

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG
FERNANDA SCHLICKMANN MEURER

**A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS MIÚDOS
NO CONCRETO**

CASCADEL - PR

2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ - FAG
FERNANDA SCHLICKMANN MEURER

**A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS MIÚDOS
NO CONCRETO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, da Faculdade Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Esp. Andréa Resende Souza

CASCADEL - PR

2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

FERNANDA SCHLICKMANN MEURER

**A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS MIÚDOS
NO CONCRETO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob
orientação do Professor (a) Especialista Andréa Resende Souza.

BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a. **ESP. ANDRÉA RESENDE SOUZA**
Centro Universitário FAG
Especialista em Engenharia Civil.



Professora **MA. MARIA VÂNIA NOGUEIRA DO NASIMENTO PERES**
Centro Universitário FAG
Mestra em Engenharia Civil.



Professor **ESP. JEFFERSON TEIXEIRA OLEA**
Centro Universitário FAG
Especialista em Engenharia Civil.

Cascavel, 29 de outubro de 2016.

RESUMO

A utilização da areia como agregado miúdo para a composição de argamassa e concreto é indispensável, porém com a retirada indevida deste material é provocado a perda da biodiversidade, sendo a alteração dos cursos de água e assoreamento dos rios utilizados para a retirada deste agregado natural. Devido a este problema, em conjunto com o problema do descarte de resíduos da construção civil, estudou-se a substituição do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclável, sendo o primeiro traço de cimento, areia natural fina, brita 1 e água, o segundo de cimento areia natural média, brita 1 e água, o terceiro composto por cimento, areia natural grossa, brita 1 e água e o quarto de cimento, areia reciclável média, brita 1 e água, comparando seus resultados tanto do natural já comumente utilizado, quando o reciclável que poderá ser uma nova solução para problemas antigos. Foram realizados ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária para os agregados miúdos utilizados, tanto, os naturais quanto, os recicláveis. Além destes ensaios, foram moldados corpos de provas cilíndricos de 10 cm x 20 cm, para a determinação da resistência a compressão aos 28 dias, além da verificação da consistência dos mesmos. Após a realização dos testes estipulados, os resultados foram satisfatórios, e cumprindo as exigências da norma. A melhor resistência se obteve no traço que era composto por areia natural na granulometria grossa, que obteve 23,35% a mais de resistência da que menos resistiu, sendo a que apresentou menor resistência a areia reciclável, mesmo não tendo tanta resistência quanto as oriundas de fontes naturais apresentou um resultado satisfatório, porém não existe norma para a utilização da mesma para finalidade estrutural, mas ela se encaixou nas normas utilizadas para as areias convencionais. O traço que apresentou a maior consistência foi o da areia grossa natural tendo seu *slump* de 3,3 cm com 70% a mais de consistência do que a de pior consistência, sendo ele também o que apresentou a maior resistência sendo essa de 54,56 MPa com 23,35% a mais de resistência do pior resultado, ao final dos 28 dias.

Palavras Chaves: Agregado miúdo natural. Agregado miúdo reciclável. Resíduos da construção civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de cimento.....	13
Figura 2: Comparação entre forma e textura superficial dos agregados.	21
Figura 3: Ensaio normalizados da ASTM e ABNT para caracterização dos agregados.....	22
Figura 4: Tipos de areia utilizadas.....	24
Figura 5: Conjunto de peneiras sobre o agitador mecânico.....	25
Figura 6: Amostras de cada areia separadas 0,150kg.....	25
Figura 7: Picnômetro com água.....	26
Figura 8: Picnômetro com água mais amostras.	26
Figura 9: Recipiente da massa unitária.....	27
Figura 10: Recipiente da massa unitária com as amostras.	27
Figura 11: Ensaio do slump test.	29
Figura 12: Armazenamento dos corpos de prova.	31
Figura 13: Resultados massa específica.	32
Figura 14: Resultados massa unitária.	33
Figura 15: Curva granulométrica da areia fina.....	34
Figura 16: Curva granulométrica da areia média.	35
Figura 17: Curva granulométrica da areia grossa.....	35
Figura 18: Curva granulométrica da areia reciclável.....	36
Figura 19: Slump de cada traço	37
Figura 20: Média de tensão máxima (MPa) aos 28 dias dos traços.	38
Figura 21: Absorção de cada traço.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abatimento recomendável.....	16
Tabela 2: Índices de consistência do concreto em função de diferentes tipos de obras e condições de adensamento.....	16
Tabela 3: Tolerância de tempo para a ruptura.	17
Tabela 4: Classes de resistência do grupo I.....	18
Tabela 5: Classes de resistência do grupo II.	18
Tabela 6: Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.	19
Tabela 7: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregados miúdo com relação à massa do material.	19
Tabela 8: Traços empregados.	28
Tabela 9: Quantidade de materiais utilizados em cada traço.....	28
Tabela 10: Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.....	30
Tabela 11: Classes de consistência.....	37
Tabela 12: Classes de resistência de concretos estruturais.....	39

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	9
1.1 INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 JUSTIFICATIVA	10
1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
CAPÍTULO 2	12
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1.1 Concreto De Cimento Portland	12
2.1.2 Materiais Utilizados	13
2.1.2.1 Cimento	13
2.1.2.2 Areia	14
2.1.2.3 Brita	14
2.1.2.4 Água	15
2.1.3 Propriedades Importantes	15
2.1.3.1 Propriedades Do Concreto Fresco	15
2.1.3.2 Propriedades Do Concreto Endurecido	17
2.1.4 Agregado Miúdo	18
2.1.4.1 Classificação Quanto a origem	20
2.1.4.2 Classificação Quanto Ao Peso Unitário	20
2.1.5 Influência Dos Agregados Nas Propriedades Do Concreto	21
2.1.6 Ensaios De Caracterização Dos Agregados	21
CAPÍTULO 3	22
3.1 METODOLOGIA	23
3.1.1 Tipo De Estudo E Local Da Pesquisa	23
3.1.2 Caracterização Dos Materiais	23
3.1.2.1 Cimento	23
3.1.2.2 Agregado Miúdo	23
3.1.2.3 Ensaio De Granulometria	24
3.1.2.4 Massa Específica	25
3.1.2.5 Massa Unitária	26
3.1.2.6 Agregado graúdo	27
3.1.2.7 Água	28
3.1.3 Definição Do Traço	28
3.1.4 Procedimentos De Ensaio	29
3.1.4.1 Ensaio no Estado Fresco	29
3.1.4.2 Ensaios no Estado Endurecido	30
CAPÍTULO 4	32
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1.1 Massa Específica E Massa Unitária Das Areias	32
4.1.2 Granulometria das Areias	33

4.1.3	Propriedades Dos Concretos.....	37
4.1.3.1	Determinação Da Trabalhabilidade	37
4.1.3.2	Determinação Da Resistência A Compressão	38
4.1.3.3	Determinação da Absorção.....	39
CAPÍTULO 5.....		41
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
CAPÍTULO 6.....		42
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		43
APÊNDICE A – RESULTADOS ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO		46
APÊNDICE B – RESULTADOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO.....		47

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Toda atividade mineradora causa modificações ao meio ambiente, e estes são chamados de impactos ambientais, cuja definição jurídica no Brasil vem expressa na Resolução CONAMA (1986) - Conselho Nacional do Meio Ambiente. O crescimento da construção civil nas últimas décadas no país gerou um elevado consumo de matérias-primas, entre elas a areia natural, principal fonte de agregados miúdos, utilizada para confeccionar argamassas e concretos.

