Cu - Coeficiente de Uniformidade (D60/D10)	23,51	48,25	8,11	24,07

Fonte: Autor, 2019.

Assim como também foi possível determinar neste ensaio o atendimento de percentual passante na peneira 0,42 mm, para estes resultados novamente a

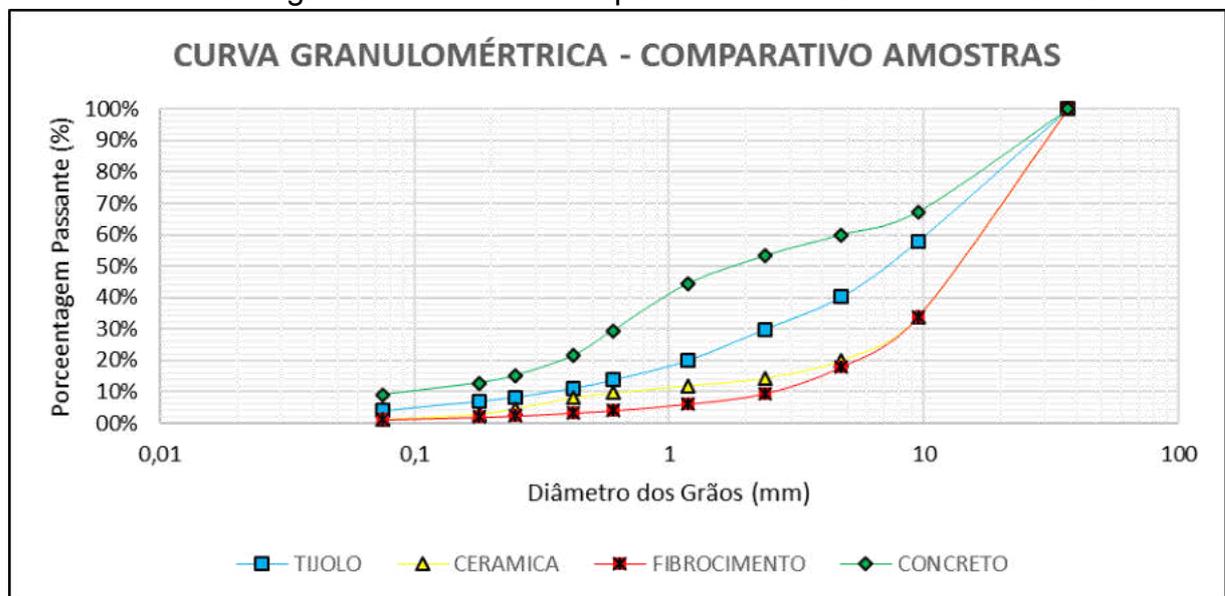
amostra de fibrocimento não atendeu ao requisito de 10 % a 40% de material passante na peneira. Dentre os outros 3 (três) materiais o concreto foi o que apresentou o melhor desempenho conforme é possível verificar na Tabela 17 e gráfico da curva granulométrica (Gráfico 08).

Tabela 17 – Resultado percentual passante na peneira 0,42 mm

Peneira		Tijolo	Cerâmica	Fibrocimento	Concreto
Polegada	mm	% Passante	% Passante	% Passante	% Passante
Nº 1" 1/2	37,000	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Nº 3/8"	9,500	59,88%	36,25%	33,75%	65,68%
Nº 4	4,750	42,25%	22,83%	17,88%	57,67%
Nº 8	2,380	29,43%	16,93%	9,43%	50,44%
Nº 16	1,180	18,55%	14,29%	6,02%	40,91%
Nº 30	0,600	12,26%	11,70%	3,91%	24,76%
Nº 40	0,420	10,23%	10,17%	3,18%	16,38%
Nº 60	0,250	7,04%	5,98%	2,28%	9,82%
Nº 80	0,180	5,48%	3,78%	1,88%	7,26%
Nº 200	0,075	2,10%	1,68%	1,09%	3,19%

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 08 – Curva granulométrica do comparativo das 4 amostras ensaiadas



Fonte: Autor, 2019.

