



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

LABORATÓRIO DE SOLOS I /UFPA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

POLYANA VASCONCELOS GONZAGA
MAT:20021059

ORIENTADORES:

SUPERVISOR: JOSÉ AFONSO GONÇALVES DE MACÊDO
ENGENHEIRO: ADEMIR MONTES FERREIRA

Campina Grande – Paraíba
Setembro de 2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA FINS DE
PAVIMENTAÇÃO

LABORATÓRIO DE SOLOS I/UFCG

Relatório de estágio supervisionado exigido para conclusão do curso de
engenharia civil e obtenção do título de engenheiro (a) Civil na Universidade Federal
de Campina grande.

Campina Grande – Paraíba
Setembro de 2007



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB



USO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA FINS DE
PAVIMENTAÇÃO

LABORATÓRIO DE SOLOS I/UFCG

Polyana Vasconcelos Gonzaga

Aluna: Polyana Vasconcelos Gonzaga

Orientador: José Afonso Gonçalves de Macêdo

Campina Grande – Paraíba Setembro de 2007

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Introdução..... | 07 |
| 2. Objetivos..... | 08 |
| 3. Revisão bibliográfica..... | 09 |
| 4. Materiais e métodos..... | 11 |
| 4.1. Coleta das amostras..... | 12 |
| 4.2. Preparação das amostras..... | 12 |
| 5. Ensaios realizados..... | 13 |
| 5.1. Compactação..... | 13 |
| 5.1.1. Aparelhagem..... | 13 |
| 5.1.2. Preparação da amostra..... | 15 |
| 5.1.3. Execução do ensaio..... | 16 |
| 5.2. Granulometria..... | 16 |
| 5.2.1. Aparelhagem..... | 16 |
| 5.2.2. Preparação da amostra..... | 16 |
| 5.2.3. Execução do ensaio..... | 16 |
| 6. Resultados e Discussões..... | 17 |
| 6.1. Compactação..... | 17 |
| 6.2. Granulometria..... | 17 |
| 7. Conclusão..... | 26 |
| 8. Bibliografia..... | 27 |
| 9. Anexos..... | 28 |

Lista de tabelas e gráficos

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1-Composição dos RCD's segundo Pinto, Soilbelman e FINEP/ITQC..... | 08 |
| Tabela 6.1-Dados para todas as faixas estudadas..... | 17 |
| Tabela 6.2- Dados obtidos no ensaio de compactação do concreto faixa B..... | 18 |
| Tabela 6.3- Dados obtidos no ensaio de compactação do concreto faixa C | 19 |
| Tabela 6.4- Dados obtidos no ensaio de compactação da cerâmica faixa B | 20 |
| Tabela 6.5- Dados obtidos no ensaio de compactação da cerâmica faixa C | 21 |
| Gráfico 1- Comportamento do concreto faixa B após compactação | 29 |
| Gráfico 2- Comportamento do concreto faixa C após compactação..... | 29 |
| Gráfico 3- Comportamento da cerâmica faixa B após compactação | 30 |
| Gráfico 4- Comportamento da cerâmica faixa C após compactação..... | 30 |
| Gráfico 5- Composição granulométrica do concreto faixa A..... | 31 |
| Gráfico 6- Composição granulométrica do concreto faixa B..... | 31 |
| Gráfico 7- Composição granulométrica do concreto faixa C..... | 32 |
| Gráfico 8- Composição granulométrica da cerâmica faixa A..... | 32 |
| Gráfico 9- Composição granulométrica da cerâmica faixa B..... | 33 |
| Gráfico 10-Composição granulométrica da cerâmica faixa C..... | 33 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 3.1- Bota fora clandestino em Hortolândia | 11 |
| Figura 4.1-Britador de mandíbulas | 12 |
| Figura 4.2- Moinho de rodas..... | 13 |
| Figura 4.3- Serie de peneiras mecânica..... | 13 |
| Figura 5.1- Molde cilíndrico..... | 14 |
| Figura 5.2-Disco espaçador..... | 14 |
| Figura 5.3- Soquete..... | 15 |

1- INTRODUÇÃO

Com o aumento da urbanização verifica-se que os resíduos sólidos têm causado graves problemas sociais e ambientais, verifica-se ainda a ausência de uma política de gestão desses resíduos, o que faz com que este problema se agrave cada vez mais. A construção civil é responsável por um grande consumo de resíduos naturais extraídos e por aproximadamente metade dos resíduos produzidos nas cidades, estes constituídos principalmente de concreto, telhas, metais, cerâmicas, madeiras, gesso, pedras, aglomerantes, areias, etc. A maior parte desses resíduos são depositados em locais inadequados, resultando com isso em grandes impactos ambientais.

“Na construção civil no brasileira a quantidade de entulho gerado é muito grande, variando de 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos”(PINTO,1999)

No intuito de minimizar e controlar a geração e disposição inadequada dos resíduos da construção e demolição (RCD's), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) regulamentou através da Resolução N°307, a gestão de resíduos da construção civil no país. O CONAMA estabeleceu então, a obrigatoriedade dos geradores de entulho (construtores) visarem primordialmente a não geração de resíduos, seguido da redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequados.

Diante dessa nova realidade que começa a se delinear, diversos estudos nacionais e internacionais têm sido conduzidos com o objetivo de determinar novas formas de reutilizar e reciclar os resíduos de construção civil.

Uma das utilizações que vem se destacado é a aplicação dos RCD's na área de pavimentação em camadas de base e sub-base. Este trabalho apresenta um estudo sobre o uso dos RCD's nos pavimentos, através de uma serie de ensaios que caracterizam se os mesmos podem ou não ser usados nas camadas de base e sub-base.

2- OBJETIVOS

Estudar a partir de literatura específica e experimental a utilização dos resíduos de construção e demolição (RCD's) em camadas de pavimentos como base e sub-base, para que se possam minimizar os impactos causados pela construção civil, bem como reduzir os custos nas obras de pavimentos.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os resíduos da construção e demolição (RCD's) são resíduos provenientes de construções, reparos, reformas e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, são geralmente conhecidos como entulhos da construção civil, e têm grande influência nos resíduos sólidos gerados nas cidades, estes são formados em sua maioria por madeiras, blocos cerâmicos, concreto, plásticos, argamassa, tubulações, etc. Na tabela 3.1 encontra-se dados sobre o desperdício segundo Pinto, Soibelman e FINEP/ITQC.

Tabela 3.1- Composição dos RCD's segundo Pinto, Soibelman e FINEP/ITQC

| MATERIAIS | PINTO | SOILBELMAN | FINEP/ITQC |
|------------------|-------|------------|------------|
| Concreto usinado | 1,5% | 13% | 9% |
| Aço | 26% | 19% | 11% |
| Blocos e tijolos | 13% | 52% | 13% |
| Cimento | 33% | 83% | 56% |
| Cal | 102% | - | 36% |
| Areia | 39% | 44% | 44% |

O mau gerenciamento desse resíduos contribui para graves problemas ambientais como poluição do solo, do lençol freático, bem como de problemas sociais causando poluição visual.

Algumas normas regulamentares vêm tentando reduzir os impactos causados pelos resíduos sólidos, no caso dos resíduos provenientes da construção civil a principal delas é a resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos, disciplinando ações necessárias para minimizar os impactos ambientais.