A areia é usada em várias partes de uma obra, desde as fundações até as coberturas passando pela estrutura, vedações e acabamentos, portanto para cada finalidade deve ser escolhido um tipo, variando entre si a granulometria e a pureza do material. No concreto em si pode ser usado a areia grossa, média ou fina, entretanto se tem algumas contra indicações referentes a cada tipo para a mistura, as areias finas podem conter um teor excessivo de material intruso pulverizado o que pode causar sérios danos à qualidade do concreto (CAMPOS,2007).

Com tanta procura e utilização da areia natural, nota-se o desgaste das jazidas próximas dos grandes centros de consumo, ocasionando o aumento da fiscalização dos órgãos do meio ambiente, devido aos impactos causados por sua extração. A atividade é causadora de grandes impactos onde muitas vezes esses são decorrentes da exploração desordenada das jazidas, causando assim graves problemas ao meio ambiente, pois agredem as calhas naturais dos rios, causando assim um aumento da vazão de água e acelerando o processo de erosão das margens. Essa erosão acaba retirando a cobertura vegetal dessas áreas tornando assim o solo estéril, sem crescimento de vegetação e consecutivamente sem possibilidade de recomposição do ambiente explorado (CAMPOS,2007).

A atual legislação vem obrigando os produtores a readequar as técnicas de gerenciamento de extração, pois caso não atendam às exigências as jazidas, podem ser interditadas, obrigando assim os grandes consumidores se adequarem ou procurarem outro material que possa suprir esta necessidade. (CONAMA,1986).

O presente trabalho tem como objetivo principal estudar a influência da granulometria da areia natural e da areia reciclada nas propriedades do concreto no estado fresco e no estado endurecido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a influência da granulometria dos agregados miúdos nas propriedades no estado fresco e endurecido de concretos convencionais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Comparar as granulometrias utilizadas para a confecção do concreto;
- Analisar as propriedades físicas das areias naturais existentes e recicladas;
- Analisar a consistência do concreto por meio do *slump test*;
- Analisar a resistência à compressão do concreto aos 28 dias.
- Absorção

1.3 JUSTIFICATIVA

O concreto na atualidade está presente em todas as obras de construção civil, em várias etapas desde a fundação. O concreto possui em sua composição, cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, além de alguns aditivos que estão sendo utilizados atualmente com intuito de melhorar suas propriedades (YAZIGI, 2009).

A granulometria do agregado miúdo é de grande importância para a mistura do concreto, pois influencia diretamente suas propriedades. A areia que é a parte dos agregados miúdos pode ser classificada como natural de rios, minas, várzeas e artificial que é um resíduo fino de pedreiras, pó de pedra e areia industrial que possui uma granulometria diferenciada do pó de pedra. Atualmente temos a areia reciclada que é proveniente de resíduos da construção civil (SOLOS RECICLAGEM DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Neste trabalho, foi realizado testes para comparar em que a granulometria do agregado miúdo interfere nas propriedades do concreto, utilizando o mesmo traço e se a areia reciclada tem o mesmo desempenho da areia natural com sua mesma faixa granulométrica.

Os dados obtidos através desta pesquisa podem contribuir com o desenvolvimento da construção civil, servindo como base para a utilização da faixa granulométrica correta para se obter a maior resistência e avaliar o desenvolvimento do novo produto lançado no mercado sendo ele a areia reciclável.

A construção civil é a área que mais geram resíduos, sendo assim necessário um estudo aprofundado destes resíduos para a reutilização dos mesmos, pois reciclando os entulhos podemos obter inúmeras vantagens, tanto econômicas quanto ambientais e de qualidade, com a reutilização destes materiais além de esvaziar os aterros, os mesmos são bem mais baratos fazendo assim uma redução dos custos nas obras, sendo que também são possíveis de atingir a mesma qualidade do material usualmente utilizado (CARAMALAC, 2012).

1.4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual o efeito da alteração da granulometria do agregado miúdo nas propriedades de trabalhabilidade e resistência do concreto?

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Foram realizados quatro tipos diferentes de traço de concreto, sendo um com areia fina, outro com areia média, outro com areia grossa e outro com areia reciclável, sendo que essa areia se encaixa na faixa granulométrica de areia média.

Para cada concreto foi realizado o ensaio de *slump test*, para determinar a trabalhabilidade e moldados 5 corpos de prova cilíndricos de (10x20 cm) para a resistência aos 28 dias e 2 em cada traço para ser feito o ensaio de absorção por imersão.

Todos os ensaios foram realizados no laboratório da FAG e os materiais foram comprados em lojas de materiais de construção.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Concreto De Cimento Portland

De todas as definições encontradas para concreto de cimento portland, todas acabam seguindo a mesma definição que se apresenta na norma correspondente.

A NBR 12655 (ABNT, 2006), define o concreto de cimento portland como material formado pela mistura homogênea de aglomerante (cimento), agregados miúdos (areia) e gráudo (pedra) e água, com ou sem a incorporação de aditivos.

Logo após a mistura o concreto deve apresentar uma plasticidade suficiente para as operações de manuseio, ou seja o devido transporte e lançamento em formas, para que possa ir adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, ocasionado pelas reações que se processam entre o aglomerante e água, porém quando adicionados aditivos podem modificar algumas características físicas e químicas (YAZIGI, 2009).

No geral, denomina-se com o nome de pasta, a mistura somente do cimento e água, e de argamassa, quando se tem nesta pasta a mistura de agregado miúdo. Por fim considera-se concreto quanto se tem a mistura de pasta mais agregado miúdo e agregado gráudo (ROMANO, 2004).

A resistência do concreto depende principalmente de três fatores relevantes, que é a resistência do agregado, a resistência da pasta e a resistência da ligação entre a pasta e o agregado. Portanto para se conseguir um conjunto com a resistência e boa compatibilidade é indispensável que seja produzido corretamente o concreto (ARAUJO, RODRIGUES E FREITAS. S/D).

Para obter um concreto de boa qualidade e que resista aos esforços provenientes de diversas condições de carregamentos, depende de algumas operações que são, a dosagem ou quantificação dos materiais, mistura dos materiais, transporte até o local, o lançamento, adensamento que serve para tornar a massa mais densa possível eliminando os vazios e o processo de cura (ARAUJO, RODRIGUES E FREITAS. S/D).

2.1.2 Materiais Utilizados

2.1.2.1 Cimento

Segundo Bauer, (2000), o cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de *clinker*, constituído basicamente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma proporção de sulfato de cálcio natural, contendo geralmente algumas adições de certas substâncias que podem modificar suas propriedades ou facilitar seu emprego.

A resistência de aderência é diretamente atribuída ao cimento. O tipo de cimento e a idade influenciam diretamente na resistência, porém essa mesma resistência pode ser prejudicada pelo excesso de água ou pela presença de elementos nocivos como: substâncias orgânicas (húmus, limo, folhas, óleo, esgoto, entre outros), sulfatos, cloretos, argila e pó (CARASEK, 1996).

O cimento Portland é classificado como um pó fino que quando se mistura à água se solidifica, quando misturado com outras matérias-primas, se transforma em concreto e argamassa. Em sua composição há o cínquer gesso e adições que formam vários tipos de cimento Portland com resistências diferentes conforme mostrado na (Figura 1).

Figura 1: Tipos de cimento.

CIMENTO PORTLAND

Tipo de Cimento	Adições	Sigla
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filler (até 5%)	CP I-S 32 CP I-S 40
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II-E 32 CP II-E 40
	Pozolana (6-14%)	CP II-Z 32
	Filler (6-10%)	CP II-F 32 CP II-F 40
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32 CP III 40
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV 32
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex.: CP III-40 RS, CP V-ARI RS	

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP, (2000).

