



**FACULDADE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS – FAPAC
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA**

MATHEUS KENNEDY DE OLIVEIRA E SOUSA

**APROVEITAMENTO DO RCD COMO BASE E SUB-BASE EM PAVIMENTAÇÕES
COM BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL**

PORTO NACIONAL - TO

2018

MATHEUS KENNEDY DE OLIVEIRA E SOUSA

**APROVEITAMENTO DO RCD COMO BASE E SUB-BASE EM PAVIMENTAÇÕES
COM BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL**

Projeto de Pesquisa submetido ao Curso de Engenharia Civil da FAPAC / ITPAC PORTO NACIONAL, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Construção Civil.

Orientador: Prof. Esp. José Silvério de Oliveira Júnior.

PORTO NACIONAL-TO

2018

MATHEUS KENNEDY DE OLIVEIRA E SOUSA

**APROVEITAMENTO DO RCD COMO BASE E SUB-BASE EM PAVIMENTAÇÕES
COM BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL**

Projeto de Pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda, como requisito parcial de para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Projeto de pesquisa defendido em ___/___/___ () APROVADO () REPROVADO
Pela banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador: Professor. Esp. José Silvério de Oliveira Junior

Instituto Tocantinense Pres. Antônio Carlos Porto Ltda.

Professor. Esp. Saulo José Vasconcelos Ferreira

Professor Me. Flávio Vieira da Silva Junior

RESUMO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são geradas em altas quantidades nas grandes cidades mais também em municípios pequenos em todo território brasileiro e são comumente descartados de forma irregular. Para os milhares de quilômetros de vias urbanas não pavimentadas, o agregado de resíduo sólido da construção civil é uma alternativa aos materiais convencionais de pavimentação. Este trabalho visa analisar o comportamento mecânico do agregado reciclado para emprego em camadas de base e sub-base. A pesquisa consiste em ensaios laboratoriais no instituto de ensino ITPAC-PORTO. O presente estudo irá avaliar resíduos de cerâmica, de concreto/argamassa e resíduos sem nenhuma classificação quanto ao tipo de material. O agregado utilizado terá, em sua fração miúda e graúda, percentuais fixados em 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição. De acordo com os ensaios que serão realizados irá verificar se é possível a substituição de agregados convencionais por agregados reciclados.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição. Agregado reciclado. Reutilização.

Abstract

Construction and demolition wastes (RCDs) are generated in large quantities in large cities, but also in small municipalities throughout Brazil and are commonly disposed of irregularly. For the thousands of miles of unpaved urban roads, the construction solid waste aggregate is an alternative to conventional paving materials. This work aims to analyze the mechanical behavior of the recycled aggregate for use in base and sub-base layers. The research consists of laboratory tests at the institute of ITPAC-PORTO. The present study will evaluate ceramic, concrete / mortar residues and wastes with no classification as to the type of material. The aggregate used will have, in its small and small fraction, percentages set at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of substitution. According to the tests that will be carried out will verify if it is possible to replace conventional aggregates with recycled aggregates.

Key words: Construction and demolition waste. Recycled aggregate. Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Quantidade de RCD coletados no ano de 2011 e 2012.....	15
Figura 2 Paquímetro digital.....	31
Figura 3 Prensa de CBR e o pistão de aplicação de carga.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos segundo o CONAMA.	18
Quadro 2 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final	20
Quadro 3 – Cronograma de projeto de pesquisa.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Destino dos resíduos sólidos no Brasil em 2015 e 2016. Em toneladas/dia	16
Tabela 2 - Composição, em porcentagem, do entulho de diversas cidades brasileiras	17
Tabela 3 - Recursos financeiros destinados à coleta de RSU em 2015 e 2016.	17
Tabela 4 - classificação dos grãos conforme NBR 6954 (ABNT, 1989).....	30

LISTA DE SIGLAS

RCD - Resíduos da Construção e Demolição

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EU – União Europeia

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ARC – Agregado Reciclado do concreto

ARM – Agregado Reciclado Misto

CBR – *California Bearing Ratio*

ISC – Índice de Suporte Califórnia

ONU – organizações das Nações Unidas

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1. REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
3.1.1. Sustentabilidade na construção civil	13
3.1.2. Agentes envolvidos na coleta de resíduos da construção e demolição. 13	
3.1.3. Geração de RCD	14
3.1.4. Reciclagem do RCD	17
3.1.5. Impacto ambiental dos resíduos	19
3.1.6. Gestão Ambiental dos RCD	20
3.1.7. Aplicabilidade	21
3.2. PAVIMENTAÇÃO.....	22
3.2.1. Pavimentação com agregado reciclado.	23
4. METODOLOGIA	25
4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	26
4.2.1. Granulometria	26
4.2.2. Massa unitária	27
4.2.3. Massa específica	28
4.2.4. Impurezas Orgânicas	28
4.2.5. Absorção	28
4.3. MATERIAIS INDESEJÁVEIS.	28
4.3.1. Grãos passantes na peneira 4,8mm	29
4.3.2. Grãos retidos na peneira 4,8mm	29
4.3.3. Forma dos grãos	30
4.4. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO.....	31
4.4.1. Determinação da umidade ótima e peso específico aparente seco máximo 31	
4.5. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA.	32
5. CRONOGRAMA	34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é de grande importância para humanidade e a muitos anos vem nos proporcionando conforto e mobilidade. Em razão do constante aumento populacional, a exploração de recursos naturais para realização de novas construções foi intensificada. Com isso, a construção civil tem impactado o meio ambiente de forma negativa por conta da exploração de matérias-primas, levando à geração de grande quantidade de resíduos sólidos e a sua destinação em locais sem qualquer tratamento ou separação.

A reciclagem dos resíduos gerados pela indústria da construção civil vem sendo cada vez mais importante para o desenvolvimento sustentável do setor, tanto em função das questões ambientais como econômicas. O seu reaproveitamento está diretamente relacionado a dos impactos ambientais ocasionados pelo descarte inadequado e, também a minimização do consumo das matérias-primas de origem natural.

Ainda existem obstáculos em se trabalhar com o reaproveitamento e reciclagem por conta da falta de conhecimento aprofundado sobre o tema e por vezes desacreditarem que essa prática seja útil. É possível, com a prática de reciclagem, reutilizar os resíduos gerados pelas construções e demolições, evitando a extração desenfreada de matérias-primas finitas da natureza.

Com a crescente produção de RCD, existe a necessidade de desenvolvimento de novos métodos e estudos de reaproveitamento. O uso de agregados reciclados tem sido um tema de grande importância para seu reaproveitamento em base e sub-bases de pavimentações para uma redução no impacto ambiental que a construção trás.