A busca pelo chamado desenvolvimento sustentável levou países como os EUA e a Espanha a desenvolverem programas governamentais que visando diagnosticar os setores geradores de resíduos, suas fontes, tipos e quantidades, de forma a subsidiar o aproveitamento dos mesmos através da reciclagem. Contudo,

países com pouco material primário tais como Holanda, Bélgica e Dinamarca são os que mais reciclam entulhos, atingindo percentual superior a 90 %, ainda assim precisando importar areia da Sibéria e entulhos da Inglaterra (Coelho & Chaves, 1998 apud Ciocchi, 2003)¹

No Brasil até o início da década de 1970 a disposição dos resíduos sólidos ainda era realizada a céu aberto. A falta de políticas restritivas à geração de resíduos, provocou uma produção excessiva de lixo forçando com isso o que seria o início de uma outra fase que consistiu na ênfase à recuperação e reciclagem dos materiais. A composição dos resíduos gerados no país e dispostos predominantemente nos lixões e aterros das cidades é muito diversificada. Até hoje a maioria dos municípios depositam seus resíduos em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos. Este destino inadequado provoca o entupimento e o assoreamento de cursos d'água, de bueiros e galerias sendo com isso muitas vezes causador de enchentes e degradação de áreas urbanas e principalmente causando doenças na população

No município de Campina Grande assim como em boa parte do país não existiu uma política de reutilização dos RCD's, a coleta de lixo é terceirizado e não se faz distinção entre o lixo domiciliar, hospitalar, industrial. Com uma população de aproximadamente 400 mil habitantes segundo o IBGE(2000) é crescente o consumo de bens e serviços, com isso os resíduos vêm se tornando um problema urbano. A pesquisa realizada no laboratório de solos I da Universidade Federal de Campina Grande tem com área de estudo a cidade de Campina Grande, visando à reutilização desses materiais.

A construção civil é responsável por cerca de 15 a 50% do consumo de recursos naturais extraídos, por exemplo a estimativa de consumo de agregados naturais para produzir argamassas e concretos é estimado em 1,3 toneladas/ano habitante (John,2006). Segundo Camargo (1995), ainda não existem estatísticas que informem com precisão o volume de resíduos de construção de todo o país, embora possa se afirmar que, na média, o entulho brasileiro seja composto de 64% de argamassa, 30% de componentes de vedação (tijolo maciço, tijolo furado e blocos) e 6% de outros materiais como o concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos.

Como exemplo desses resíduos apresenta-se na figura 3.1 um bota fora clandestino na cidade de Hortolândia.



Figura 3.1- Bota fora clandestino em Hortolândia

4- Materiais e Métodos

Hoje no Brasil realiza-se o reaproveitamento dos RCD's em camadas de base e sub-base de acordo com as especificações da ABNT NBR 15115/04 - resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos.

e ABNT NBR 15116 de 30 de setembro de 2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e reparo de concreto sem função estrutural. Requisitos. Esta norma estabelece os requisitos de emprego de agregados reciclados, a partir de resíduos sólidos da construção civil.

De acordo com o DNER-ES303-97 os materiais destinados à confecção da base devem apresentar algumas características quando submetidos aos ensaios (DNER- ME 054/94, DNER- ME 080/94, DNER- ME 082/94 e DNER- ME 122/94) deverão possuir composição granulométrica que satisfaça uma das faixas.

Contudo, temos ainda as especificações do Departamento Nacional de Infra-estrutura de transportes (DNIT), que também devem ser seguidas.

A utilização dos RCD's na pavimentação como base e sub-base tem como meta a redução dos custos nas obras, e ainda tem a questão de preservação dos recursos naturais.

Segundo Pinto et al. (2002) sub-base é uma camada situada entre o reforço ou a regularização do subleito e a camada de base da estrutura de um pavimento. A camada de Base é a parte da estrutura do pavimento situada imediatamente abaixo da camada de revestimento e acima da sub-base, quando existente, ou diretamente sobre o subleito. Base reciclada é uma mistura em campo de materiais de pavimentos existentes mais agregados adicionais e água. Estes materiais são espalhados, misturados e compactados formando assim a base reciclada de pavimentos. Esta pesquisa sobre o uso dos RCD's nos pavimentos teve início em obras na cidade de São Paulo em 1989.

4.1- Coleta das amostras

Para a realização deste estudo foram utilizadas amostras de cerâmica e concreto, que segundo pesquisas locais compõem grande parte dos RCD's gerados nas construções. Os RCD's utilizados nesta pesquisa foram coletados na empresa Supermix Ltda filial Campina Grande- Paraíba e em obras realizadas no próprio campus da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e correspondem ao concreto e a cerâmica respectivamente.

4.2- Preparação das amostras

Para que as amostras ficassem adequadas para a realização dos ensaios fez-se necessário que as mesmas passassem por um tratamento, com o objetivo de prepará-las. Esse tratamento constitui-se de três fases, que foram:

- ♦ Os resíduos passaram no britador;



Figura 4.1- Britador de mandíbulas

- ◆ Os resíduos passaram no moinho de rodas;



Figura 4.2- Moinho de rodas

- ◆ Os resíduos passaram na serie de peneiras.



Figura 4.3- Serie de peneira mecânica

5- Ensaio Realizados

Os ensaios realizados na fase atual da pesquisa foram compactação e granulometria.

5.1- Compactação

5.1.1- Aparelhagem

- ✓ Molde cilíndrico metálico de $15.24\text{cm} \pm 0.05\text{cm}$ de diâmetro interno e $17.78\text{cm} \pm 0.02\text{cm}$ de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com 6.08cm de altura e com o mesmo diâmetro do molde, com

entalhe inferior interno em meia espessura e na altura de 1cm; base metálica com dispositivo de fixação ao molde cilíndrico e ao cilindro complementar, de acordo com a figura abaixo;

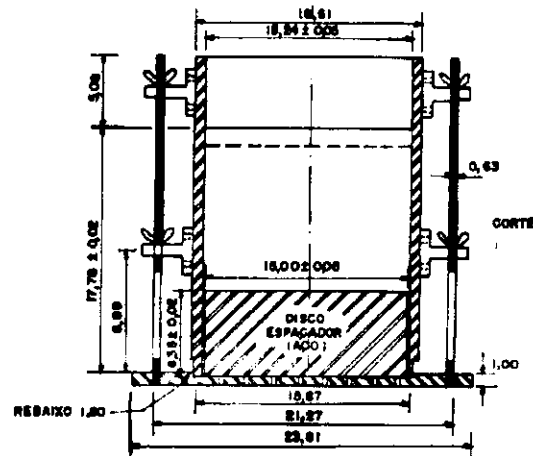


Figura 5.1- Molde cilíndrico

- ✓ Disco espaçador metálico de $15\text{cm} \pm 0,05\text{cm}$ de diâmetro e altura igual a $6,35\text{cm} \pm 0,02\text{cm}$, conforme figura XX.X;

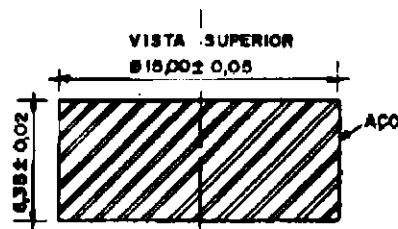


Figura 5.2 - Disco espaçador

- ✓ Soquete metálico cilíndrico, de face interior plana de diâmetro igual a $5,08\text{cm} \pm 0,01\text{cm}$, massa de $4,536\text{Kg} \pm 0,01\text{Kg}$, e com altura de queda igual a $45,72\text{cm} \pm 0,15\text{cm}$, conforme figura XX.X. A camisa cilíndrica do soquete deve possuir pelo menos 4 (quatro) orifícios de 1cm de diâmetro, em cada extremidade, separados entre si de 90 graus e aproximadamente a 20cm das extremidades;