2.1.2.2 Areia

Segundo a NBR 9935 (ABNT, 2011) areia é um agregado miúdo obtido através de processos naturais ou artificiais de desagregação de rochas, ou oriundas de processos industriais. Quando originada através de ações de agentes da natureza é classificado como areia natural, quando originada através de processos de reciclagem denomina-se areia reciclada ou quando proveniente de um processo de britagem e peneiramento chama-se de areia de britagem.

No ponto de vista geológico a areia é definida como sedimento clástico inconsolidado, de grãos quartzosos que varia do diâmetro entre 0,06 mm e 2,00 mm. (BAUER, 2000).

As areias naturais podem ter origens de rios ou seja depósitos sedimentares que são formados nos leitos de alguns rios, areias de cava que são depósitos aluvionares em fundos de valas cobertos por uma capa de solo, areia de escória de alto forno, que é granulada e é resfriada bruscamente por jato de água, fazendo com que fragmente os grãos e areias de praias e de dunas, no geral as areias de praias e dunas brasileiras não se usam para o preparo do concreto devido a sua grande finura e seu alto teor de cloreto de sódio (OLIVEIRA, 2010).

A areia reciclável é obtida através da britagem dos resíduos de concreto da construção civil e demolição sendo livre de impurezas, durável e isenta de materiais estranhos que possam vir a interferir na reação de endurecimento do cimento sendo com a dimensão máxima inferior a 4,8mm (SOLOS RECICLAGEM DA CONSTRUÇÃO, 2012).

2.1.2.3 Brita

Segundo a NBR 9935 (ABNT, 2011), pedra britada ou brita como é comumente chama é um agregado graúdo que é originado da cominuição mecânica de rocha.

A pedra é obtida em uma indústria mineirada comumente chama de pedreira, onde é feita a desintegração de uma rocha, por uma explosão controla. Após feita essa explosão, da rocha matriz são retirados grandes pedaços para serem triturados no britador, e por fim é passada em peneiras e é classificada de acordo com a granulometria, ou seja, brita 0, 1, 2, 3 (OLIVEIRA, 2010).

São indicadas para a confecção do concreto pois apresenta uma redução de custo por ser um material de custo unitário inferior ao do cimento, além de ser ter um aumento de resistência ao desgaste e aumento de resistência ao fogo do mesmo (OLIVEIRA, 2010).

A brita 1 reciclada é obtida através da britagem dos resíduos de concreto da construção civil e demolição, sendo um agregado durável e isento de materiais estranhos, sendo assim não interfere no endurecimento do cimento, é um material resistente e constituído de partículas ásperas sendo sua dimensão máxima de 6,3 mm (SOLOS RECICLAGEM DA CONSTRUÇÃO, 2012).

2.1.2.4 Água

Conforme a NBR 15900-1 (ABNT, 2009), a água disponível no abastecimento público é a água considerada adequada para uso em concreto, sendo a única que não precisa ser ensaiada.

2.1.3 Propriedades Importantes

Os procedimentos de ensaios de controle têm por finalidade verificar a uniformidade dos materiais constituintes do concreto, com relação a fase inicial da mistura já caracterizados as propriedades básicas do concreto na fase não endurecido é trabalhabilidade e consistência. Na fase do concreto endurecido é a resistência à compressão entre outras, porém a única característica que será analisada no estado endurecido será sua resistência à compressão (YAZIGI, 2009).

2.1.3.1 Propriedades Do Concreto Fresco

É chamado de concreto fresco quando ele ainda está no estado plástico, antes de começar o processo de endurecimento, as propriedades quando ainda se encontram neste estado é de maior proveito para a aplicação. Estas propriedades estão diretamente relacionadas e têm muita influência nas propriedades de quando o concreto está no estado endurecido. Algumas das propriedades encontradas no concreto endurecido são diretamente dependentes de algumas características enquanto no estado fresco.

a) Trabalhabilidade;

Define-se como trabalhabilidade as propriedades e condições que o concreto possui para ser devidamente misturado, transportado, lançado e adensado de uma maneira simples e sem perda de homogeneidade, para se obter uma mistura com a menor concentração de vazios possível (EFFTING, 2014).

Existem fatores interno e externos que afetam a trabalhabilidade os internos são a consistência, traço, granulometria e forma dos grãos, já os fatores externos se trata do tipo de mistura, o tipo de transporte utilizado, o tipo de lançamento e o tipo de adensamento (EFFTING, 2014).

b) Consistência;

A consistência influencia diretamente na trabalhabilidade, porém a consistência compreende nas características do concreto e é ligada a coesão entre os constituintes e mobilidade da massa (PORTAL DO CONCRETO).

Esta característica deve estar atendendo as dimensões da peça onde será aplicado, andando em conjunto com os seus processos utilizados tanto de lançamento quanto de adensamento. As Tabelas 1 e 2 fornecem os parâmetros a serem encaixados a consistência após ser aplicado o *slump test* (EFFTING, 2014).

Tabela 1: Abatimento recomendável.

Tipo de obra	Abatimento em cm	
	Máximo	Mínimo
Bloco sobre estaca e sapata	8	2
Viga e parede armada	10	2
Pilar de edifício	10	2
Laje maciça e nervurada	8	2

Fonte: Fonte: NBR 8953, (2015).

Tabela 2: Índices de consistência do concreto em função de diferentes tipos de obras e condições de adensamento.

Consistência	Abatimento (mm)	Tipos de obras	Condições de adensamento
Extrema/seca	0	Pré-fabricados	Condições especiais de adensamento
Muito seca	0	Grandes massas, pavimentação.	Vibração muito energética
Seca	0 - 20	Estruturas de concreto armado ou protendido	Vibração energética
Rija	20 - 50	Estruturas correntes	Vibração normal
Plástica (média)	50 - 120	Estruturas correntes, concreto bombeado	Vibração normal ou adensamento manual
Úmida	120 - 200	Estruturas correntes, paredes diafragma, sem grande responsabilidade.	Adensamento manual ou auto-adensável
Fluída	200 - 250	Concreto inadequado para qualquer uso	-

Fonte: Fonte: NBR 8953, (2015).

2.1.3.2 Propriedades Do Concreto Endurecido

O concreto no estado endurecido deve obter a resistência mecânica e durabilidade estipuladas por projeto e ao ambiente onde fica exposta. A resistência almejada em projeto deve ser considerada alguns fatores como a especificação da relação água/cimento seguir as orientações para a escolha dos agregados e o cimento especificado para a resistência e o processo desejado, além tomar os devidos cuidados ao receber o concreto, o transporte, lançamento, adensamento e cura (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. S/D).

a) Resistência à compressão

Conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996), a resistência à compressão deve ser calculada em mega Pascal, individualmente de cada corpo de prova elaborada, dividindo a carga da ruptura pela área da seção do corpo de prova. Para calcular a média de resistência individual, deve-se fazer uma média de quatro corpos de prova ensaiados na mesma idade. Esta mesma norma especifica um tempo base para o rompimento em cada idade conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Tolerância de tempo para a ruptura.

Idade de ruptura	Tolerância
24 h	± 30 min
3 dias	± 1 h
7 dias	± 2 h
28 dias	± 4 h
91 dias	± 1 dia

Fonte: NBR 7215, (1996).

De acordo com a NBR 8953 (2015), existem dois grupos de classificação do concreto segundo a resistência característica à compressão que se obtém através dos ensaios realizados com os corpos de prova conforme Tabela 4 e 5.