Para o ensaio de índice de forma, devido à dificuldade pela ausência de peneiras de granulometrias intermediárias, foi necessário uma separação visual da amostra

retida na peneira de diâmetro 9,5 mm, foram separadas 3 amostras de duzentos grãos cada um, onde em suas médias do comprimento e espessura, e posterior cálculo do índice de forma atendem ao parâmetro da norma de serem menor que 3, conforme informado anteriormente na Tabela 14.

Desta é forma e possível concluir que das amostras de RCD coletadas, apenas o fibrocimento não atendeu aos parâmetros determinados para norma, mas os outros materiais (tijolo, cerâmica e concreto) apresentaram resultados satisfatórios, atendendo a todos os requisitos gerais.

8 CONCLUSÕES

Este estudo teve por objetivo analisar os resíduos da construção civil provenientes de demolições e construções como possíveis agregados na fabricação e execução da pavimentação.

Pelo estudo de caso observa-se que a empresa de pequeno porte, localizada no município de Aracruz-ES não faz a devida separação dos entulhos, não seguindo as técnicas coerentes com as legislações e normas, gerando um volume de resíduos maior do que o necessário, prejudicando assim o meio ambiente e à população que vive ao redor dos canteiros.

Após um levantamento de dados, pode-se observar que os resíduos coletados e analisados apresentaram resultados esperados e dentro dos parâmetros exigidos por norma para reutilização dos mesmos na pavimentação. Podemos notar que a amostra que apresentou melhor desempenho foi o resíduo de concreto pois tem em sua composição características consideradas boas para o uso desejado. Já a amostra de fibrocimento não apresentou resultados tão excelentes, sendo um material com baixa qualidade para utilização em pavimentação.

Este estudo teve por limitação a execução de dois ensaios para complementação da análise: Ensaio de Compactação e o Índice suporte Califórnia, fundamentais para definição de quais camadas os agregados podem ser implementados. O laboratório utilizado das Faculdades Integradas de Aracruz- FAACZ não possui todos os equipamentos necessários para execução dos ensaios em questão.

Recomenda-se para um trabalho futuro a continuação do estudo dos entulhos da construção e demolição como agregados da pavimentação realizando todos os testes solicitados na ABNT NBR 15116/2004 analisando em quais camadas de base ou sub-base os agregados podem ser utilizados e análise para verificar a viabilidade financeira da utilização do agregado de RDC na pavimentação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (2003a). Norma Brasileira – NBR – 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ.

ABNT (2004a). Norma Brasileira – NBR – 15116 – Agregados reciclados de resíduo sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisito. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ.

ABNT (2016). Norma Brasileira – NBR – 7181 – Solo – Análise granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2003). Norma Brasileira – NBR NM – 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Níveis de Normalização.

ABNT (2008). Norma Brasileira – NBR – 7809 – Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2016). Norma Brasileira – NBR – 6508 – Grãos de solo que passam na peneira de 4.8 mm – Determinação da massa específica. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2009). Norma Brasileira – NBR – 7211 – Agregado para concreto – Especificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (1987). Norma Brasileira – NBR – 7216 – Amostragem de agregados. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2003). Norma Brasileira – NBR – 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2016). Norma Brasileira – NBR – 6457 – Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2016). Norma Brasileira – NBR – 6458 – Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Errata 2:2017. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (2016). Norma Brasileira – NBR – 9895 – Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensino. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT (1997). Norma Brasileira – NBR NM ISO – 2395 – Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Níveis de Normalização.

ABNT (1997). Norma Brasileira – NBR NM ISO 3310 – 1 – Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Níveis de Normalização.

ABNT (1997). Norma Brasileira – NBR NM ISSO 3310 - 2 – Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Níveis de Normalização.

PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf>, 2011. Acesso 01/10/2018.

AÑGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JHON, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. PCC- São Paulo. 2001.

BAGATINI, Felipe. **Resíduos de concentração civil: Aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenharia Civil. 2011.

BASTOS, Luísa Walter. **Análise de custo dos desperdícios na construção civil**. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul – RS. 2015.

CBIC 2010: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Composição da cadeia produtiva da construção civil em 2009**. set/2010. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br>>. Acesso em: 16/05/2011.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra, et al. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção civil**. 2011.

CANEDO, C.A.; BRANDÃO, B.F.; FILHO, P.L.F. **Reaproveitamento de Resíduo de Construção na Produção de Argamassa de Revestimento**. Goiânia. 2011.

CONAMA - Conselho nacional do meio ambiente. **Resolução nº 307 de 05/07/2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, 2002.

DNIT, Rio de Janeiro. **Manual de Pavimentação**. Dnit, 2006. 278 p. Disponível em: https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Revista tecnologista, nº 74, São Paulo. 2002.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

LUCHEZZI, Celso. **Logística reversa na Construção Civil**. São Paulo. 2014.

Pinto, P.T. Metodologia Para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. São Paulo. 1999.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes et al. **Avaliação de perdas em obra – Aplicações de Metodologia Expeditada¹**. Mestrado do programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na UFSC. Santa Catarina, SC.

MIRANDA, Luiz Bruner de; CASTRO FILHO, Belmiro Mendes de; KJERFVE, Bjorn. **Princípios de oceanografia física de estuários**. [S.l: s.n.], 2002.

MONTEIRO, Jose Henrique Penido et al. **Gestão Integrada de resíduos sólidos - Manual de Gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro, RJ. 2001.

NETO, Humberto Soares da Rocha Neto. **Avaliação dos índices de desperdícios de materiais: estudo de caso em uma obra de edificações na cidade de Feira de Santana – BA**. Universidade Estadual de Feira de Santana, departamento de tecnologia. Bahia, BA. 2010.

OLIVEIRA, J. C. **Indicadores de Potencialidades de Desempenho de Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Pavimentos Flexíveis**. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-049/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 167 p., 2007.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, SP. 1999.

PIVA, Ana Magda; WIEBECK, Hélio. **Reciclagem do plástico**. [S.l: s.n.], 2004.

Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico] – 2 ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Serie legislação; nº 81)

PORTO, Maria Edelma Henrique de Carvalho. **Reaproveitamento dos entulhos de concreto na construção de casas populares.** Rio de Janeiro, RJ.2008.

SCHNEIDER, Sérgio. **Teoria Social, Agricultura Familiar e Pluriatividade.** Rev. bras. Ci. Soc. 2003.

SOUZA, Adriano C. A. de Piava, et al. **A utilização de agregado reciclado da construção civil na pavimentação de rodoviária.** Foz do Iguaçu, PR. 2015.

TRICHES, G.; KRYCKYI, P. R. **Aproveitamento de Entulho da Construção Civil na Pavimentação Urbana.** Santa Catarina. 2000.

WILLE, Mariana Muller. **Logística reversa: Conceitos, Legislação e Sistema de Custeio Aplicável.** Revista de Administração e Ciências Contábeis. N. 8. Curitiba: Opet, 2013.