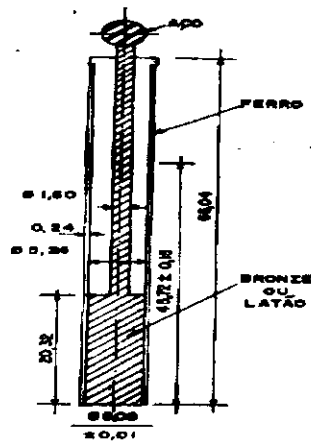


Figura 5.3 - Soquete

- ✓ Balança com capacidade de 20Kg, com sensibilidades de 1g;
- ✓ Balança com capacidade de 5Kg, com sensibilidade de 0.1g;
- ✓ Estufa capaz de manterá temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Almofariz e mão de gral recoberta de borracha, com capacidade de 5Kg;
- ✓ Régua de aço biselada, rija, de cerca de 30cm;
- ✓ Cápsulas de alumínio;
- ✓ Peneiras descritas em norma;
- ✓ Provetas graduadas de 500ml, 100ml e 300ml;
- ✓ Papel filtro circular de 15cm de diâmetro;
- ✓ Acessórios tais como bandeja, espátula, etc.

5.1.2- Preparação da amostra

A amostra de RCD's foi seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada por quarteamento até obter-se uma amostra de aproximadamente 6000g de acordo com a norma DNER-SE 303/97. A amostra representativa passa pela serie de peneiras descritas na norma supracitada para que seja formada a amostra desejada para a realização do ensaio.

5.1.3- Execução do ensaio

Fixa-se o molde à base metálica, ajusta-se o cilindro complementar e apóia-se o conjunto em base plana, resistente e firme, tal como a de um cilindro ou cubo de concreto. Compactar o material no molde com disco espaçador, como fundo falso, em cinco camadas iguais, de forma que se obter uma altura total de aproximadamente 12.5cm após compactação. Aplica-se em cada camada 56 golpes com o soquete, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. Remove-

se o cilindro, retirando com a régua o excesso do material na altura do molde e então se determina o peso do material úmido compactado mais o molde, em seguida subtrai-se o peso do molde e tem o peso do material úmido compactado.

Retira-se ainda duas amostras do corpo-de-prova cilindro que represente cerca de 250g para determinação da umidade. Pesa-se estas amostras e as leva para a estufa.

5.2- Granulometria

5.2.1- Aparelhagem

- ✓ Peneiras de 19,1;9,5;4,8;2,0;0,4;0,075mm, incluindo fundo e tampa;
- ✓ Balança com capacidade de 5Kg, sensibilidade de 0,1g;
- ✓ Estufa capaz de manter a temperatura de 105°C a 110°C;
- ✓ Almofariz e mão de gral recoberta de borracha, com capacidade de 5Kg de solo.

5.2.2- Preparação de amostra

A amostra de RCD's foi seca ao ar, de modo que a temperatura do material fique a uma temperatura ambiente, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada por quarteamento até obter-se uma amostra de aproximadamente 6000g de acordo com a norma DNER-SE 303/97. A amostra representativa passa pela serie de peneiras descritas na norma supracitada para que seja formada a amostra desejada para a realização do ensaio. Não se realizou a umidade higroscópica, visto que o material foi retirado da estufa pouco antes da realização do ensaio.

5.2.3- Execução do ensaio

Colocou-se a amostra em um recipiente, com água esfregando-a com as mãos a fim de desagregar os torrões. Verteu-se a amostra com água através das peneiras 2,0mm e 0,075mm, colocadas umas sobre as outras, tomando a precaução de remover para as peneiras com auxílio do jato da água, o material que ainda permanecer no recipiente. A peneira 2,0mm só é usada para evitar que o material de diâmetro maior sobrecarregue a peneira 0,075mm, danificando sua malha. Transfere-se novamente as frações da amostra retidas nas peneiras citadas, para o

recipiente e repete-se as operações de lavagem no recipiente e nas peneiras. até que a água de lavagem apresente-se limpa.

As fracções das amostras retidas nas peneiras 2.0 até 0.075mm foram colocadas em cápsulas de alumínio e levadas à estufa.

Este ensaio consiste em peneirar a amostra na serie de peneiras e verificar quanto fica retido em cada uma delas. para que a partir possa-se utiliza-lo de forma adequada.

6- Resultados e discussões

6.1- Compactação

Os resultados das amostras do concreto e da cerâmica faixas B e C estão descritos abaixo nas tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5, já os resultados das faixas A do concreto e da cerâmica ainda encontra-se em fase de pesquisa.

Abaixo se encontra a tabela 6.1 que possui dados utilizados para todas as faixas dos dois materiais.

Tabela 6.1- Dados para todas as faixas estudadas

| | |
|------------------------------------|------|
| Camadas | 5 |
| Golpes/Camadas | 50 |
| molde Nº | 1 |
| Volume do molde (cm ³) | 2041 |
| Peso do molde (g) | 4170 |

Em anexo encontra-se os gráficos 1, 2, 3 e 4 referentes aos resultados após compactação

Concreto

Tabela 6.2- Dados obtidos no ensaio de compactação do concreto faixa B

| umidade calculada | Ponto N° | Peso bruto úmido | Peso do solo úmido | Densidade do solo úmido | Determinação da Umidade | | | | | | | Umidade média | Densidade do solo seco | Densidade estimada |
|-------------------|----------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | Cápsula N° | Peso bruto úmido | Peso bruto seco | Peso da cápsula | Peso da água | Peso do solo seco | umidade | | | |
| % | | g | g | g/cm3 | | g | g | g | g | g | % | % | g/cm3 | g/cm3 |
| 10 | 1 | 8365 | 4195 | 2,055 | 30 | 108,9 | 101,13 | 21,04 | 7,77 | 80,09 | 9,70 | 9,76 | 1,873 | 1,869 |
| | | | | | 6 | 122,17 | 113,16 | 21,31 | 9,01 | 91,85 | 9,81 | | | |
| 12 | 2 | 8515 | 4345 | 2,129 | 34 | 97,26 | 89,6 | 22,18 | 7,66 | 67,42 | 11,36 | 11,21 | 1,914 | 1,901 |
| | | | | | 55 | 100,19 | 92,24 | 20,39 | 7,95 | 71,85 | 11,06 | | | |
| 14 | 3 | 8670 | 4500 | 2,205 | 54 | 91,44 | 83,63 | 21,43 | 7,81 | 62,2 | 12,56 | 12,57 | 1,959 | 1,934 |
| | | | | | 48 | 101,42 | 92,62 | 22,66 | 8,8 | 69,96 | 12,58 | | | |
| 15 | 4 | 8688 | 4518 | 2,214 | 49 | 87,99 | 79,51 | 22,98 | 8,48 | 56,53 | 15,00 | 15,00 | 1,925 | 1,925 |
| | | | | | 9 | 90,53 | 81,52 | 21,48 | 9,01 | 60,04 | 15,01 | | | |
| 17,5 | 5 | 8700 | 4530 | 2,220 | 21 | 80,1 | 71,79 | 21,33 | 8,31 | 50,46 | 16,47 | 16,41 | 1,907 | 1,889 |
| | | | | | 35 | 81,25 | 73,04 | 22,8 | 8,21 | 50,24 | 16,34 | | | |

O gráfico 1 obtido com os resultados da compactação do concreto encontra-se em anexo.