Em razão disso, o CONAMA formulou a Resolução 307/02 que determina parâmetros e processos para uma melhor administração dos resíduos da construção civil, tanto em atividades de reformas, reparos e demolições de estruturas e rodovias, como na determinação da sua destinação final.

Deste modo, o presente trabalho visa estudar a influência da adição, como agregado, de resíduos da construção e demolição na em base e sub-base de pavimentações, com intuito de verificar a possibilidade de utilização deste.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como objetivo geral investigar o comportamento dos agregados reaproveitados e suas características, quando parte dos agregados graúdos ou miúdos são substituídos por diferentes porcentagens de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), verificando a possibilidade da substituição por agregados provenientes dos resíduos na utilização em base e sub-base de pavimentações.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar uma amostra de RCD da cidade de Porto Nacional - TO de acordo com as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e modificar sua granulometria, permitindo sua utilização;
- Comparar os efeitos do uso de agregados reciclados de classe "A" segundo a CONAMA Resolução 307/02 (cerâmica, agregados reciclados de concreto/argamassa, entre outros).
- Verificar o comportamento dos agregados reciclado e suas resistências características em bases e sub-base.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Pinto (1999) o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, vêem a ineficácia de suas ações corretivas.

De acordo com Ribeiro, Moura e Pirote (2016) se toda a sociedade estivesse ciente do quão importante é o descarte adequado dos resíduos, não haveria problemas de saúde da população, tampouco impactos ambientais.

É importante buscar um fim adequado a todo tipo de resíduo gerado na construção e demolição. Alguns resíduos podem ser utilizados na produção de novos produtos, contudo, são descartados, muitas vezes em locais indevidos, sendo desperdiçada, assim, uma excelente oportunidade de reciclagem e reutilização (CARVALHO; CAMARGO, 2017).

Com relação à classificação dos resíduos sólidos como potencialmente poluentes, existem no Brasil as seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 10004 (2004) – Resíduos sólidos – Classificação: classifica os sólidos como seco ou molhado (análise da natureza física), como matéria orgânica ou inorgânica (análise da composição química) e como perigoso, não inerte e inerte (análise do risco potencial ao meio ambiente);
- NBR 10005 (2004) – Lixiviação de resíduos – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos: prescreve procedimentos para lixiviação de resíduos tendo em vista a sua classificação;
- NBR 10006 (2004) – Solubilização de resíduos – Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos: prescreve sobre a solubilização de resíduos e fixa condições exigíveis para diferenciar os resíduos não inertes. É aplicada comente para resíduos sólidos;

- NBR 10007 (2004) – Amostragem de resíduos: fixa condições exigíveis para amostragem, preservação e estocagem de amostra de resíduos sólidos.

Segundo dados do DNPM (2005), a exploração de jazidas minerais para obtenção de agregados naturais tem uma produção altíssima e é responsável por um grande impacto ambiental. No Brasil em 2004, foram produzidos 172,4 milhões de toneladas de areia e rocha britada, sendo que a pavimentação respondeu por cerca de 20% deste total (DNPM, 2005).

3.1.1. Sustentabilidade na construção civil

Segundo Ribeiro, Moura e Pirote (2016) o descontrolado uso de recursos naturais desperta grandes problemas sociais, econômicos e ambientais. Parte disso se deve ao descarte indevido de resíduos gerados pela construção civil. Desta maneira, viu-se à necessidade de criar métodos sustentáveis visando uma melhoria para nosso meio ambiente, usando reciclagem ou reutilização destes materiais, minimizando o consumo de matérias-primas e beneficiando o meio ambiente.

Brasileiro e Matos (2015) destaca a importância das leis e resoluções desenvolvidas no âmbito da gestão de resíduos sólidos, que intervêm na implantação do conceito da sustentabilidade na indústria da construção civil.

3.1.2. Agentes envolvidos na coleta de resíduos da construção e demolição.

O recolhimento de RCD em cidades de grande e médio porte vem sofrendo profunda alteração nos últimos anos em função do rápido crescimento na geração e da substituição crescente de coletores individualizados por coletores constituídos como empresas. Nas cidades estudadas, os coletores mais frequentes são os que operam com veículo dotado de poliguindaste e caçambas intercambiáveis (PINTO, 1999).

Segundo Brito (1999) os RCD hoje é um negócio assentado em quase todas as grandes cidades brasileiras, abrangendo as empresas contratadas pela prefeitura para recolher o entulho colocado irregularmente, as empresas contratadas pela prefeitura que operam os aterros de resíduos, empresas de tamanho variado que

trabalham com o transporte de entulho utilizando caminhões poliguindaste e caçambas, e também um grupo de transportadores autônomos, que utilizam carroças e até carrinhos de mão.