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 01 - Início

Qty.	Comprimento - Espessura	Qty.	Comprimento - Espessura
1	18 mm – 15 mm	26	19 mm – 15 mm
2	16 mm – 13 mm	27	18 mm – 17 mm
3	15 mm – 10 mm	28	17 mm – 12 mm
4	15 mm – 13 mm	29	18 mm – 14 mm
5	16 mm – 11 mm	30	13 mm – 12 mm
6	13 mm – 11 mm	31	15 mm – 13 mm
7	16 mm – 12 mm	32	20 mm – 13 mm
8	18 mm – 16 mm	33	15 mm – 12 mm
9	15 mm – 10 mm	34	21 mm – 17 mm
10	18 mm – 14 mm	35	15 mm – 12 mm
11	13 mm – 11 mm	36	19 mm – 14 mm
12	13 mm – 10 mm	37	21 mm – 17 mm
13	16 mm – 12 mm	38	21 mm – 15 mm
14	15 mm – 11 mm	39	17 mm – 11 mm
15	15 mm – 11 mm	40	14 mm – 16 mm
16	16 mm – 13 mm	41	20 mm – 16 mm
17	16 mm – 14 mm	42	16 mm – 14 mm
18	16 mm – 13 mm	43	12 mm – 11 mm
19	20 mm – 14 mm	44	12 mm – 13 mm
20	17 mm – 15 mm	45	19 mm – 14 mm
21	14 mm – 12 mm	46	23 mm – 19 mm
22	16 mm – 13 mm	47	20 mm – 16 mm
23	22 mm – 15 mm	48	14 mm – 11 mm
24	18 mm – 16 mm	49	23 mm – 16 mm
25	23 mm – 16 mm	50	18 mm – 15 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 01 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
51	16 mm – 13 mm	76	19 mm – 14 mm
52	13 mm – 11 mm	77	19 mm – 16 mm
53	15 mm – 11 mm	78	13 mm – 11 mm
54	16 mm – 13 mm	79	21 mm – 14 mm
55	18 mm – 11 mm	80	16 mm – 15 mm
56	23 mm – 15 mm	81	17 mm – 15 mm
57	18 mm – 19 mm	82	17 mm – 15 mm
58	21 mm – 18 mm	83	14 mm – 13 mm
59	18 mm – 10 mm	84	14 mm – 14 mm
60	16 mm – 12 mm	85	16 mm – 14 mm
61	22 mm – 20 mm	86	22 mm – 12 mm
62	21 mm – 19 mm	87	16 mm – 13 mm
63	23 mm – 14 mm	88	20 mm – 19 mm
64	16 mm – 15 mm	89	14 mm – 12 mm
65	17 mm – 14 mm	90	19 mm – 14 mm
66	14 mm – 11 mm	91	19 mm – 14 mm
67	17 mm – 13 mm	92	21 mm – 17 mm
68	18 mm – 15 mm	93	20 mm – 14 mm
69	13 mm – 11 mm	94	17 mm – 14 mm
70	17 mm – 11 mm	95	16 mm – 13 mm
71	15 mm – 10 mm	96	19 mm – 12 mm
72	17 mm – 11 mm	97	19 mm – 17 mm
73	14 mm – 13 mm	98	17 mm – 16 mm
74	15 mm – 13 mm	99	18 mm – 16 mm
75	19 mm – 13 mm	100	21 mm – 12 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 01 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
101	13 mm – 12 mm	126	21 mm – 14 mm
102	17 mm – 16 mm	127	15 mm – 12 mm
103	13 mm – 12 mm	128	18 mm – 13 mm
104	15 mm – 12 mm	129	15 mm – 13 mm
105	16 mm – 15 mm	130	21 mm – 13 mm
106	17 mm – 13 mm	131	16 mm – 13 mm
107	15 mm – 13 mm	132	16 mm – 14 mm
108	20 mm – 13 mm	133	13 mm – 12 mm
109	14 mm – 11 mm	134	14 mm – 13 mm
110	12 mm – 12 mm	135	23 mm – 15 mm
111	15 mm – 14 mm	136	15 mm – 13 mm
112	17 mm – 14 mm	137	13 mm – 11 mm
113	17 mm – 12 mm	138	15 mm – 15 mm
114	14 mm – 13 mm	139	14 mm – 13 mm
115	13 mm – 11 mm	140	16 mm – 13 mm
116	14 mm – 11 mm	141	20 mm – 19 mm
117	14 mm – 11 mm	142	20 mm – 13 mm
118	16 mm – 11 mm	143	20 mm – 19 mm
119	14 mm – 12 mm	144	18 mm – 17 mm
120	21 mm – 19 mm	145	16 mm – 14 mm
121	19 mm – 12 mm	146	16 mm – 15 mm
122	16 mm – 13 mm	147	17 mm – 11 mm
123	14 mm – 11 mm	148	17 mm – 15 mm
124	23 mm – 15 mm	149	17 mm – 16 mm
125	16 mm – 15 mm	150	18 mm – 17 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 01 – Final