Tabela 4: Classes de resistência do grupo I.

Grupo I de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C10	10
C15	15
C20	20
C25	25
C30	30
C35	35
C40	40
C45	45
C50	50

Fonte: NBR 8953, (2015).

Tabela 5: Classes de resistência do grupo II.

Grupo II de resistência	Resistência característica à compressão (MPa)
C55	55
C60	60
C70	70
C80	80

Fonte: NBR 8953, (2015).

2.1.4 Agregado Miúdo

Agregados são classificados como materiais granulares, sem forma e sem volume definidos, geralmente são inertes que obtêm suas dimensões e formas adequadas para serem utilizados em obras e são classificados quanto a origem às dimensões e peso unitário (YAZIGI, 2009).

Segundo a NBR 7211 (2009), agregado miúdo são aqueles que os grãos passam na peneira de malha 4,75 mm com seus limites previamente estabelecidos conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
 NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
 NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 7211, (2009).

Essa tabela especifica os limites de distribuição granulométrica dos agregados miúdos, ou seja, as aberturas das peneiras por qual o agregado precisa passar para ser classificado como miúdo.

A areia é o agregado miúdo mais utilizado, quando é classificada como areia natural obtém três classificações como: fina, média e grossa, essa classificação se dá devido a sua granulometria, a areia reciclada também é um agregado miúdo que esta sendo utilizado esse material tem a mesma classificação conforme a sua granulometria. Porém conforme a NBR 7211 (2009), devemos nos ater na quantidade de substância nocivas que não devem ultrapassar os limites estabelecidos por esta mesma norma estes limites estão classificados conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregados miúdo com relação à massa do material.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ^a	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
		Concretos protegidos do desgaste superficial	5,0
Impurezas orgânicas ^b	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos	10 %

Fonte: NBR 7211, (2009).

2.1.4.1 Classificação Quanto a origem

Segundo Yazigi (2009), os agregados quando classificados referentes a sua origem podem ser naturais e artificiais:

- Os naturais são que são encontrados na natureza como a areia de mina, areia de rio, seixos rolados que são normalmente chamados de cascalhos e pedregulhos e podem ser utilizados conforme encontrados.
- Os artificiais são os que necessitam de algum trabalho para chegar a forma adequada para o uso como por exemplo a areia artificial que é extraída de rochas a brita também proveniente de rochas e as recicladas que são extraídas de rejeitos de construções, como calçadas e alvenarias.

2.1.4.2 Classificação Quanto Ao Peso Unitário

Segundo Yazigi (2009), a classificação quando ao peso unitário é obtida entre leves, normal e pesados.

- Os agregados classificados como leves devem ter menos de 1t/m^3 sendo eles pedras-pomes, vermiculita expandida, argila expandida, sendo que a vermiculita é um minério existente na argila que é obtida pelo aquecimento da argila que contém baixa densidade.
- Os agregados normais devem ter no máximo 1t/m^3 a 2t/m^3 sendo essas areias quartzosa, seixos, britas de gnaiss e de granito.
- Os agregados pesados geralmente são acima de 2t/m^3 que são a barita, magnetita e limonita.

Sendo que para os agregados miúdos é recomendado evitar o uso de torrões de argila, matérias carbonosas e outras substância como gravetos, mica, grânulos tenros, friáveis ou envolvidos em películas e nos agregados graúdos deve-se evitar torrões de argila e materias pulverulentos, sendo que esse tipo de agregado deve somente ser constituído por materiais resistentes e estáveis (YAZIGI, 2009).

2.1.5 Influência Dos Agregados Nas Propriedades Do Concreto

Segundo Mehta e Monteiro (1994), o conhecimento de algumas das características dos agregados é de fundamental importância para a dosagem do concreto, deve-se conhecer a porosidade a composição granulométrica, a forma e textura superficial dos agregados pois são essas características que determinam as propriedades do concreto no estado fresco. A porosidade e a composição mineralógica do agregado tem ligação direta com a sua resistência à compressão, dureza, módulo de elasticidade e sanidade, afetando assim o concreto tanto no estado fresco quanto endurecido.

Conforme Mehta e Monteiro (1994), as características dos agregados podem se divididas em três formas:

- Que dependem da exposição e fabricação: que seria o tamanho, forma e textura das partículas.
- As que dependem da porosidade: a massa específica, absorção de água, resistência, dureza, módulo de elasticidade e estabilidade de volume.
- As que dependem da composição química e mineralógica: que seria a resistência, dureza, módulo de elasticidade e substâncias deletérias presentes.

A forma e a textura superficial estão diretamente ligadas a algumas propriedades conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Comparação entre forma e textura superficial dos agregados.

	Grãos arredondados e lisos ↓	Grãos angulosos e ásperos ↓
consumo de água	MENOR	MAIOR
trabalhabilidade	MAIOR	MENOR
aderência à pasta	MENOR	MAIOR
	Ex: areias de depósitos eólicos, areias e pedregulhos de zonas marítimas e leitos de rio	Ex: agregados britados

Fonte: Mehta e Monteiro, (1994).

2.1.6 Ensaios De Caracterização Dos Agregados

Os ensaios que determinam as características dos agregados são todos normatizados e estão apresentados conforme a Figura 3.

Figura 3: Ensaios normatizados da ASTM e ABNT para caracterização dos agregados.

Característica	Importância	Nº do Método		Critério ou Assunto relacionado
		ASTM*	ABNT	
Resistência à abrasão e desintegração	Índice de qualidade do agregado; resistência ao desgaste de pisos, pavimento	ASTM C 131 ASTM C 535 ASTM C 779	NBR 6465/84	Porcentagem máxima de perda de massa Profundidade e tempo de desgaste
Resistência ao congelamento e degelo	Escamamento superficial, aspereza, perda de seção e esburacamento	ASTM C 666 ASTM C 682		Nº máximo de ciclos ou período p/ resistir ao congelamento fator durabilidade
Resistência à desintegração por sulfatos	Durabilidade sob ação do intemperismo	ASTM C 88	NBR 12695/92 NBR 12696/92 NBR 12697/92	Perda de massa, partículas danificadas
Forma da partícula e textura superficial	Trabalhabilidade do concreto fresco	ASTM C 295 ASTM D 3398	NBR 7809/83	Porcentagem máxima de partículas lamelares ou alongadas
Composição granulométrica	Trabalhabilidade do concreto fresco; economia	ASTM C 117 ASTM C 136	NBR 7217/87	Porcentagens máximas e mínima passantes em peneiras normalizadas
Massa unitária	Cálculos de dosagem; classificação	ASTM C 29	NBR 7810/83 NBR 7251/82	Massa compactada e massa no estado sólido
Massa específica	Cálculos de dosagem	ASTM C 127, agr. Miúdo ASTM C 128, agr. graúdo	NBR 9776/87 NBR 9937/87	—
Absorção e umidade superficial	Controle da qualidade do concreto	ASTM C 70 ASTM C 127 ASTM C 128 ASTM C 566	NBR 9775/87 NBR 9777/87 NBR 9937/87 NBR 9939/87	—
Resistência à compressão e à flexão	Aceitação de agregado miúdo reprovado em outros testes	ASTM C 39 ASTM C 78	NBR 7221/87	Resistência maior do que 95% da resistência obtida com areia limpa
Terminologia e definição dos constituintes	Entendimento e comunicação inequívocos	ASTM C125 ASTM C 294	NBR 9935/87 NBR 7225/82 NBR 09942/87	—
Constituintes dos agregados	Determinação do teor de materiais deletérios e orgânicos	ASTM C 40 ASTM C 87 ASTM C 117 ASTM C 123 ASTM C 142 ASTM C 295	NBR 7220/87 NBR 7221/87 NBR 7219/87 NBR 9936/87 NBR 7218/87 NBR 7389/92	Porcentagem máxima individual dos constituintes
Resistência à reatividade com álcalis e variação de volume	Sanidade contra a mudança de volume	ASTM C 227 ASTM C 289 ASTM C 295 ASTM C 342	NBR 9773/87 NBR 9774/87 NBR 7389/92 NBR 10340/88	Expansão máxima, teores de sílica e dos constituintes alcalinos

Fonte: Mehta e Monteiro, (1994).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo De Estudo E Local Da Pesquisa

Trata-se de uma análise da influência do agregado miúdo no concreto, baseando-se na NBR 7211 (2009), para tanto foi utilizado o laboratório de construção civil do Centro Universitário Assis Gurgaz que está localizado na cidade de Cascavel –PR. O material utilizado para a confecção dos corpos de prova foi comprado em lojas de materiais de construção na mesma cidade.