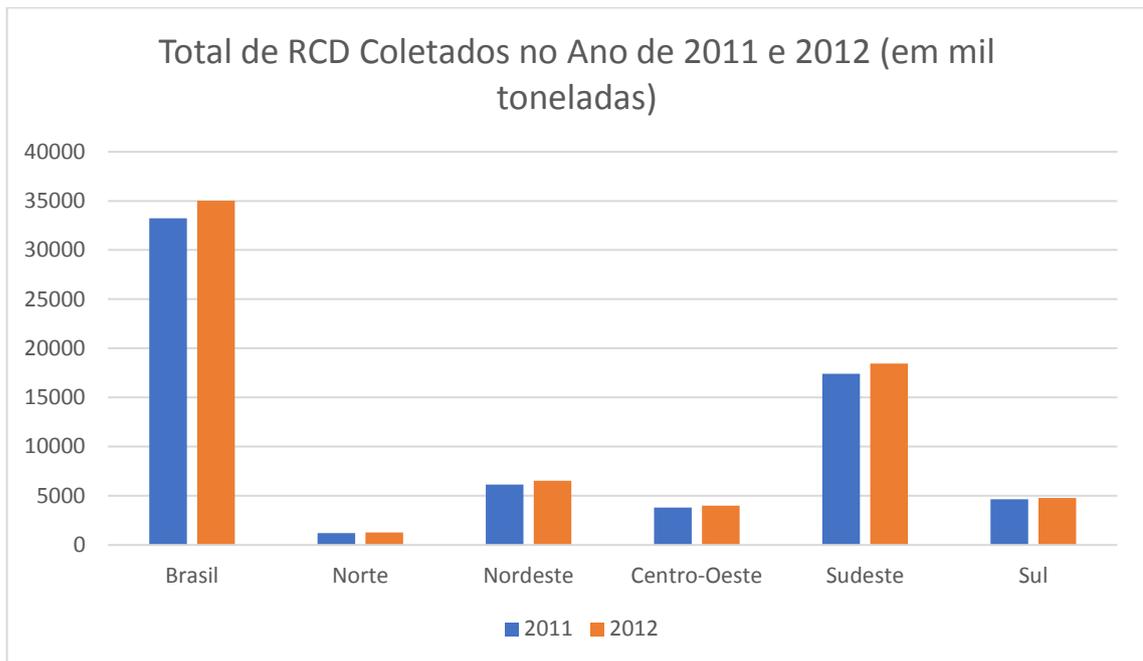
3.1.3. Geração de RCD

A excessiva geração de resíduos sólidos, determinada pelo rápido desenvolvimento da economia neste século, coloca como inevitável a adesão às políticas de valorização dos resíduos e sua reciclagem, nos países desenvolvidos e em amplas regiões dos países em desenvolvimento. Os processos de gestão dos resíduos em canteiro, de sofisticação dos procedimentos de demolição, de especialização no tratamento e reutilização dos RCD, vão conformando um respeitável e sólido ramo da engenharia civil, atento à necessidade de usar aproveitando recursos que são finitos e à necessidade de não agravar a natureza com lixos evitáveis (PINTO, 1999).

Segundo Brasileiro e Matos (2015) Como em todo seguimento industrial, o uso das matérias-primas na indústria da construção civil gera resíduos em grande escala, que necessitam ser administrados. O macrocomplexo da indústria da construção civil é responsável por 40% dos resíduos gerados na economia. Na União Europeia, em torno de 850 milhões de toneladas de RCD são geradas anualmente. Isso retrata valor de 31% dos resíduos produzidos na UE, 60 milhões nos Estados Unidos e 12 milhões somente no Japão. Esses resíduos formam aproximadamente, de 20 a 30% do fluxo de resíduos sólidos gerados pelas cidades dos países desenvolvidos, sendo que nos demais, pode alcançar índices bem maiores.

Os principais materiais que podem ser encontrados em obras de construção e demolição são as madeiras, aço, compensados, plásticos, alvenaria, concreto, argamassa entre outros materiais. Os resíduos gerados na obra são separados pelos trabalhadores e depositados em coletores de resíduos até sua coleta (SOKOLOVICZ; CANTARELLI; SANTOS, 2017)

Figura 1 Quantidade de RCD coletados no ano de 2011 e 2012.



Fonte: ABRELPE (2011 e 2012)

CEOTTO (1995), diz que o desperdício não pode ser avaliado somente pelo entulho produzido embora o considere um ótimo indicador do nível de qualidade de uma empresa, pois seu custo é pequeno quando comparado ao custo total de uma obra. Para ele, grande parte das controvérsias a respeito da questão do desperdício na construção civil, reflete a adoção de diferentes referenciais, que segundo o autor são:

1. Quando a designação é a média do consumo do setor, a empresa que consumir insumos acima daquela média, terá desperdícios, enquanto que as demais não. Como ponto negativo, numa empresa onde os índices de consumos de insumos forem melhores que a média, teoricamente não haveria desperdícios, o que não é verdade;
2. No caso da referência a ser utilizada seja o projeto, todo o consumo acima do previsto no orçamento, seria desperdício. Para Ceotto, embora coerente, esta posição leva a crer que basta fazer-se projetos excessivamente dimensionados, já incluindo os desperdícios, que assim os mesmos seriam reduzidos como num passe de mágica;
3. Quando a medição dos desperdícios é feita em relação aos consumos ideais, a partir da adoção de determinada tecnologia construtiva

disponível e em uso no mercado. Neste caso, “bastaria uma mudança tecnológica que reduzisse consumos, para mudar o patamar de referência do setor e provocar aumento do nível de desperdício das empresas que não adotassem tal tecnologia”.

Tabela 1 - Destino dos resíduos sólidos no Brasil em 2015 e 2016. Em toneladas/dia

ANO	ATERROS SANITÁRIOS	ATERROS CONTROLADOS	LIXÕES
2015	116.631 (58,7%)	47.942 (24,1%)	34.177 (17,2%)
2016	114.189 (58,4%)	47.315 (24,2%)	33.948 (17,4%)

Fonte: Abrelpe (2016).

A ausência de investimentos e incentivos, no que se refere à reciclagem e reaproveitamento de materiais, colabora para o aumento da geração de resíduos, e, conseqüentemente, para o aumento dos impactos (SANTOS, 2016).

Os acidentes naturais e as guerras estabelecem uma outra fonte geradora de RCD. Em 2004, um maremoto no Oceano Índico gerou uma onda gigantesca (*tsunami*), que atingiu 12 países causando a destruição de aproximadamente 400.000 casas (ONU, 2005). Mais de um ano após o terremoto que atingiu Los Angeles em janeiro de 1994, a cidade exibia uma quantidade de destroços que chegava a 3 bilhões de toneladas. As autoridades locais, trabalhando com órgãos do governo e empresários locais, adotaram a reciclagem dos RCD como medida para a solução do problema (SANTOS, 2007).

No Brasil, o dever de avaliar é ainda mais difícil, diferentemente de outros países, pois uma importante fonte na geração de RCD são os geradores informais, para os quais dados estatísticos estão indisponíveis e podem representar uma parcela importante dos RCD gerados em um município (Brasileiro; Matos, 2015).

A pesquisa de Fernandes (2004) exhibe as porcentagens das frações de cada constituinte do entulho para diferentes cidades do Brasil. A tabela 2 mostra esta informação, indicando os valores para as cidades de São Carlos, Ribeirão Preto, Salvador e Rio de Janeiro.

Tabela 2 - Composição, em porcentagem, do entulho de diversas cidades brasileiras

MATERIAL	SÃO CARLOS	SÃO PAULO	SÃO PAULO	RIBEIRÃO PRETO	SALVADOR	RIO DE JANEIRO
CONCRETO E ARGAMASSA	69	12	33	59	53	66
SOLO E AREIA	-	82	32	-	22	-
CERÂMICA	29	3	30	23	14	12
ROCHAS	1	-	-	18	5	14
OUTROS	1	3	5	-	6	8

Fonte: FERNANDES (2004)

Fica, assim, óbvio a importância socioeconômica do reaproveitamento dos resíduos sólidos. Além de trazer esses benefícios, essa prática ainda colabora com a preservação dos recursos naturais e minimiza consideravelmente os impactos ambientais (OLIVEIRA, 2014).

Tabela 3 - Recursos financeiros destinados à coleta de RSU em 2015 e 2016.