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
151	21 mm – 14 mm	176	15 mm – 13 mm
152	16 mm – 15 mm	177	16 mm – 13 mm
153	19 mm – 12 mm	178	14 mm – 13 mm
154	16 mm – 13 mm	179	16 mm – 15 mm
155	14 mm – 13 mm	180	16 mm – 11 mm
156	16 mm – 11 mm	181	19 mm – 14 mm
157	23 mm – 13 mm	182	11 mm – 11 mm
158	11 mm – 11 mm	183	13 mm – 11 mm
159	20 mm – 15 mm	184	15 mm – 11 mm
160	14 mm – 13 mm	185	13 mm – 13 mm
161	16 mm – 15 mm	186	16 mm – 14 mm
162	15 mm – 13 mm	187	13 mm – 12 mm
163	16 mm – 15 mm	188	20 mm – 20 mm
164	14 mm – 11 mm	189	21 mm – 22 mm
165	12 mm – 11 mm	190	15 mm – 11 mm
166	16 mm – 14 mm	191	15 mm – 14 mm
167	19 mm – 13 mm	192	13 mm – 11 mm
168	15 mm – 13 mm	193	16 mm – 13 mm
169	12 mm – 11 mm	194	19 mm – 15 mm
170	16 mm – 17 mm	195	18 mm – 16 mm
171	20 mm – 12 mm	196	14 mm – 13 mm
172	16 mm – 12 mm	197	18 mm – 15 mm
173	16 mm – 15 mm	198	16 mm – 15 mm
174	13 mm – 12 mm	199	16 mm – 13 mm
175	14 mm – 13 mm	200	17 mm – 16 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 02 – Início