Trata-se de uma análise comparativa, pois foram comparados dados como consistência e resistência em cada caso específico do agregado miúdo areias (fina, média, grossa e reciclada que esta na será na faixa granulométrica média) para que possa ser determinada a real diferença entre os mesmo, os corpos de prova foram moldados conforme a NBR 5738 (2003).

As informações foram obtidas através da elaboração de corpos de provas com as três granulometrias diferentes e uma granulometria de material reciclado, sendo feito o teste na prensa para se obter a resistência e o *slump test* para se obter a trabalhabilidade.

3.1.2 Caracterização Dos Materiais

3.1.2.1 Cimento

Para a elaboração dos corpos de prova foi utilizado o cimento Portland composto com adições de filler calcário, CP II - Z, que foi comprado em lojas de materiais de construção na cidade de Cascavel, esse material vem em sacos de 50 kg.

3.1.2.2 Agregado Miúdo

Foram confeccionados 7 corpos de prova para cada traço sendo alterado somente o agregado miúdo de cada um, no primeiro foi com a areia natural fina com a granulometria de 0,06 mm e 0,2 mm, no segundo foi utilizado a areia média que varia de 0,2 mm a 0,6 mm, no terceiro a areia grossa que varia de 0,6 mm e 2,0 mm e no quarto foi utilizado a areia

reciclada que se encaixa na granulometria da areia média que varia de 0,2 mm a 0,6 mm, conforme a Figura 4.

As areias naturais foram compradas em lojas de materiais de construção, na cidade de Cascavel, e a areia reciclada será disponibilizada pela única empresa da cidade que a produz a empresa é a Future reciclagem inteligente.

Figura 4: Tipos de areia utilizadas.



Fonte: Autor, (2016).

3.1.2.3 Ensaio De Granulometria

Para a definição do agregado miúdo foi realizado o ensaio de granulometria NBR NM 248 (2003), onde é definido os materiais a serem utilizados e passo a passo dos procedimentos a serem realizados.

O ensaio foi realizado para os 4 tipos de areias analisadas, sendo apresentados através de tabelas e de gráficos contendo a curva granulométrica de cada material.

As peneiras que são utilizadas para o ensaio já estavam previamente limpas, sendo elas preparadas obedecendo a série normal, formando assim um único conjunto de peneiras, sendo colocadas com a abertura da malha em ordem crescente de sua base para o topo conforme a Figura 5, sendo as mesmas colocadas sobre o agitador mecânico. Nenhuma das areias analisadas apresentou quantidade significativa de materiais pulverulentos assim não sendo necessário a realização do ensaio indicado conforme a NBR NM 46 (2003), e também não apresentava quantidade significativa de impurezas orgânicas também não sendo

necessário o ensaio prescrito na NBR NM 49 (2003). Todas as areias analisadas foram deixadas por 10 min no agitador mecânico.

Figura 5: Conjunto de peneiras sobre o agitador mecânico.

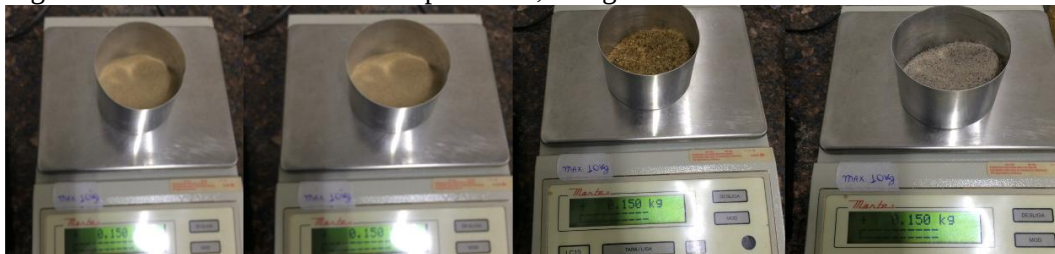


Fonte: Autor, (2016).

3.1.2.4 Massa Específica

O ensaio realizado para a determinação da massa específica foi feito com o picnômetro, foram realizados os seguintes passos com cada uma das areias utilizadas: foram separadas amostras de 0,150 kg conforme a Figura 6. Sendo que cada amostra separada já estava previamente seca em estufa.

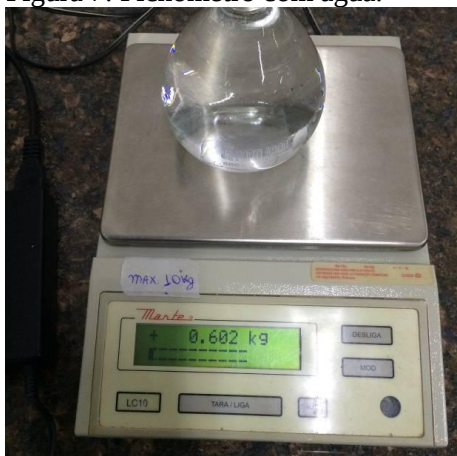
Figura 6: Amostras de cada areia separadas 0,150kg.



Fonte: Autor, (2016).

Após as amostras separadas, foi pesado o picnômetro completamente cheio com água, conforme Figura 7. Pesado o frasco somente com água, foi adicionado as amostras separadas de cada areia e completado novamente com água, pesando-os novamente conforme a Figura 8.

Figura 7: Picnômetro com água.



Fonte: Autor, (2016).

Figura 8: Picnômetro com água mais amostras.



Fonte: Autor, (2016).

Após a pesagem, a massa específica é dada pela Equação 1.

$$\delta = \frac{A}{PA - (PCAEA - A)}$$

Onde:

δ = massa específica;

A = massa da amostra de areia;

PA = massa do picnômetro com água;

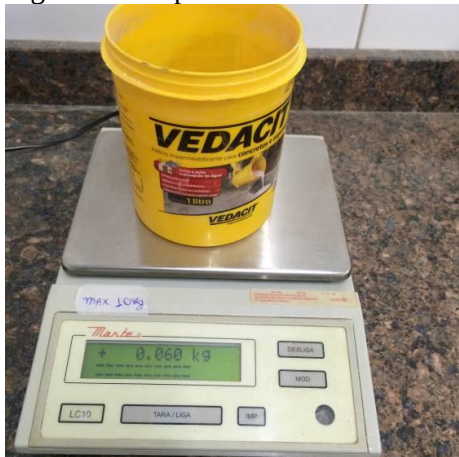
PCAEA = massa do picnômetro com água e areia.