Tabela 6.3- Dados obtidos no ensaio de compactação do concreto faixa C

| umidade calculada | Ponto N° | Peso bruto úmido | Peso do solo úmido | Densidade do solo úmido | Determinação da Umidade | | | | | | | Umidade média | Densidade do solo seco | Densidade esperada |
|-------------------|----------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | Cápsula N° | Peso bruto úmido | Peso bruto seco | Peso da cápsula | Peso da água | Peso do solo seco | umidade | | | |
| % | | g | g | g/cm3 | | g | g | g | g | g | % | % | g/cm3 | g/cm3 |
| 10 | 1 | 8495 | 4325 | 2,119 | 3 | 81,2 | 76,27 | 21,45 | 4,93 | 54,82 | 8,99 | 8,96 | 1,945 | 1,926 |
| | | | | | 2 | 91,7 | 85,88 | 20,63 | 5,82 | 65,25 | 8,92 | | | |
| 12 | 2 | 8565 | 4395 | 2,153 | 49 | 101,42 | 94,43 | 22,95 | 6,99 | 71,48 | 9,78 | 9,80 | 1,961 | 1,923 |
| | | | | | 11 | 110,21 | 102,27 | 21,45 | 7,94 | 80,82 | 9,82 | | | |
| 14 | 3 | 8665 | 4495 | 2,202 | 57 | 77,5 | 72,06 | 21,89 | 5,44 | 50,17 | 10,84 | 10,90 | 1,986 | 1,932 |
| | | | | | 42 | 96,96 | 89,49 | 21,28 | 7,47 | 68,21 | 10,95 | | | |
| 17 | 4 | 8800 | 4630 | 2,268 | 57 | 64,05 | 58,37 | 22,1 | 5,68 | 36,27 | 15,66 | 15,68 | 1,961 | 1,939 |
| | | | | | 49 | 70,72 | 64,25 | 23,04 | 6,47 | 41,21 | 15,70 | | | |
| 20 | 5 | 8665 | 4495 | 2,202 | 33 | 53,62 | 49,31 | 20,26 | 4,31 | 29,05 | 14,84 | 14,74 | 1,919 | 1,835 |
| | | | | | 32 | 61,44 | 56,3 | 21,19 | 5,14 | 35,11 | 14,64 | | | |

O gráfico 2 obtido com os resultados da compactação do concreto encontra-se em anexo.

Cerâmica

Tabela 6.4- Dados obtidos no ensaio de compactação da cerâmica faixa B

| umidade calculada | Ponto N° | Peso bruto úmido | Peso do solo úmido | Densidade do solo úmido | Determinação da Umidade | | | | | | | Umidade média | Densidade do solo seco | Densidade estimada |
|-------------------|----------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|---------|---------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | Cápsula N° | Peso bruto úmido | Peso bruto seco | Peso da cápsula | Peso da água | Peso do solo seco | umidade | | | |
| % | | g | g | g/cm3 | | g | g | g | g | g | % | % | g/cm3 | g/cm3 |
| 8 | 1 | 7992 | 3822 | 1,873 | 23 | 80,94 | 76,4 | 21,02 | 4,54 | 55,38 | 8,20 | 8,2 | 1,731 | 1,734 |
| | | | | | 39 | 89,72 | 84,57 | 21,67 | 5,15 | 62,9 | 8,19 | | | |
| 10 | 2 | 8106 | 3936 | 1,928 | 54 | 97,53 | 90,43 | 21,43 | 7,1 | 69 | 10,29 | 10,2 | 1,750 | 1,753 |
| | | | | | 39 | 88,81 | 82,67 | 21,67 | 6,14 | 61 | 10,07 | | | |
| 12 | 3 | 7890 | 3720 | 1,823 | 71 | 78,72 | 72,82 | 21,84 | 5,9 | 50,98 | 11,57 | 11,5 | 1,634 | 1,627 |
| | | | | | 52 | 90,21 | 83,15 | 21,59 | 7,06 | 61,56 | 11,47 | | | |
| 13 | 4 | 8133 | 3963 | 1,942 | 34 | 108,88 | 99,47 | 22,18 | 9,41 | 77,29 | 12,17 | 12,2 | 1,731 | 1,718 |
| | | | | | 9 | 105,97 | 96,83 | 21,48 | 9,14 | 75,35 | 12,13 | | | |
| 15 | 5 | 8197 | 4027 | 1,973 | 35 | 97,28 | 88,58 | 22,79 | 8,7 | 65,79 | 13,22 | 13,2 | 1,743 | 1,716 |
| | | | | | 61 | 81,31 | 74,28 | 21,05 | 7,03 | 53,23 | 13,21 | | | |
| 17 | 6 | 8197 | 4027 | 1,973 | 14 | 111,91 | 100,55 | 20,51 | 11,36 | 80,04 | 14,19 | 14,0 | 1,730 | 1,686 |
| | | | | | 45 | 108,63 | 97,93 | 20,98 | 10,7 | 76,95 | 13,91 | | | |

O gráfico 3 obtido com os resultados da compactação da cerâmica encontra-se em anexo.

Tabela 6.5- Dados obtidos no ensaio de compactação da cerâmica faixa C

| umidade calculada | Ponto N° | Peso bruto úmido | Peso do solo úmido | Densidade do solo úmido | Determinação da Umidade | | | | | | | Umidade média | Densidade do solo seco | Densidade esperada |
|-------------------|----------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------------|
| | | | | | Cápsula N° | Peso bruto úmido | Peso bruto seco | Peso da cápsula | Peso da água | Peso do solo seco | umidade | | | |
| % | | g | g | g/cm3 | | g | g | g | g | g | % | % | g/cm3 | g/cm3 |
| 8 | 1 | 8067 | 3897 | 1,909 | 39 | 102,36 | 96,18 | 21,67 | 6,18 | 74,51 | 8,29 | 8,26 | 1,764 | 1,768 |
| | | | | | 32 | 103,81 | 97,53 | 21,2 | 6,28 | 76,33 | 8,23 | | | |
| 10 | 2 | 8143 | 3973 | 1,947 | 45 | 102,21 | 94,75 | 20,98 | 7,46 | 73,77 | 10,11 | 10,05 | 1,769 | 1,770 |
| | | | | | 31 | 96,39 | 89,57 | 21,32 | 6,82 | 68,25 | 9,99 | | | |
| 12 | 3 | 8197 | 4027 | 1,973 | 11 | 117,17 | 107,19 | 21,47 | 9,98 | 85,72 | 11,64 | 11,68 | 1,767 | 1,762 |
| | | | | | 9 | 107,96 | 98,89 | 21,48 | 9,07 | 77,41 | 11,72 | | | |
| 15 | 4 | 8165 | 3995 | 1,957 | 12 | 77,39 | 70,66 | 21,25 | 6,73 | 49,41 | 13,62 | 13,68 | 1,722 | 1,702 |
| | | | | | 13 | 90,84 | 82,12 | 18,64 | 8,72 | 63,48 | 13,74 | | | |
| 17 | 5 | 8165 | 3995 | 1,957 | 57 | 77,68 | 70,42 | 21,95 | 7,26 | 48,47 | 14,98 | 14,89 | 1,704 | 1,673 |
| | | | | | 36 | 78,45 | 71,09 | 21,39 | 7,36 | 49,7 | 14,81 | | | |

O gráfico 4 obtido com os resultados da compactação da cerâmica encontra-se em anexo.

De acordo com os resultados obtidos, tanto para as cerâmicas como para os concretos faixas B e C observa-se que o RCD's comportam-se de forma semelhante às amostras de solos após compactação. visto isto se percebe que o mesmo pode ser utilizado no lugar do próprio solo garantindo as propriedades desejadas, bem como um custo muito mais baixo.