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
1	25 mm – 09 mm	26	18 mm – 13 mm
2	18 mm – 12 mm	27	22 mm – 08 mm
3	18 mm – 11 mm	28	23 mm – 09 mm
4	21 mm – 10 mm	29	19 mm – 16 mm
5	21,5 mm – 7,5 mm	30	24 mm – 11 mm
6	25,5 mm – 12 mm	31	19 mm – 13 mm
7	24 mm – 18 mm	32	26 mm – 12 mm
8	24 mm – 14 mm	33	24 mm – 11 mm
9	19 mm – 15 mm	34	22 mm – 14 mm
10	22 mm – 11 mm	35	17 mm – 11 mm
11	20 mm – 06 mm	36	27 mm – 08 mm
12	26 mm – 10 mm	37	23 mm – 07 mm
13	27 mm – 11 mm	38	15 mm – 11 mm
14	23 mm – 09 mm	39	21 mm – 12 mm
15	19 mm – 11 mm	40	25 mm – 13 mm
16	22 mm – 09 mm	41	23 mm – 16 mm
17	19 mm – 12 mm	42	24 mm – 11 mm
18	21 mm – 12 mm	43	23 mm – 10 mm
19	26 mm – 12 mm	44	24 mm – 15 mm
20	16 mm – 11 mm	45	18 mm – 13 mm
21	21 mm – 15 mm	46	18 mm – 08 mm
22	21 mm – 15 mm	47	20 mm – 17 mm
23	21 mm – 12 mm	48	23 mm – 15 mm
24	27 mm – 08 mm	49	22 mm – 09 mm
25	21 mm – 14 mm	50	21 mm – 13 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 02 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
51	23 mm – 12 mm	76	28 mm – 19 mm
52	25 mm – 16 mm	77	18 mm – 10 mm
53	21 mm – 14 mm	78	25 mm – 10 mm
54	25 mm – 10 mm	79	20 mm – 08 mm
55	21 mm – 11 mm	80	19 mm – 10 mm
56	25 mm – 19 mm	81	26 mm – 11 mm
57	20 mm – 09 mm	82	26 mm – 16 mm
58	19 mm – 11 mm	83	21 mm – 11 mm
59	19 mm – 14 mm	84	21 mm – 15 mm
60	22 mm – 14 mm	85	23 mm – 12 mm
61	25 mm – 12 mm	86	20 mm – 09 mm
62	19 mm – 09 mm	87	20 mm – 12 mm
63	19 mm – 18 mm	88	19 mm – 09 mm
64	22 mm – 09 mm	89	24 mm – 08 mm
65	19 mm – 10 mm	90	20 mm – 10 mm
66	17 mm – 07 mm	91	20 mm – 09 mm
67	23 mm – 11 mm	92	21 mm – 13 mm
68	20 mm – 14 mm	93	19 mm – 14 mm
69	24 mm – 15 mm	94	20 mm – 11 mm
70	26 mm – 12 mm	95	23 mm – 13 mm
71	20 mm – 16 mm	96	23 mm – 12 mm
72	17 mm – 12 mm	97	24 mm – 09 mm
73	23 mm – 12 mm	98	15 mm – 09 mm
74	19 mm – 13 mm	99	14 mm – 10 mm
75	23 mm – 13 mm	100	22 mm – 14 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 02 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
101	18 mm – 13 mm	126	22 mm – 11 mm
102	19 mm – 12 mm	127	20 mm – 15 mm
103	19 mm – 10 mm	128	17 mm – 09 mm
104	21 mm – 06 mm	129	21 mm – 08 mm
105	17 mm – 08 mm	130	19 mm – 08 mm
106	22 mm – 09 mm	131	18 mm – 10 mm
107	19 mm – 11 mm	132	21 mm – 13 mm
108	22 mm – 11 mm	133	18 mm – 08 mm
109	23 mm – 12 mm	134	22 mm – 10 mm
110	20 mm – 13 mm	135	25 mm – 09 mm
111	18 mm – 12 mm	136	20 mm – 09 mm
112	25 mm – 11 mm	137	19 mm – 08 mm
113	26 mm – 11 mm	138	22 mm – 11 mm
114	23 mm – 13 mm	139	19 mm – 13 mm
115	23 mm – 18 mm	140	18 mm – 09 mm
116	22 mm – 11 mm	141	20 mm – 13 mm
117	18 mm – 11 mm	142	23 mm – 14 mm
118	24 mm – 11 mm	143	23 mm – 14 mm
119	17 mm – 11 mm	144	13 mm – 08 mm
120	17 mm – 13 mm	145	18 mm – 13 mm
121	20 mm – 09 mm	146	21 mm – 11 mm
122	16 mm – 09 mm	147	15 mm – 09 mm
123	21 mm – 11 mm	148	25 mm – 07 mm
124	19 mm – 16 mm	149	19 mm – 13 mm
125	26 mm – 14 mm	150	21 mm – 10 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 02 – Final