3.1.2.5 Massa Unitária

A massa unitária foi feita conforme a NBR NM 45 (2006), sendo que deve-se utilizar um recipiente com volume conhecido, no caso utilizado um balde com 1 litro de volume,

Figura 9, e completado o balde com areia, até a marca de um litro, sem que houvesse compactação do material, Figura 10. A massa unitária é então determinada pela Equação 2.

Figura 9: Recipiente da massa unitária.



Fonte: Autor, (2016).

Figura 10: Recipiente da massa unitária com as amostras.



Fonte: Autor, (2016).

$$\gamma = \frac{Mra - Mr}{Vr}$$

Onde:

γ = massa unitária;

Mra = massa do recipiente com areia;

Mr = massa do recipiente;

Vr = volume do recipiente.

3.1.2.6 Agregado graúdo

Foi utilizado somente um tipo de brita, sendo ela, natural proveniente da rocha basalto, comprada em lojas de materiais de construção civil. A brita possui sua granulometria

especificada na compra, sendo que neste trabalho foi utilizado somente a brita 1, para a confecção de todos os copos de provas.

3.1.2.7 Água

Na confecção dos corpos de prova não foram utilizados nenhum tipo de aditivo, somente água natural fornecida pela rede de abastecimento da cidade.

3.1.3 Definição Do Traço

Para a confecção dos corpos de prova foi definido apenas um traço, alterando somente o agregado miúdo de cada traço. Para obtenção dos resultados foram substituídas a areia conforme Tabela 8.

Tabela 8: Traços empregados.

Traço	Agregado miúdo	Quantidades	Materiais
Traço I	Areia fina	1:1,13:1,99:0,33	(Cimento: areia natural fina: brita 1: água)
Traço II	Areia média	1:1,13:1,99:0,33	(Cimento: areia natural média: brita 1: água)
Traço III	Areia Grossa	1:1,13:1,99:0,33	(Cimento: areia natural grossa: brita 1: água)
Traço IV	Areia reciclável	1:1,13:1,99:0,33	(Cimento: areia reciclável: brita 1: água)

Fonte: Autor,(2016).

Através da determinação da massa específica, foi calculado a quantidade de material a ser usado em cada traço, essa quantidade é feita em relação ao cimento, sendo calculado o volume de cada corpo de prova e multiplicado pela quantidade de corpos de prova para cada traço, o volume total fabricado foi de 11,2L ou seja 0,0112m³ de concreto para cada traço, conforme Tabela 9.

Tabela 9: Quantidade de materiais utilizados em cada traço.

Tipo da Areia	Cimento (KG)	Areia (KG)	Brita (KG)	Água (L)
Fina	6,31	7,13	12,56	2,08
Média	6,28	7,10	12,50	2,07
Grossa	6,31	7,13	12,56	2,08
Reciclável	6,48	7,32	12,89	2,14

Fonte: Autor, (2016).

3.1.4 Procedimentos De Ensaio

3.1.4.1 Ensaio no Estado Fresco

A determinação da trabalhabilidade de cada traço foi feita conforme a NBR NM 67 (1998), através do *slump test*.

Foi umedecido o molde feito de metal e a placa de base sendo usada de apoio do molde e colocar o molde sobre a placa de base. Durante o preenchimento do molde com o concreto de ensaio, foi posicionado com os pés sobre suas aletas, de forma a mantê-lo estável. Sendo preenchido rapidamente o molde com o concreto, em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado conforme a Figura 11.

Com a haste de adensamento foi assim compactado cada camada com 25 golpes, de maneira uniforme sobre cada camada, para retirar o molde do concreto, após terminado essa etapa foi retirado o molde cuidadosamente na direção vertical, esse procedimento de retirada do molde foi realizado entre 5 s a 10 s. A operação completa, desde o início de preenchimento do molde com o concreto até sua retirada, foi realizada sem interrupções e completou-se em um intervalo de 15,0s.

Figura 11: Ensaio do slump test.



Fonte: Autor, (2016).

Após a retirada do molde, foi medido o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo-de-prova desmoldado.

3.1.4.2 Ensaios no Estado Endurecido

Para determinar a resistência dos corpos de prova eles foram moldados, curados na cura úmida e rompidos conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003), os rompimentos foram feitos aos 28 dias.

Foi realizada a preparação dos moldes sendo assim os moldes e suas bases foram revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral. Sendo utilizada uma superfície de apoio dos moldes rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que possam modificar a forma e as propriedades do concreto dos corpos de prova durante sua moldagem.

Seguindo a orientação da NBR 5738 (2003) foi colocado dentro dos moldes no tamanho de (10x20 cm) o número de camadas correspondentes a determinação da Tabela 10.

Tabela 10: Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.

Tabela 1 - Número de camadas para moldagem dos corpos-de-prova ¹⁾

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	--	--

¹⁾ Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

Fonte: NBR 5738,(2003).

Durante as primeiras 24 horas, todos os corpos de prova foram armazenados em um local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto. Os corpos de prova após cumprido o período de cura inicial, ou seja, as 24 horas passaram pela desforma e foram submetidos a cura úmida. Antes de serem armazenados, os corpos de prova foram identificados com uma etiqueta contendo seu traço, data e hora da montagem, conforme Figura 12.

Ao final dos 28 dias de cura úmida 20 corpos de prova foram retificação conforme a para que sua base ficasse lisa sem irregularidades e realizados o ensaio de resistência à compressão, sendo 5 corpos de prova para cada traço.

Figura 12: Armazenamento dos corpos de prova.



Fonte: Autor, (2016).

Ao fim dos 28 dias 2 corpos de prova de cada traço sendo assim um total de 8, foram submetidos ao ensaio de absorção do concreto conforme a NBR 9778 (1987), que consiste em aos 28 dias de cura dos corpos de prova coloca-los 24 horas imersos em um recipiente com água e pesar, após isso deixar 24 horas na estufa e pesar novamente, esse procedimento é utilizado para determinar a quantidade de água que o concreto absorve, conforme Equação 3.

$$A = \frac{Msat - Ms}{Ms} \times 100$$

Onde:

A = absorção do concreto;

Msat = massa saturada do corpo de prova;

Ms = massa seca em estufa do corpo de prova.

CAPÍTULO 4

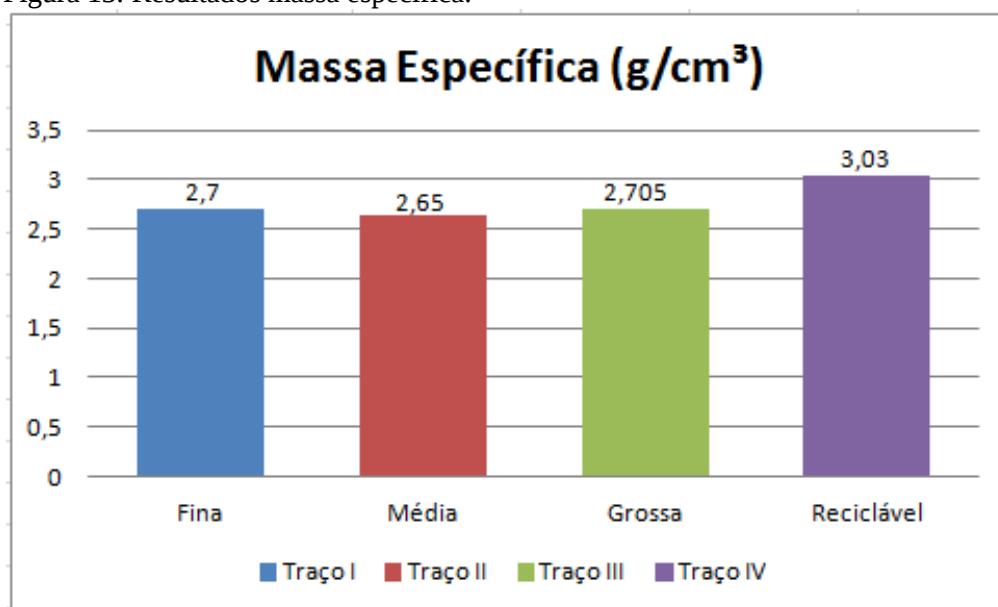
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As informações apresentadas são a partir de uma análise comparativa de traços para o concreto, somente tendo como sua alteração o agregado miúdo da mistura, para assim relacionar os resultados encontrados com as informações resistentes na literatura juntamente com o conhecimento adquirido ao desenvolver deste trabalho.