6.2- Granulometria

Os resultados da análise granulométrica para as faixas A,B e C estão descritos abaixo nas tabelas 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 e 6.11.

Já os resultados apresentados nos gráficos 5, 6,7, 8,9 e 10 referentes às etapas de determinação da composição granulométrica para as faixas A, B e C utilizando para efeito de cálculo os pontos médios da curva granulométrica encontram-se em anexo.

Concreto

Tabela 6.6- Dados obtidos na análise granulométrica do concreto faixa A

| Faixa (A) | | | | | |
|-----------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa (A) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 2 | 8 | 5 | 9 | 17,5 |
| 0,42 | 8 | 20 | 14 | 13,5 | 29,8 |
| 2 | 15 | 40 | 25,7 | 12,5 | 48,9 |
| 4,75 | 25 | 55 | 40 | 49 | 66,5 |
| 9,5 | 30 | 65 | 47,5 | | 90,1 |
| 19,1 | 85 | 93 | 89 | 11 | |
| 25 | 100 | 100 | 100 | | |

Tabela 6.7- Dados obtidos na análise granulométrica do concreto faixa B

| Faixa (B) | | | | | |
|-----------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa (B) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 5 | 15 | 10 | 12,5 | 6,5 |
| 0,42 | 15 | 30 | 22,5 | 10 | 24,8 |
| 2 | 20 | 45 | 32,5 | 12,5 | 50 |
| 4,75 | 30 | 60 | 45 | 30 | 50,5 |
| 9,5 | 40 | 75 | 57,5 | | 84,7 |
| 19,1 | 62 | 85 | 75 | 25 | |
| 25 | 75 | 90 | 82,5 | | |
| 50,8 | 100 | 100 | 100 | | |

Tabela 6.8- Dados obtidos na análise granulométrica do concreto faixa C

| Faixa (C) | | | | | |
|------------------|---------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa(C) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 5 | 15 | 10 | 12,5 | 5,7 |
| 0,42 | 15 | 30 | 22,5 | 15 | 24,6 |
| 2 | 25 | 50 | 37,5 | 12,5 | 43,7 |
| 4,75 | 35 | 65 | 50 | 43,5 | 56,3 |
| 9,5 | 50 | 85 | 67,5 | | 79,1 |
| 19,1 | 90 | 97 | 93,5 | 6,5 | |
| 25 | 100 | 100 | 100 | | |

Cerâmica

Tabela 6.9- Dados obtidos na análise granulométrica da cerâmica faixa A

| Faixa (A) | | | | | |
|------------------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa (A) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 2 | 8 | 5 | 9 | 17,5 |
| 0,42 | 8 | 20 | 14 | 13,5 | 29,8 |
| 2 | 15 | 40 | 25,7 | 12,5 | 48,9 |
| 4,75 | 25 | 55 | 40 | 49 | 66,5 |
| 9,5 | 30 | 65 | 47,5 | | 90,1 |
| 19,1 | 85 | 93 | 89 | 11 | |
| 25 | 100 | 100 | 100 | | |

Tabela 6.10- Dados obtidos na análise granulométrica da cerâmica faixa B

| Faixa (B) | | | | | |
|-----------|----------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa (B) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 5 | 15 | 10 | 12,5 | 6,5 |
| 0,42 | 15 | 30 | 22,5 | 10 | 24,8 |
| 2 | 20 | 45 | 32,5 | 12,5 | 50 |
| 4,75 | 30 | 60 | 45 | 30 | 50,5 |
| 9,5 | 40 | 75 | 57,5 | | 84,7 |
| 19,1 | 62 | 85 | 75 | 25 | |
| 25 | 75 | 90 | 82,5 | | |
| 50,8 | 100 | 100 | 100 | | |

Tabela 6.11- Dados obtidos na análise granulométrica da cerâmica faixa C

| Faixa (C) | | | | | |
|-----------|---------------------|-----------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| Peneira # | Limites da Faixa(C) | | | %Passante antes da Compactação | %Passante depois da Compactação |
| | Limite Inferior | Limite Superior | média | | |
| 0,075 | 5 | 15 | 10 | 12,5 | 5,7 |
| 0,42 | 15 | 30 | 22,5 | 15 | 24,6 |
| 2 | 25 | 50 | 37,5 | 12,5 | 43,7 |
| 4,75 | 35 | 65 | 50 | 43,5 | 56,3 |
| 9,5 | 50 | 85 | 67,5 | | 79,1 |
| 19,1 | 90 | 97 | 93,5 | 6,5 | |
| 25 | 100 | 100 | 100 | | |

7- Conclusão

No presente trabalho foi realizado um estudo sobre as propriedades e características dos resíduos da construção e demolição(RCD's), seja para sua utilização em obras de engenharia em geral, ou especificamente para pavimentos. Em todo caso em que se utilizar este ou qualquer outro material deve ser feito esse tipo de estudo, pois a partir deste sabe-se onde e de que forma o mesmo será utilizado da melhor maneira possível .

No caso do nosso estudo com RCD's verificou-se apesar de algumas etapas ainda estarem em fase de pesquisa que o material vem demonstrando o comportamento esperado para que se possa dar continuidade aos ensaios para que enfim chegue-se a uma posição sobre a utilização do RCD's nos pavimentos.

Cabe a nós engenheiros perceber que a solução para evitar o esgotamento dos recursos naturais está bem à frente, e começar a nos conscientizar de que podemos e devemos utilizar materiais alternativos pois os mesmos segundo estudos vem apresentando características semelhantes aos convencionais e ainda apresentam custo bem mais baixo.

α- Referências bibliográficas

- 1- CONANA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – RESOLUÇÃO nº.307. de julho de 2002.
- 2- LEITE. H. E. A. S. Diagnostico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição no município de Campina Grande-PB. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- 3- 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. Rio de Janeiro. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE.
- 4- LIMA, F. S. N. S. Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassa. João Pessoa, 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade federal da Paraíba. UFPB.
- 5- DNER-ES 303/97- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM ES 303/97. Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro,1997.
- 6- DNER-ES 080/94 - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM.ME 080/94. Análise Granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro,1994.
- 7- DNER-ME 129/94- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. ME 129/94. Solos- Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.
- 8- PINTO, T. P. “Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana.” Tese de Doutorado, Escola politécnica da Universidade de São Paulo (PCC). São Paulo, 189p.1999.