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
151	20 mm – 14 mm	176	24 mm – 10 mm
152	18 mm – 14 mm	177	15 mm – 08 mm
153	21 mm – 11 mm	178	23 mm – 11 mm
154	27 mm – 12 mm	179	18 mm – 11 mm
155	19 mm – 16 mm	180	27 mm – 18 mm
156	20 mm – 11 mm	181	28 mm – 08 mm
157	23 mm – 10 mm	182	21 mm – 11 mm
158	20 mm – 12 mm	183	20 mm – 09 mm
159	20 mm – 11 mm	184	21 mm – 13 mm
160	25 mm – 13 mm	185	23 mm – 11 mm
161	20 mm – 09 mm	186	24 mm – 10 mm
162	16 mm – 09 mm	187	18 mm – 10 mm
163	21 mm – 11 mm	188	15 mm – 10 mm
164	21 mm – 10 mm	189	16 mm – 11 mm
165	26 mm – 10 mm	190	19 mm – 11 mm
166	17 mm – 11 mm	191	20 mm – 07 mm
167	17 mm – 10 mm	192	20 mm – 09 mm
168	23 mm – 10 mm	193	20 mm – 11 mm
169	23 mm – 13 mm	194	21 mm – 11 mm
170	16 mm – 12 mm	195	24 mm – 06 mm
171	19 mm – 13 mm	196	19 mm – 13 mm
172	20 mm – 14 mm	197	21 mm – 14 mm
173	19 mm – 11 mm	198	26 mm – 13 mm
174	23 mm – 09 mm	199	20 mm – 12 mm
175	19 mm – 13 mm	200	25 mm – 10 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 03 – Início

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
1	22 mm – 12 mm	26	26 mm – 14 mm
2	19 mm – 13 mm	27	27 mm – 18 mm
3	29 mm – 15 mm	28	39 mm – 11 mm
4	27 mm – 13 mm	29	29 mm – 15 mm
5	30 mm – 11 mm	30	34 mm – 13 mm
6	26 mm – 11 mm	31	38 mm – 14 mm
7	25 mm – 10 mm	32	34 mm – 12 mm
8	21 mm – 17 mm	33	25 mm – 14 mm
9	21 mm – 13 mm	34	25 mm – 10 mm
10	27 mm – 19 mm	35	31 mm – 16 mm
11	29 mm – 12 mm	36	32 mm – 11 mm
12	26 mm – 15 mm	37	37 mm – 18 mm
13	33 mm – 16 mm	38	27 mm – 17 mm
14	22 mm – 12 mm	39	36 mm – 08 mm
15	23 mm – 16 mm	40	32 mm – 13 mm
16	25 mm – 14 mm	41	30 mm – 15 mm
17	24 mm – 13 mm	42	23 mm – 14 mm
18	23 mm – 14 mm	43	28 mm – 13 mm
19	30 mm – 12 mm	44	30 mm – 11 mm
20	25 mm – 11,5 mm	45	26 mm – 09 mm
21	29 mm – 15 mm	46	28 mm – 13 mm
22	23 mm – 12 mm	47	26 mm – 13 mm
23	25 mm – 10 mm	48	29 mm – 12 mm
24	24 mm – 12 mm	49	29 mm – 14 mm
25	23 mm – 10 mm	50	21 mm – 09 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 03 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
51	22 mm – 15 mm	76	30 mm – 09 mm
52	29 mm – 11 mm	77	26 mm – 14 mm
53	26 mm – 12 mm	78	22 mm – 09 mm
54	22 mm – 11 mm	79	31 mm – 17 mm
55	24 mm – 09 mm	80	20 mm – 10 mm
56	29 mm – 17 mm	81	20 mm – 14 mm
57	31 mm – 17 mm	82	24 mm – 10 mm
58	22 mm – 16 mm	83	17 mm – 12 mm
59	34 mm – 11 mm	84	26 mm – 15 mm
60	34 mm – 15 mm	85	26 mm – 14 mm
61	29 mm – 15 mm	86	22 mm – 13 mm
62	31 mm – 12 mm	87	21 mm – 12 mm
63	27 mm – 16 mm	88	24 mm – 13 mm
64	31 mm – 20 mm	89	26 mm – 09 mm
65	34 mm – 20 mm	90	26 mm – 09 mm
66	26 mm – 17 mm	91	19 mm – 12 mm
67	23 mm – 19 mm	92	23 mm – 11 mm
68	31 mm – 17 mm	93	20 mm – 11 mm
69	28 mm – 17 mm	94	16 mm – 12 mm
70	26 mm – 17 mm	95	19 mm – 12 mm
71	23 mm – 13 mm	96	22 mm – 08 mm
72	25 mm – 16 mm	97	27 mm – 10 mm
73	27 mm – 14 mm	98	20 mm – 08 mm
74	35 mm – 13 mm	99	21 mm – 10 mm
75	28 mm – 19 mm	100	28 mm – 10 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 03 – Continuação