REGIÃO	2015	2016	2015	2016
	Valor total (em milhões/ano).	Valor total (em milhões/ano).	Valor per capita (em reais/mês).	Valor per capita (em reais/mês).
NORTE	685	680	3,28	3,19
NORDESTE	2152	2120	3,17	3,10
CENTRO OESTE	587	582	3,17	3,10
SUDESTE	5117	5103	4,97	4,92
SUL	1286	1274	3,67	3,61
BRASIL	9827	9759	4,00	3,95

Fonte – Abrelpe (2016).

3.1.4. Reciclagem do RCD.

De acordo com Zordan (1997) essa seria uma ocasião favorável para os produtores de agregados entrarem no mercado da reciclagem de resíduos, processando o entulho e vendendo para os próprios produtores utilizarem como agregados. A reciclagem do entulho poderia contribuir para racionalizar as reservas naturais e aumentar a produção das empresas, além do que, a administração destes resíduos se tornaria um negócio altamente lucrativo.

A grande geração de resíduos sólidos, determinada pelo acelerado processo da economia neste século, coloca como inevitável a adesão às políticas de valorização dos resíduos e sua reciclagem, nos países desenvolvidos e em amplas regiões dos países em desenvolvimento. Os processos de gestão dos resíduos em

canteiro, de sofisticação dos procedimentos de demolição, de especialização no tratamento e reutilização dos RCD, vão conformando um respeitável e sólido ramo da engenharia civil, atento à necessidade de poupar recursos que são finitos e à necessidade de não sobrecarregar a natureza com dejetos evitáveis (PINTO, 1999).

Segundo Fernandes e Amorim (2014) o estudo sobre resíduos da construção e demolição é uma questão recente no Brasil. O campo que mais utiliza estes resíduos reciclados é a pavimentação.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos segundo o CONAMA.

Classe	Origem	Tipo de material	Destinação
Classe A	São resíduos que podem ser reutilizados e reciclados como agregados na construção civil.	Proveniente de pavimentação e obras de infraestrutura (solos). Construção, demolição e reparos de edificações (alvenaria, concreto, argamassa).	Podem ser britados e reutilizados como forma de agregados na construção civil.
Classe B	Resíduos recicláveis.	Materiais tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Podem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário.
Classe C	São resíduos nos quais não se conseguiu desenvolver tecnologias para reciclagem ou sua recuperação.	Não especificado pela resolução.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados de acordo com o que a norma específica.
Classe D	São resíduos perigosos que não podem ser reciclados ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde que vem de demolições, reformas, reparos e outros.	São tintas, solventes, óleos materiais que contenham amianto ou outros produtos que danificam a saúde.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados de acordo com o que a norma específica.

Tabela: Adaptada do CONAMA 431 (2011).

A prática de reciclar segundo Valle (2004) significa “refazer o ciclo permite retomar à origem, na forma de matérias-primas, dos materiais que não se degradam facilmente e que podem ser reprocessados mantendo as características básicas.”

Sirvinskas (2013) acredita que a reciclagem vem desafiando obstáculo de ordem econômica, pois as empresas que trabalham na área ganham por tonelada, motivo pelo qual não têm qualquer interesse na reciclagem, pois obviamente isso diminuiria o faturamento do que o autor chama a “máfia do lixo”.

3.1.5. Impacto ambiental dos resíduos

De acordo com Valle (2014), as ciências limpas “procuram eliminar ou reduzir a geração dos resíduos, modificando-se o processo produtivo ou substituindo-o por outro não poluente.” Desejando realizar tal objetivo, o artigo 42 da Lei 12.305/2010 prevê a possibilidade de o Poder Público instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, preferencialmente, às iniciativas que desenvolvam produtos que gerem o mínimo de impacto em seu processo produtivo e posterior disposição final

Os impactos ambientais e econômicos são a consequência da inexistência de solução para o descarte correto e para a captação racional dos resíduos, constituindo um processo que não pode ser parado pela gestão corretiva, na qual os gestores urbanos indicam suas ações com profundo desconhecimento dos volumes reais de resíduos sólidos gerados e relacionam-se com importantes agentes do processo apenas como possíveis infratores (PINTO, 1999).

Existe uma ampla diversidade de impactos que são positivos e negativos, porém os negativos apresentam uma dificuldade quando são quantificadas a sua intensidade, e a partir disso, medidas devem ser criadas para que haja uma contrapartida aos danos causados ao meio ambiente. Veem-se exemplos de impactos negativos quando há 20 alterações na paisagem, desmatamentos, aterros, erosão, mudança na estruturação do solo, alterações em meios hídricos, remoção da vegetação e danos à fauna (SAMPAIO; BRITO, 2009).

Encontra-se três grandes disponibilidades de modelos de avaliação dos impactos ambientais. As diferenças entre estas tendências estão na consideração ou não de especificidades locais e das consequências dos impactos, nas categorias ambientais. Quando as categorias não consideram as consequências ambientais

estas são classificadas como *midpoint* ou ponto médio, e quando consideram são classificadas de *endpoint* ou ponto final. O quadro 2 apresenta algumas categorias classificadas como ponto médio ou ponto final (MOTTA, 2009).

Quadro 2 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final

CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL	
Ponto Médio	Ponto Final
Mudança climática	Qualidade do ecossistema
Acidificação	Saúde humana
Eutrofização	Uso de Recursos
Destruição da camada de ozônio	
Ecotoxicidade	
Uso do Solo	

Fonte: Adaptado de UGAYA,2008.

A produção de RCD pode ocorrer na fase do projeto ou na fase final da execução da obra, pois diversas decisões são tomadas - como tipos de materiais a serem utilizados, formato da edificação, entre outras (TELES, 2015).

3.1.6. Gestão Ambiental dos RCD

Um conjunto de problemas quanto aos RCD no Brasil, é que boa parte dos métodos construtivos é manual e sua execução se dá praticamente no canteiro de obras, que além de danificar o meio ambiente, ocasionam problemas logísticos e prejuízos financeiros (NAGALLI, 2014).

A administração dos resíduos provenientes da construção e demolição não deve ter ação corretiva, mas sim uma ação educativa, criando condições para que as empresas envolvidas na cadeia produtiva possam exercer suas responsabilidades sem produzir impactos socialmente negativos (SCHNEIDER, 2000).

No que se menciona aos resíduos gerados em canteiros de obras, a coordenação responsável requer uma compreensão do processo de construção de edifícios e as dificuldades em combinar as formas de disposição dos resíduos (BLUMENSCHHEIN, 2007).