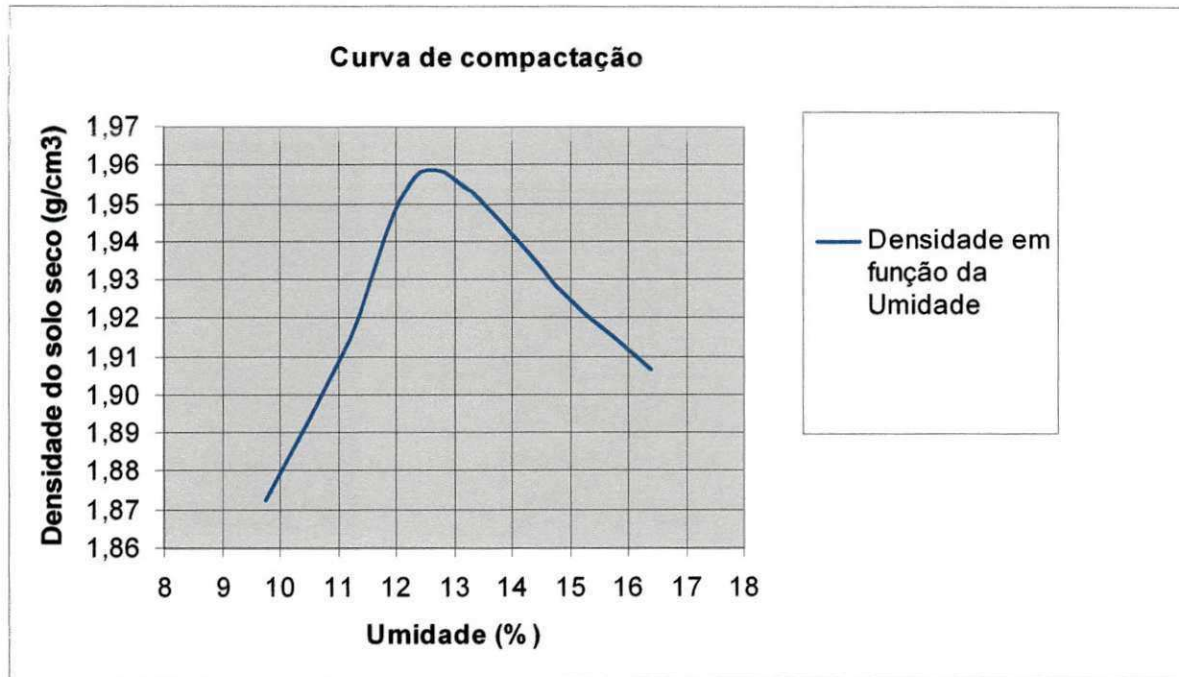
ANEXOS

COMPACTAÇÃO

CONCRETO

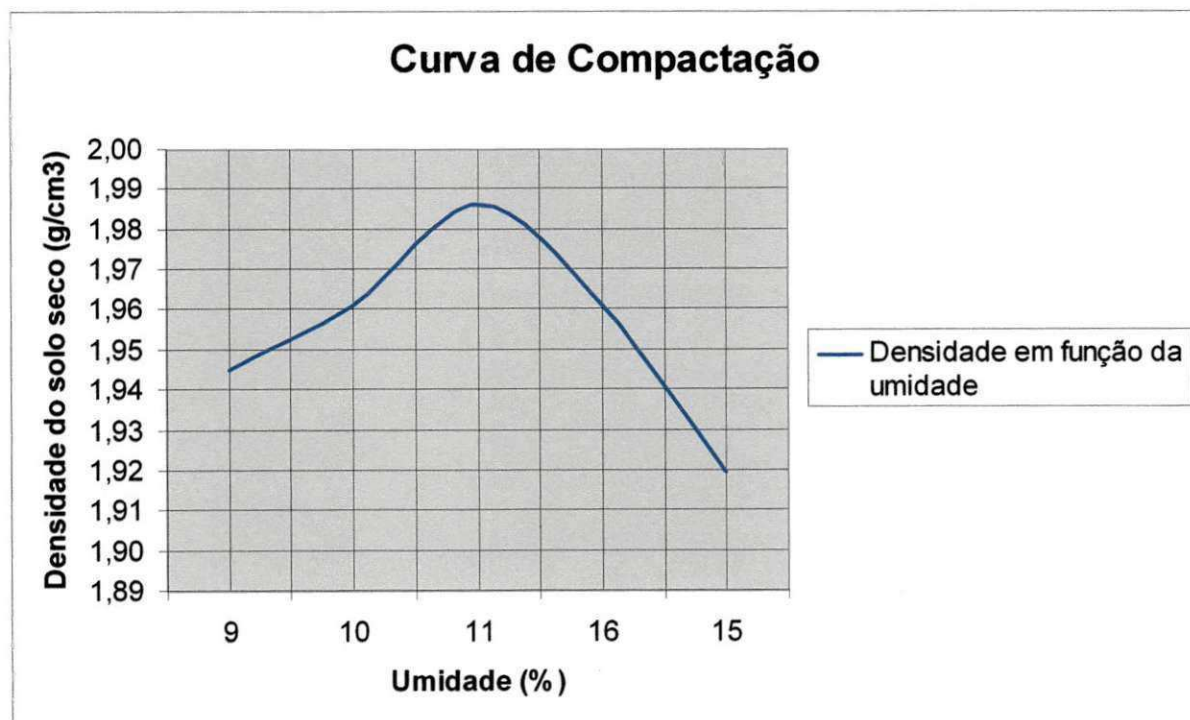
Faixa B

Gráfico 1- Comportamento do concreto faixa B após compactação



Faixa C

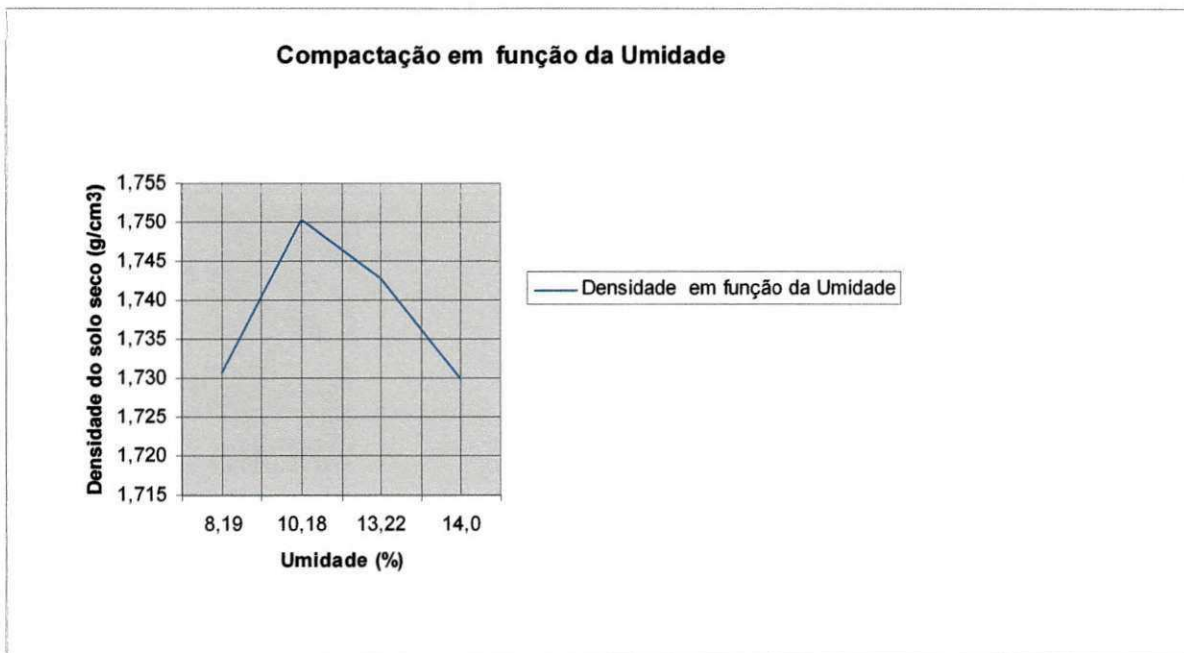
Gráfico 2- Comportamento do concreto faixa C após compactação