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
101	27 mm – 10 mm	126	22 mm – 16 mm
102	35 mm – 10 mm	127	22 mm – 10 mm
103	27 mm – 14 mm	128	23 mm – 13 mm
104	21 mm – 12 mm	129	22 mm – 14 mm
105	29 mm – 11 mm	130	25 mm – 13 mm
106	29 mm – 11 mm	131	25 mm – 09 mm
107	21 mm – 15 mm	132	20 mm – 11 mm
108	22 mm – 10 mm	133	18 mm – 14 mm
109	26 mm – 15 mm	134	33 mm – 10 mm
110	26 mm – 10 mm	135	29 mm – 12 mm
111	22 mm – 11 mm	136	21 mm – 17 mm
112	23 mm – 08 mm	137	23 mm – 16 mm
113	27 mm – 11 mm	138	19 mm – 10 mm
114	21 mm – 12 mm	139	22 mm – 09 mm
115	25 mm – 12 mm	140	28 mm – 11 mm
116	22 mm – 10 mm	141	28 mm – 10 mm
117	19 mm – 12 mm	142	27 mm – 11 mm
118	21 mm – 11 mm	143	24 mm – 10 mm
119	28 mm – 07 mm	144	22 mm – 08 mm
120	22 mm – 10 mm	145	22 mm – 07 mm
121	23 mm – 11 mm	146	32 mm – 17 mm
122	21 mm – 14 mm	147	24 mm – 17 mm
123	31 mm – 09 mm	148	22 mm – 19 mm
124	26 mm – 10 mm	149	23 mm – 21 mm
125	25 mm – 10 mm	150	30 mm – 19 mm

APENDICE A – Espessura e Comprimento dos grãos medidos com paquímetro para Ensaio de Índice de forma

Medidas utilizadas para cálculo do Índice de Forma, que consiste na razão entre comprimento e espessura, sendo o comprimento a maior medida do grão e espessura a menor medida.

Amostra 03 – Final

Qnt.	Comprimento - Espessura	Qnt.	Comprimento - Espessura
151	24 mm – 16 mm	176	29 mm – 18 mm
152	21 mm – 13 mm	177	28 mm – 18 mm
153	22 mm – 08 mm	178	26 mm – 20 mm
154	32 mm – 11 mm	179	30 mm – 23 mm
155	23 mm – 11 mm	180	23 mm – 15 mm
156	21 mm – 11 mm	181	21 mm – 19 mm
157	23 mm – 10 mm	182	32 mm – 23 mm
158	25 mm – 15 mm	183	25 mm – 20 mm
159	25 mm – 12 mm	184	23 mm – 25 mm
160	24 mm – 10 mm	185	21 mm – 25 mm
161	22 mm – 10 mm	186	29 mm – 23 mm
162	26 mm – 10 mm	187	23 mm – 20 mm
163	23 mm – 12 mm	188	28 mm – 20 mm
164	23 mm – 12 mm	189	26 mm – 20 mm
165	23 mm – 15 mm	190	25 mm – 27 mm
166	21 mm – 11 mm	191	29 mm – 20 mm
167	21 mm – 12 mm	192	34 mm – 18 mm
168	25 mm – 10 mm	193	23 mm – 20 mm
169	26 mm – 13 mm	194	35 mm – 22 mm
170	24 mm – 14 mm	195	36 mm – 23 mm
171	24 mm – 13 mm	196	26 mm – 20 mm
172	28 mm – 16 mm	197	29 mm – 20 mm
173	25 mm – 12 mm	198	24 mm – 37 mm
174	17 mm – 10 mm	199	29 mm – 24 mm
175	22 mm – 14 mm	200	19 mm – 17 mm