É de obrigação dos municípios a resposta para os pequenos volumes de RCD, que geralmente são dispostos em locais inapropriados. Quanto aos grandes

volumes, devem ser definidas e licenciadas áreas para o manejo dos resíduos, cadastrando e padronizando a presença dos transportadores dos resíduos e fiscalizando as obrigações dos geradores, inclusive quanto ao desenvolvimento de projetos de gerenciamento (BRASIL, 2002).

O meio público deve conservar seu papel de agente gestor do sistema construído, criando estruturas que seja administrada adequadamente e renovando os procedimentos de informação e de fiscalização, de modo a resguardar a permanência dos novos paradigmas de gestão (PINTO; GONZALES, 2005).

Desta forma, pode-se dizer que o método de gestão de resíduos visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e programar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e estratégias (NAGALLI, 2014).

3.1.7. Aplicabilidade

Segundo Brasileiro e Matos (2015), diversos produtos podem ser produzidos utilizando o RCD como agregado de boa qualidade, permitindo que um vasto campo de materiais possa ser aproveitado em construções. Essa ação ajuda a reduzir os valores de produtos como: blocos pré-moldados, tijolos, argamassa de revestimento, entre outros materiais.

Segundo Marques Neto (2004), as principais aplicações de RCD reciclados são em pavimentação e como agregado para concreto e para argamassas. Em menor proporção, esses resíduos também são utilizados em cascalhamento, preenchimento de vazios em construções e reforço de aterros.

Zordan (2002) mostra algumas vantagens da aplicação de RCD reciclado em pavimentação:

- Menor utilização de tecnologia e com menor custo operacional;
- Economia de energia na moagem, por manter a granulometria consideravelmente graúda;
- Maior utilização de resíduos oriundos de pequenas obras e demolições que não reciclam seus resíduos no próprio canteiro;

- Maior eficiência dos RCD em relação às britas na adição com solos saprófitos.

Fica, assim, evidente a importância socioeconômica do reaproveitamento dos resíduos sólidos. Além de trazer esses benefícios, essa prática ainda colabora com a preservação dos recursos naturais e minimiza consideravelmente os impactos ambientais (OLIVEIRA, 2014).

3.2. PAVIMENTAÇÃO

Para Huang (2007), muitos dos materiais usados na pavimentação não apresentam comportamento elástico, pois sofrem deformações plásticas em cada aplicação de carga, por menores que sejam. Contudo, se a carga aplicada for pequena em relação à resistência do material e for repetida inúmeras vezes, a deformação em cada carregamento é quase inteiramente recuperável e proporcional à carga e pode ser considerada elástica.

A publicação das primeiras normas brasileiras relacionadas aos agregados reciclados de resíduo sólido da construção civil ocorreu em 2004. A ABNT publicou quatro normas que tratam desde a instalação para recebimento de resíduos da construção civil até sua aplicação em pavimentos. As normas nacionais são:

- NBR 15113 (2004): Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 (2004): Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área de reciclagem – Diretrizes para projetos, implantação e operação;
- NBR 15115 (2004): Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 (2004): Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

A norma empregada neste trabalho é a NBR 15115 (ABNT, 2004), que especifica como devem ser executados pavimentos que empregam o agregado reciclado. O ensaio de índice de suporte Califórnia é o principal critério de avaliação

para emprego dos agregados reciclados em camadas de base, sub-base e reforço do subleito.

3.2.1. Pavimentação com agregado reciclado.

No Brasil, a reciclagem da fração mineral do RCD é mais utilizada em pavimentações e como material de enchimento para aterros. O emprego em produto à base de cimento, como o concreto e argamassa, é menor. Na pavimentação os agregados de RCD podem ser empregados nas camadas de base, sub-base, reforço do subleito e no cascalhamento de vias, substituindo os agregados convencionais. O material convencional é responsável por grandes impactos ambientais, consumido cerca de 30% do mercado brasileiro de pedra britada (LEITE, 2007).

O uso do agregado reciclado em pavimentação é uma alternativa muito interessante para substituir materiais naturais, não-renováveis, principalmente para os milhares de quilômetros de vias brasileiras ainda não pavimentadas. Segundo dados do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNIT) do ano de 2005, cerca de 88% da malha rodoviária nacional não é pavimentada, perfazendo 1.414.000km. Deste montante 1.282.000km pertencem à rede municipal (COPPEAD, 2007).

No entanto, em função da variabilidade na composição, os agregados reciclados de resíduo sólido da construção civil possuem particularidades de comportamento em relação aos matérias convencionais naturais empregados na pavimentação (MOTTA e FERNANDES, 2003). As características físicas dos agregados reciclados são muito diferentes dos agregados naturais. Por exemplo, a sua porosidade é alta, o que resulta em altas porcentagens de absorção de água (ZORDAN, 2003).

De acordo com Grubba (2009) o comportamento resiliente de agregados reciclados de concreto (ARC). Para materiais semelhantes ao desta pesquisa, encontrou valores de módulo de resiliência muito próximos aos dos agregados naturais. Para um estado de tensão no centro de uma camada de base de 15 cm, obteve um módulo de aproximadamente 228 Mpa, para energia de compactação modificada.

Segundo a NBR 15.116 (ABNT, 2004e). os resíduos sólidos da construção civil classificados como classe A oriundos de áreas de reciclagem na forma de

agregados, destinados a aplicação em obras de pavimentação viária ou preparo de concreto sem função estrutural, classificados em:

- Agregado de resíduo de concreto (ARC) – É o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas;
- Agregado de resíduo misto (ARM) – É o agregado reciclado obtido do beneficiamento de resíduo classe A, composto na sua fração graúda com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

Os materiais para pavimentação estão cada vez mais escassos e de difícil acesso e exploração no meio ambiente, devido a fatores diversos, e isso pode gerar custos extras a obra e degradar a região explorada (ARAUJO; BARROSO, 2007)

No dimensionamento das camadas dos pavimentos utilizam os resultados dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia dos materiais e na prática de engenheiros experientes. Muitas vias em Belo Horizontes foram construídas pela prefeitura utilizando os agregados reciclados, apresentando em condições de tráfego semelhante com as que foram construídas com agregados convencionais. No entanto, não se pode afirmar se houve, ou não, um superdimensionamento das camadas destes pavimentos (FERNANDES, 2004).

Em Goiânia foi construída uma pista experimental, no final de 2003, utilizando na camada de base e sub-base uma mistura de agregados reciclados de RCD com solo local argiloso de comportamento laterítico, realizada através de uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Goiânia, empresas da região, Universidade Federal de Goiás e a de Brasília (OLIVEIRA, 2007).