4.1.1 Massa Específica E Massa Unitária Das Areias

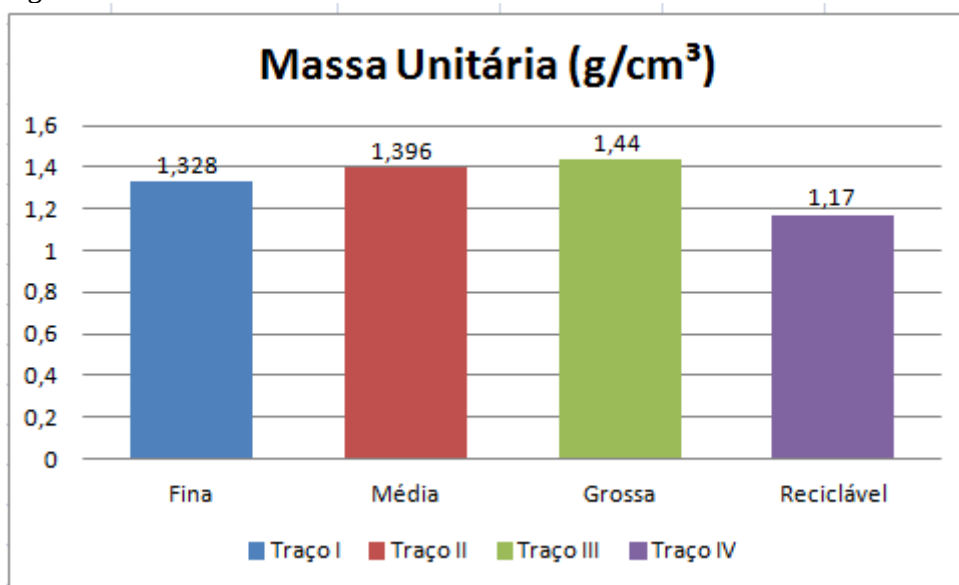
Através dos ensaios realizados de massa específica e massa unitária, obteve-se os resultados conforme a Figura 13 e Figura 14.

Figura 13: Resultados massa específica.



Fonte: Autor,(2016).

Figura 14: Resultados massa unitária.



Fonte: Autor,(2016).

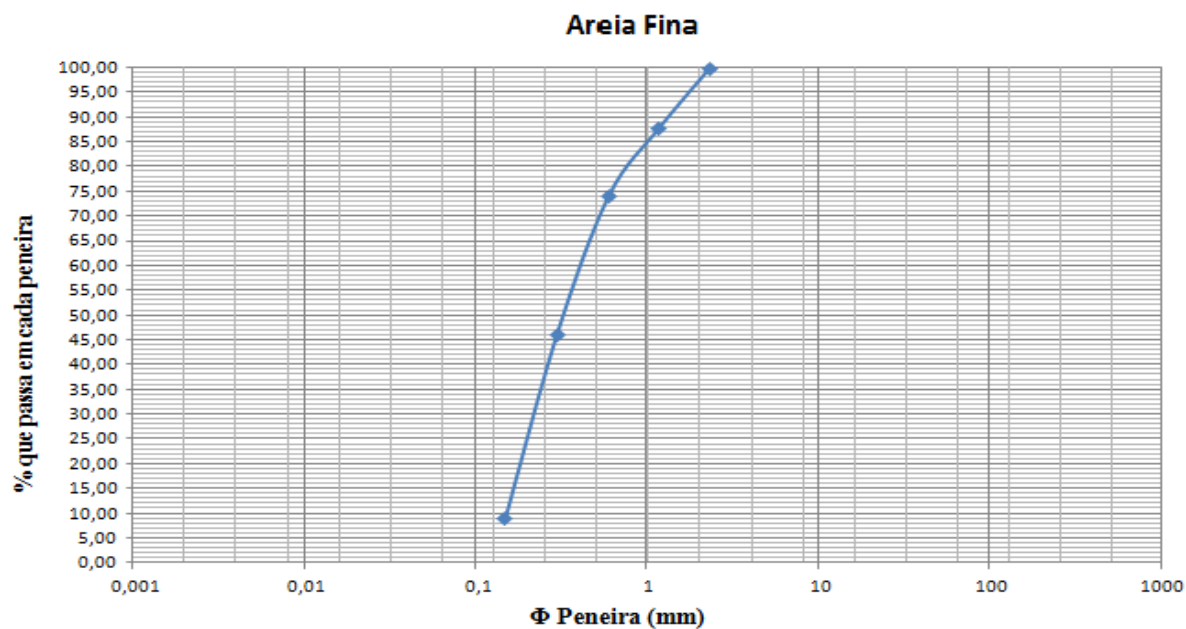
Observa-se que a maior massa específica obtida é a da areia reciclável sendo de $3,03\text{g/cm}^3$ e sua massa unitária é de $1,17\text{g/cm}^3$, a areia grossa é a que obteve a segunda maior massa específica sendo de $2,705\text{g/cm}^3$ e sua massa unitária obteve $1,44\text{g/cm}^3$ sendo a areia grossa apresentando a maior massa unitária, a areia fina foi a terceira tendo sua massa específica de $2,7\text{g/cm}^3$ e sua massa unitária de $1,328\text{g/cm}^3$ a última foi a areia média apresentando massa específica de $2,65\text{g/cm}^3$ e massa unitária de $1,396\text{g/cm}^3$.

A areia reciclável apresenta poucas diferenças comparando-a com a areia natural, sendo essa diferença não muito significativa na quantidade dos materiais para a confecção dos traços de concreto.

4.1.2 Granulometria das Areias

Com o ensaio de granulometria realizado para a areia natural fina obteve-se o resultado conforme a Figura 15.