CFRÂMICA

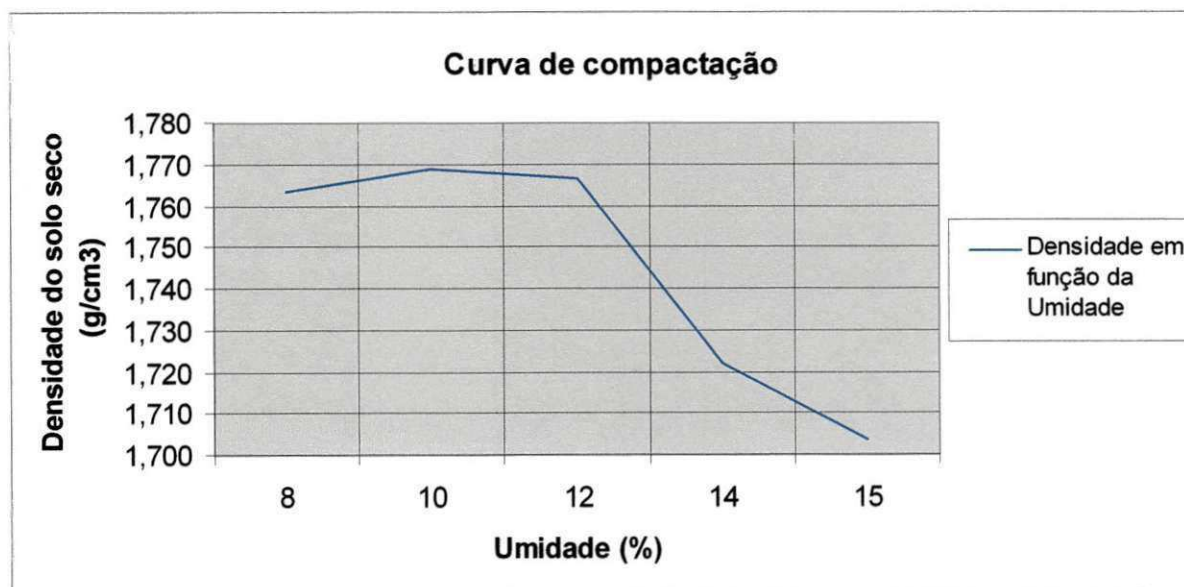
Faixa B

Gráfico 3- Comportamento da cerâmica faixa B após compactação



Faixa C

Gráfico 4- Comportamento da cerâmica faixa C após compactação

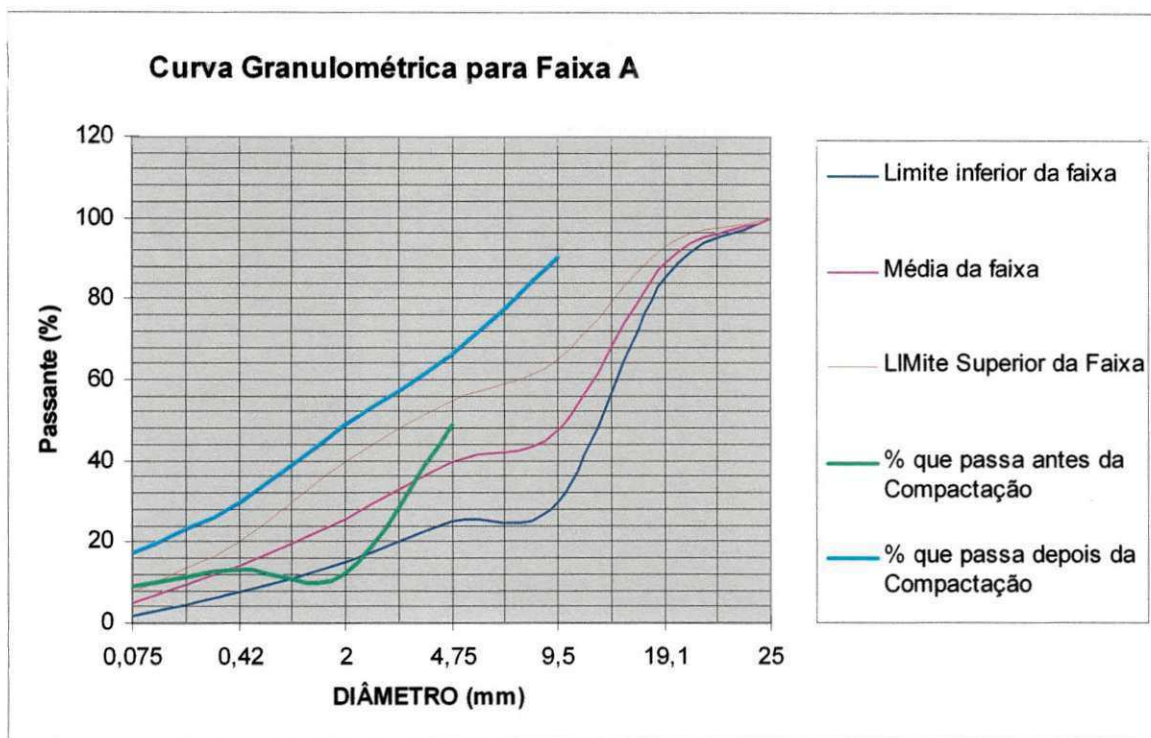


GRANULOMETRIA

CONCRETO

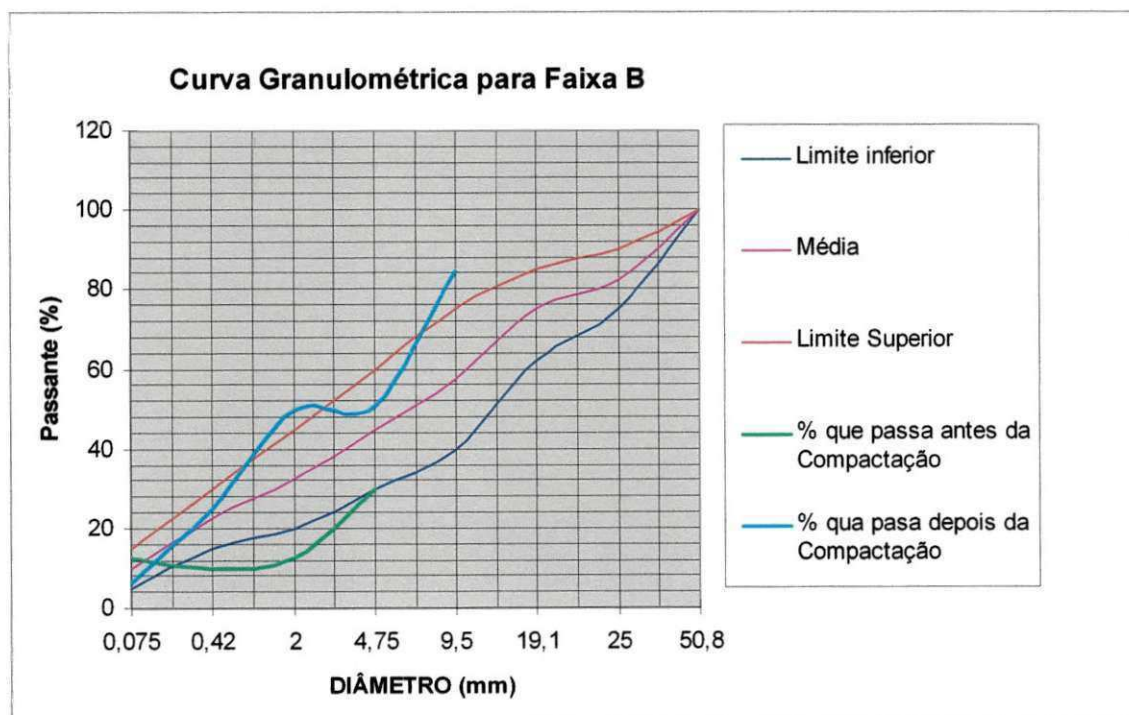
Faixa A

Gráfico 5- Composição granulométrica do concreto faixa A



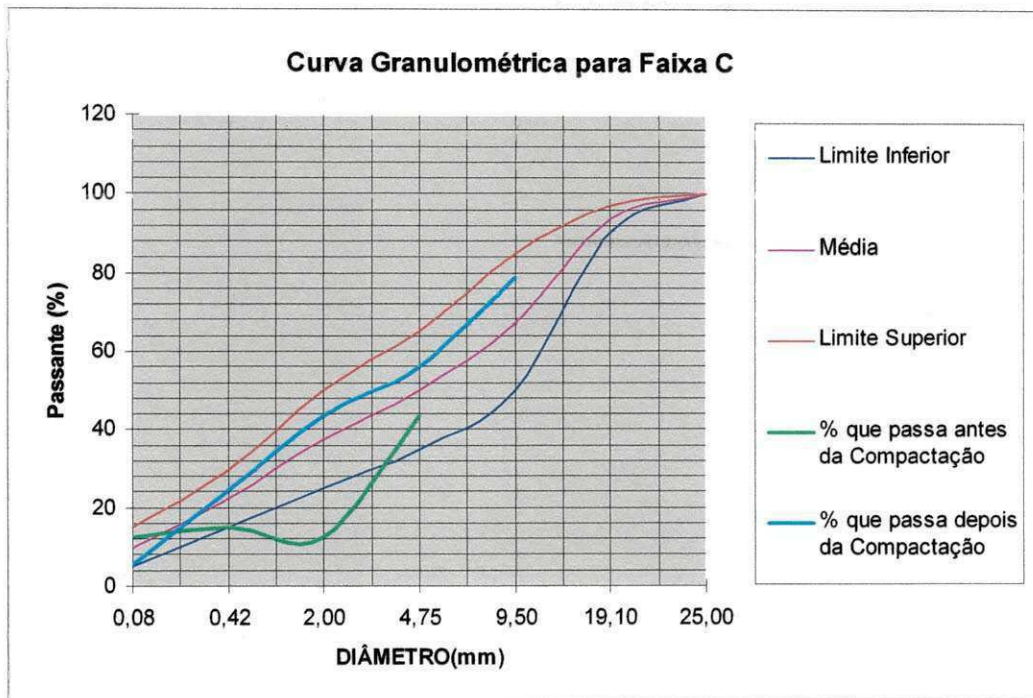
Faixa B