4. METODOLOGIA

Para desenvolvimento deste trabalho, serão recolhidas amostras de resíduos de construção e demolição em obras na cidade de Porto Nacional – TO, e encaminhadas para o laboratório do ITPAC-Porto para analisá-las se suas características serão aptas para utilização no projeto.

As amostras serão separadas, classificadas e, então, encaminhadas para a moagem, sendo transformadas em agregados miúdos e graúdos, de acordo com parâmetros obtidos através de ensaios laboratoriais de caracterização para definir diâmetro máximo, granulometria e módulo de finura.

Os resíduos serão coletados de uma obra na cidade de Porto Nacional – TO, iremos coletar, e classificá-los em:

- Agregado reciclado de cerâmica;
- Agregado reciclado de concreto/argamassa;
- Agregado reciclado misturado (sem nenhuma separação).

Será feita uma comparação entre os três tipos de agregados reciclados para ver qual a influência de cada um na base e sub-base.

4.1. MATERIAIS

A camada de reforço do subleito, sub-base e base de agregado reciclado deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos segundo a ABNT NBR 15115.

- deve ser evitada a presença de madeiras, vidros, plásticos, gessos, forros, tubulações, fiações elétricas e papéis ou quaisquer materiais orgânicos ou não inertes, classificados como classe “B”, “C” e “D” pela Resolução CONAMA nº 307;
- o agregado reciclado deve apresentar curva granulométrica, obtida por meio do ensaio da ABNT NBR 7181, bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade $C_u \geq 10$ ($C_u = D_{60} / D_{10}$);
- a porcentagem que passa na peneira 0,42 mm (nº 40) deve ficar entre 10% e 40%;

os agregados reciclados devem ser classificados quanto ao tipo de emprego possível na execução de camadas de pavimentos, segundo parâmetros de Índice de Suporte Califórnia (CBR), obtidos por meio do ensaio da ABNT NBR 9895, conforme abaixo discriminado:

- material para execução de reforço de subleito: CBR \geq 12%, expansão \leq 1,0% (energia de compactação normal, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457);
- material para execução de sub-base: CBR \geq 20%, expansão \leq 1,0% (energia de compactação intermediária, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457);
- material para execução de base de pavimento: CBR \geq 60%, expansão \leq 0,5% (energia de compactação intermediária, conforme ABNT NBR 7182 e ABNT NBR 6457); é permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com N \leq 106 repetições do eixo-padrão de 80 kN no período de projeto;

No caso de materiais que não atendam às exigências da alínea anterior, estes podem ser estabilizados granulometricamente, conforme a ABNT NBR 11804, ou com adição de cimento ou cal hidratada, e neste caso ser submetidos ao ensaio de resistência à compressão simples, após 7 dias de cura, devendo apresentar resistência de no mínimo 2,1 MPa, em corpos-de-prova moldados na energia de compactação especificada.

- A porcentagem máxima admissível, em massa, para grãos de forma lamelar, obtida conforme a ABNT NBR 7809, é de 30%;
- dimensão característica máxima dos grãos: 63,5 mm (tolerância de 5% da porcentagem retida, em massa, na peneira de 63,5 mm), limitada a 2/3 da espessura da camada compactada;
- materiais indesejáveis de grupos distintos: máximo de 3% em massa;
- materiais indesejáveis de mesmo grupo: máximo de 2% em massa;
- não são permitidos materiais nocivos ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

4.2.1. Granulometria

Segundo a NBR 7217 (1987) para o ensaio de granulometria é preciso secar as amostras de ensaio em estufa, esfriar a temperatura ambiente e determinar suas massas. Próximo passo é encaixar as peneiras, apresentadas na Fig. 4, previamente limpas, colocar as amostras ou porções dela sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de camada espessa de material.

Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica. Promover a agitação mecânica do conjunto por um minuto de agitação contínua e permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grãos de amostra, e a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retirado.

A agitação da peneira deve ser feita em movimentos laterais e circulares alternados, remover o material retido na peneira para uma bandeja identificada. Escovar a tela em ambos os lados para limpar a peneira. Proceder à verificação da próxima peneira, conforme depois de acrescentar o material passante na peneira superior, até que todas as peneiras do conjunto tenham sido verificadas.

Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa seca da amostra.

Para cada uma das amostras de ensaio, calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1%. Determinar o módulo de finura, com aproximação de 0,01. O ensaio deve consignar a porcentagem média retida em cada peneira, a porcentagem média retida acumulada em cada peneira, a dimensão máxima característica e módulo de finura, a classificação do agregado.

4.2.2. Massa unitária

Segundo a NBR 45 (2006), o ensaio de massa unitária inicia pela secagem de uma amostra de volume 150% maior que o recipiente de ensaio. Em seguida, após a determinação da massa do recipiente vazio (em Kg), o mesmo é cheio com o material seco, em três camadas de 1/3 da sua altura e, em cada camada, são aplicados 25 golpes com a haste, distribuídos uniformemente.

Na primeira camada, evitar atingir o fundo do recipiente e nas demais, evitar atingir a camada inferior. Nivelar a superfície com a régua metálica, e determinar a massa do conjunto recipiente e agregado, em kg.

4.2.3. Massa específica

Segundo a NBR 52 (2003) para o ensaio de massa específica deve-se primeiramente pesar ($500,0 \pm 0,1$) g de amostra, colocar no frasco e registrar a massa do conjunto. Encher o frasco com água até próxima da marca de 500 ml. Movê-lo de forma a eliminar as bolhas de ar e depois colocá-lo em um banho mantido a temperatura constante de (21 ± 2) °C. Após 1 h, aproximadamente, completar com água até a marca de 500 cm³ e determinar a massa total com precisão de 0,1 g. Retirar o agregado miúdo do frasco e secá-lo. Esfriar à temperatura ambiente em dessecador e pesar com precisão de 0,1 g.

4.2.4. Impurezas Orgânicas

Para o ensaio de impurezas é preciso coletar a amostra de campo para poder separar cerca de 200 g do material, sempre que possível utilizar um material úmido. Preparar as soluções com quantidades suficientes para os ensaios, em locais protegidos a luz solar. Unir o agregado com a solução e deixar em repouso durante (24 ± 2) horas em um ambiente escuro, ao fim desse período, filtrar a solução e avaliar a qualidade de matéria orgânica comparando a cor da solução, e comparar com a cor padrão, anotar qual cor mais escura.

4.2.5. Absorção

A determinação da absorção do agregado reciclado de Porto Nacional que será analisada em laboratório baseado na NBR 6458 (ABNT, 2016). Analisando separadamente a absorção de cada material constituinte, utilizando-se as mesmas amostras do ensaio de massa específica dos grãos retidos na peneira 4,8mm.

4.3. MATERIAIS INDESEJAVEIS.

A porcentagem destes materiais indesejáveis deve ser investigada para a utilização do agregado reciclado em pavimentação. De acordo com a NBR 15115 (ABNT, 2004) e com a PMSP/SP ETS-001 (2003), a porcentagem máxima aceita de materiais indesejáveis de grupos distintos é de 3%, e de mesma característica, limita-se em até 2% em massa.

Para verificar se o agregado reciclado de Porto Nacional que vai ser levado ao laboratório, atenda a esta recomendação da norma, seleciona-se uma amostra acondicionada em saco plástico, com aproximadamente 11kg. Esta amostra foi separada na peneira 4,8mm e o material retido foi analisado visualmente, retirando-se por catação os indesejáveis encontrados.

O resultado obtido é apresentado em porcentagem de materiais indesejáveis em relação à massa total da amostra, ou seja, considerando-se também a parcela fina. Foi analisada também a natureza dos materiais indesejáveis que compõe o agregado reciclado estudado em laboratório.

4.3.1. Grãos passantes na peneira 4,8mm

A determinação da massa específica dos grãos de agregado reciclado que passam na peneira de 4,8mm foi realizada de acordo com a NBR 6508 (ABNT, 1984), norma utilizada para solos. Para a realização do ensaio separou-se a fração fina (menor que 4,8mm) de uma amostra acondicionada em saco plástico com aproximadamente 11kg e tomaram-se duas partes, cada uma com um pouco menos de 50g.

De acordo com a NBR 6508 (ABNT, 1984), o ensaio com o picnômetro deve ser realizado para duas amostras e os resultados obtidos devem ser expressos em g/cm^3 . A diferença da massa específica dos grãos obtida para as duas partes analisadas não pode ser maior que $0,02\text{g/cm}^3$

4.3.2. Grãos retidos na peneira 4,8mm

Para a determinação da massa específica dos grãos retidos na peneira 4,8mm baseou-se na NBR 6458 (ABNT, 1984). Esta norma prescreve o método de ensaio para grãos de pedregulhos.

O ensaio foi preparado selecionando-se duas amostras de agregado reciclado acondicionadas em saco plástico. O material retido na peneira 4,8mm foi separado e o passante descartado, obtendo-se cerca de 8kg de agregados na fração graúda. Em seguida, por análise visual e catação, dividiu-se a amostra de acordo com a natureza dos seus materiais (cimentícia, rochosa, cerâmica ou resíduos indesejáveis). Cada grupo de material obtido foi lavado na peneira 4,8mm, de forma que as partículas finais aderidas aos grãos fossem retiradas. Depois da lavagem, colocou-se separadamente cada um dos grupos em imersão em água destilada por 24 horas.

Após determinar a massa específica para cada grupo de material, a massa específica do conjunto foi calculada através de uma média ponderada. Como já havia sido analisada a composição do agregado reciclado estudado, conhecia-se a porcentagem presente de cada grupo. O resultado do ensaio é expresso em g/cm^3 .

4.3.3. Forma dos grãos

Dependendo do tipo do resíduo de construção e demolição, e dos equipamentos utilizados durante o processo de reciclagem, o agregado reciclado pode apresentar forma mais lamelar e textura mais áspera que os agregados convencionais (LIMA, 1999)

A determinação da forma será feita de acordo com a norma NBR 6954 (ABNT, 1989). Esta norma prescreve o método de determinação da forma para o material lastro-padrão utilizado em via férrea. A análise da forma é feita com um paquímetro, medindo-se comprimento (a), largura (b) e altura (c) de cada grão, classificando o material como cúbico, alongado, lamelar e alongado-lamelar. A Tabela 4.1 apresenta a relação e classificação da forma dos grãos.

Tabela 4 - classificação dos grãos conforme NBR 6954 (ABNT, 1989).

MÉDIA DAS RELAÇÕES B/A E C/B	CLASSIFICAÇÃO DA FORMA
B/A MAIOR QUE 0,5 E C/B MAIOR QUE 0,5	Cúbico
B/A MENOR QUE 0,5 E C/B MAIOR QUE 0,5	Alongado
B/A MAIOR QUE 0,5 E C/B MENOR QUE 0,5	Lamelar
B/A MENOR QUE 0,5 E C/B MENOR QUE 0,5	Alongado-lamelar

Fonte: NBR 6954 (ABNT, 1989).

Figura 2 Paquímetro digital



Fonte: Loja do Profissional (2018).

4.4. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

A compactação de um material para ser utilizado como camada constituinte de um pavimento permite aumentar a sua densificação e assim reduzir o índice de vazios. Este processo implica na melhoria de diversas propriedades, como aumento da resistência ao cisalhamento e diminuição da deformabilidade. Além disso, o aumento do contato entre os grãos torna o conjunto mais estável (DNIT, 2006; PINTO, 2000).

O ensaio de compactação pode ser realizado utilizando-se diferentes energias: normal, intermediária e modificada. Quanto maior a energia de compactação empregada, menor será o valor do teor de umidade ótima, e maior será o valor do peso específico aparente seco máximo. A escolha da energia é feita em função do uso que será dado ao material analisado.

Neste trabalho iremos realizar dois ensaios de compactação com agregados reciclados de Porto Nacional para determinar a umidade ótima.

Para a realização dos ensaios de módulo de resistência e deformação permanente vamos utilizar corpo-de-prova de 150mm de diâmetro por 300mm de altura. Analisaremos ainda as modificações na granulometria e na forma dos grãos do agregado reciclado após a compactação.

4.4.1. Determinação da umidade ótima e peso específico aparente seco máximo

O agregado reciclado analisado em laboratório será submetido ao ensaio de compactação conforme prescreve a NBR 7182 (ABNT, 1986), utilizada normalmente para solos. Como a NBR 15115 (ABNT, 2004) recomendada que para emprego em camadas de base o agregado reciclado seja compactado no mínimo na energia intermediária, realizando ensaios em laboratório de compactação empregando-se a energia intermediária e a energia modificada.

Para a realização de cada ensaio de compactação serão moldados cinco corpos-de-prova, sem reuso do material. A NBR 7182 (ABNT, 1986) indica que a curva de compactação deve ser obtida com cinco pontos, sendo dois no ramo seco, um próximo à umidade ótima e dois no ramo úmido da curva.

4.5. ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA.

O Método CBR é muito difundido no meio rodoviário. Através deste índice, expresso em porcentagem, é possível fazer o dimensionamento de pavimentos por métodos empíricos de acordo com a NBR 9895 (ABNT, 2016).