Gráfico 6- Composição granulométrica do concreto faixa B



Faixa C

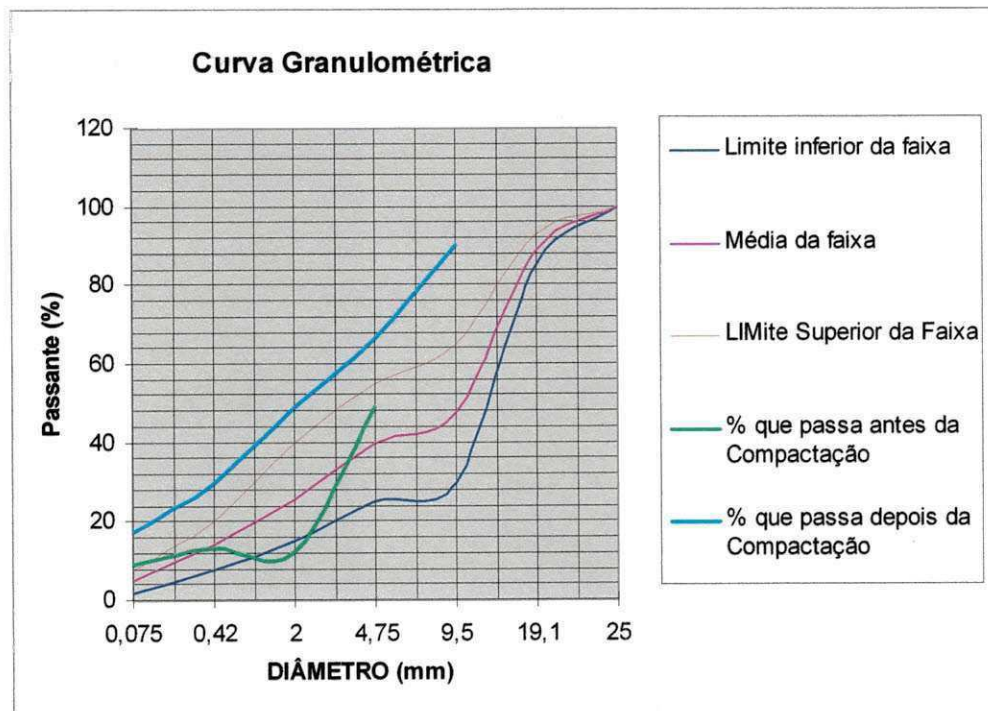
Gráfico 7- Composição granulométrica do concreto faixa C



CERÂMICA

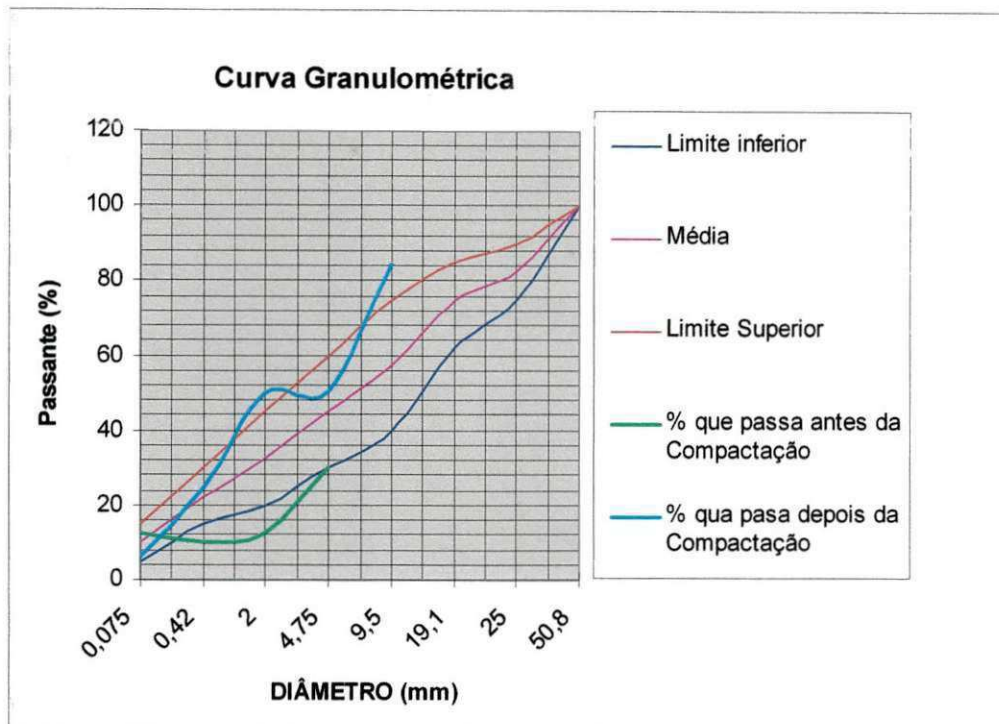
Faixa A

Gráfico 8- Composição granulométrica da cerâmica faixa A



Faixa B

Gráfico 9- Composição granulométrica da cerâmica faixa B



Faixa C

Gráfico 10- Composição granulométrica da cerâmica faixa C