O ISC define o valor da capacidade de suporte de solos e materiais granulares empregados em pavimentação. O seguinte ensaio consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão em um corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração em material granular padrão de referência (DNIT, 2006)

A NBR 15115 (ABNT, 2004) utiliza o valor do ISC como parâmetro para emprego do agregado reciclado em pavimentações. São fixados valores mínimos de acordo com a função estrutural do material no pavimento como no trabalho onde vamos testá-los em base e sub-base.

O ISC é obtido através de uma curva onde no eixo das abscissas está a penetração e no eixo das ordenadas a respectiva pressão. Caso exista um ponto de inflexão, a curva deve ser corrigida com uma tangente até o eixo das abscissas. O valor de penetração neste ponto deve ser utilizado para a correção das medidas correspondentes às penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas.

Assim, as pressões correspondentes às penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas devem ser expressas em porcentagem em relação às pressões padrões

da brita padronizada, apresentadas no método de ensaio. O ISC empregado é o maior valor obtido em porcentagem para estas duas leituras.

Figura 3 Prensa de CBR e o pistão de aplicação de carga.



Fonte: Suporte Sondagens e investigações (2018)

5. CRONOGRAMA

Quadro 3 – Cronograma de projeto de pesquisa.

ETAPAS	Ano 2018				Ano 2019				
	AGO	SET	OUT	NOV	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
ESCOLHA DO TEMA DO PROJETO DE PESQUISA									
SELEÇÃO DO PROFESSOR ORIENTADOR									
SELEÇÃO DOS ARTIGOS PARA O PROJETO DE PESQUISA									
ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA									
ENTREGA DO PROJETO DE PESQUISA									
APRESENTAÇÃO DO PROJETO PARA BANCA EXAMINADORA									
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA									
COLETA DE DADOS									
INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS									
REDAÇÃO DO ARTIGO									
REVISÃO E ENTREGA FINAL DO TRABALHO									
APRESENTAÇÃO DO ARTIGO PARA A BANCA EXAMINADORA									

Fonte: Desenvolvida pelo Autor (2018)

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 45. **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM 52. **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004; **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181. **Análise granulométrica – Solo**. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7217. **Agregados: determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9895. **Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182. **Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457. **Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.
- ARAUJO, A. F.; BARROSO, S. H. A. **O uso da técnica de solo-cal para melhoramento das propriedades tecnológicas de um solo da região do baixo Jaguaribe no estado do Ceará**. In: SN. XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. [S.l.], 2007.
- BLUMENSCHNEIN, R. N. Manual técnico: **Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF. 2007. 48 p. 1. SEBRAE/DF - I. Título CDU 504.05
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº. 136, 17/07/2002. Seção 1, p. 95-96. 2002.
- BRASILEIRO, L. L. MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Teresina, PI, 2015.

COPPEAD. **Índices de transporte rodoviário**. Instituto de Pós-graduação e Pesquisa em Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

CEOTTO, L. H. **O desperdício na construção civil**. *Construção*. São Paulo: Pini, n. 2480, p. 12-13, ago. 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. 3ed. Rio de Janeiro, 2006.

FERNANDES, A. V. B. AMORIM, J. R. R. **Concreto sustentável aplicado na construção civil**. Aracaju v. 2, n.1, p. 79-104, 2014.

FERNANDES, C. G. **Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em pavimentação dos municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro. 2004.

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo de comportamento mecânico de um agregado reciclado de concreto para utilização na construção rodoviária**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

HUANG, Y. H. *Pavement Analysis and Design*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2007. ISBN 978-0131424739, 0131424734.

LEITE, F. C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. 185p

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. 1999. 240p. dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2004.

MOTTA, L.M.G.; FERNANDES, C. **Utilização de resíduo sólido da construção civil em pavimentação urbana**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 12., Aracaju, 2003. *Anais*. Rio de Janeiro: ABPv, 2003.

MOTTA, S. R. F. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CRÍTICA, SÍNTESE, MODELO DE POLÍTICA E GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS**, Belo Horizonte, 2009.

NAGALLI, **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Editora Oficina de Textos, 2014, 176f.

OLIVEIRA, J. C. **Indicadores de potencialidades e desempenho de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em pavimentos flexíveis**. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

OLIVEIRA, L. M. **A responsabilidade compartilhada e sua aplicação quanto à questão dos resíduos sólidos.** Curitiba, 2014.

OLIVEIRA, L. M. **A responsabilidade compartilhada e sua aplicação quanto à questão dos resíduos sólidos.** Curitiba, 2014.

PINTO, T.P.; GONZALES, J.L.R. (coord.). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Brasília, Caixa, 70 p. 2005.
PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas.** Oficina de Textos. São Paulo, 2000.

RIBEIRO, D. MOURA, L.S. PIROTE, N.S.S. **Sustentabilidade: Formas de Reaproveitar os Resíduos da Construção Civil.**v.20, n.31, p.41-45, 2016.

SAMPAIO, BRITO. **Gestão dos resíduos sólidos: desafio para as grandes cidades.** Tese (mestrado), Universidade de São Paulo, 2009.

SANTOS, M. C. S. **Panorama da situação dos resíduos de construção e demolição no município de Cruz das Almas/BA.** Cruz das Almas, 2016.

SCHNEIDER, R. R. **Sustainable Amazon: limitations and opportunities for rural development.** World bank and AMAZON. (Partnership Series 1). Brasília, 64 p. [CDROM]. 2000.

SILVA, N. R. **Diagnóstico ambiental dos resíduos de construção e demolição depositados de forma inadequada em Caruaru/PE,** Caruaru, 2017.
SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental.** 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 956p.

SOKOLOVICZ, B. C. CANTARELLI, G. M. SANTOS, S. G. M. **Gestão de resíduos da construção civil em execução de edifício de concreto armado na região noroeste do estado do rio grande do sul.** Ijuí- RS, 2017.

TELES, D. R. **Análise da geração de resíduos de construção e demolição em obras de habitações populares horizontais: Estudo de caso.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2015.

UGAYA, C. M. L. **Teaching LCA in a Mechanical Engineering Course in Brazil.** In: Engineering Education in Sustainable Development 2008 Conference, 2008, Graz
VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade ambiental: ISO 14000.** 5. ed. São Paulo: SENAC, 2004. 195p.

ZORDAN, S.E. **A UTILIZAÇÃO DO ENTULHO COMO AGREGADO, NA CONFECÇÃO DO CONCRETO.** Campinas, São Paulo, 1997.
ZORDAN, S.E. **Entulho na Indústria da Construção.** São Paulo: PCC-EPUSP, 2002.

ZORDAN, S.E. **Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos.** Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.