Figura 15: Curva granulométrica da areia fina

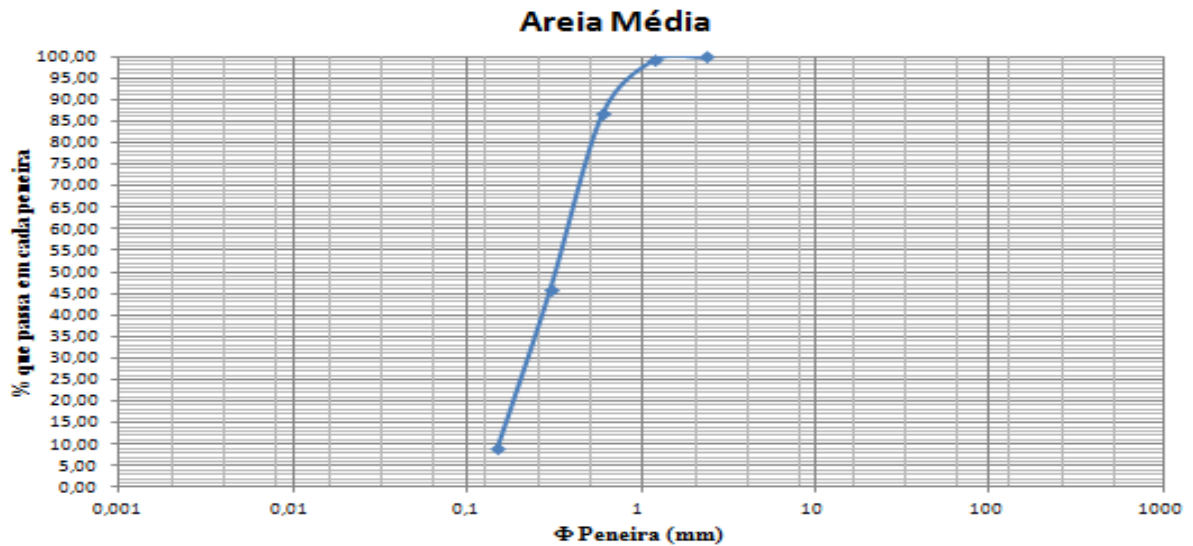


Fonte: Autor, (2016).

O ensaio realizado na areia natural com a granulometria fina obteve a maior parte do material retido na peneira de 0,15 mm sendo um total de 407g, de uma amostra de 1100g, sendo um total de 37% da amostra retido nessa peneira, a peneira que menos reteve o material foi a de 1,18 mm, retendo apenas 135g da amostra, ficando retida nessa peneira um total de 12,72% . E seu módulo de finura é de 0,908.

A segunda areia analisada foi a areia natural com a granulometria média conforme Figura 16.

Figura 16: Curva granulométrica da areia média.

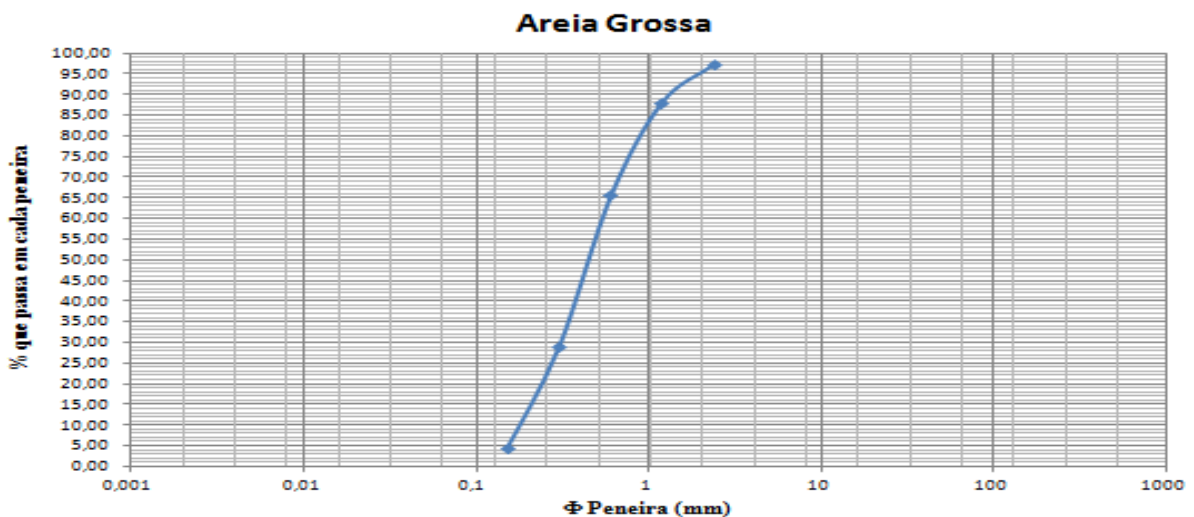


Fonte: Autor, (2016).

O ensaio realizado na areia natural com a granulometria média obteve a maior parte do material retido na peneira de 0,3 mm sendo um total de 450g, de uma amostra de 1100g, sendo um total de 40,9% da amostra retido nessa peneira, a peneira que menos reteve o material foi a de 1,18 mm, retendo apenas 8g da amostra, ficando retida nessa peneira um total de 0,73% . E seu módulo de finura é de 0,541.

A terceira areia analisada foi a areia natural com a granulometria grossa conforme Figura 17.

Figura 17: Curva granulométrica da areia grossa.

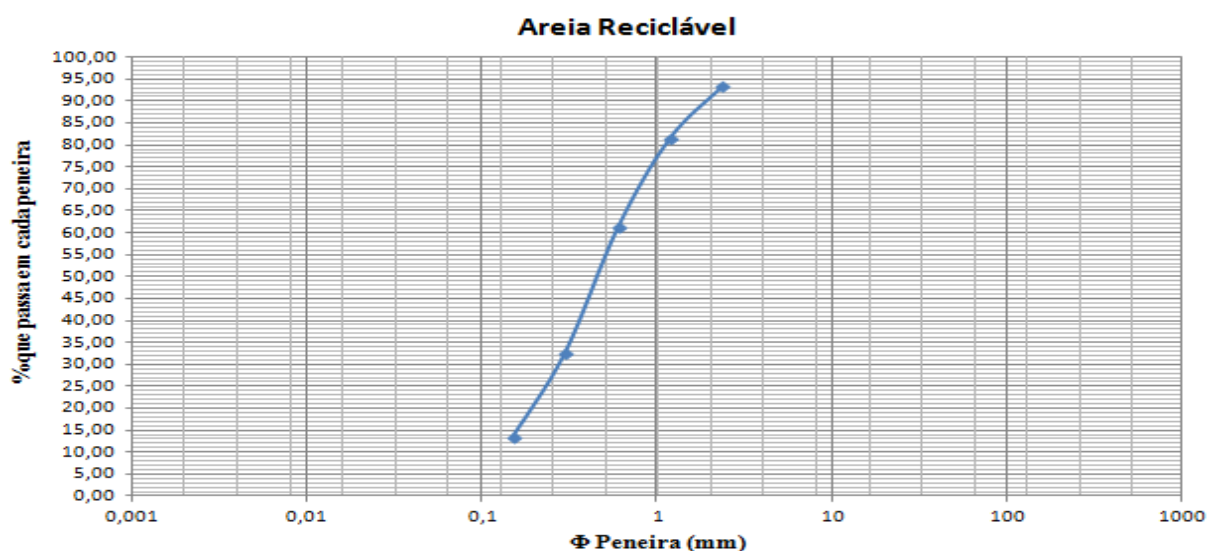


Fonte: Autor, (2016).

O ensaio realizado na areia natural com a granulometria grossa obteve a maior parte do material retido na peneira de 0,3 mm sendo um total de 402g, de uma amostra de 1100g, sendo um total de 36,54% da amostra retido nessa peneira, a peneira que menos reteve o material foi a de 2,36 mm, retendo apenas 28g da amostra, ficando retida nessa peneira um total de 2,54% . E seu módulo de finura é de 0,708.

A quarta areia analisada foi a areia reciclável, conforme Figura 18.

Figura 18: Curva granulométrica da areia reciclável.



Fonte: Autor,(2016).

O ensaio realizado na areia reciclável obteve a maior parte do material retido na peneira de 0,3 mm sendo um total de 314g, de uma amostra de 1100g, sendo um total de 28,54% da amostra retido nessa peneira, a peneira que menos reteve o material foi a de 2,36 mm, retendo apenas 72g da amostra, ficando retida nessa peneira um total de 6,54% . E seu módulo de finura é de 0,674.

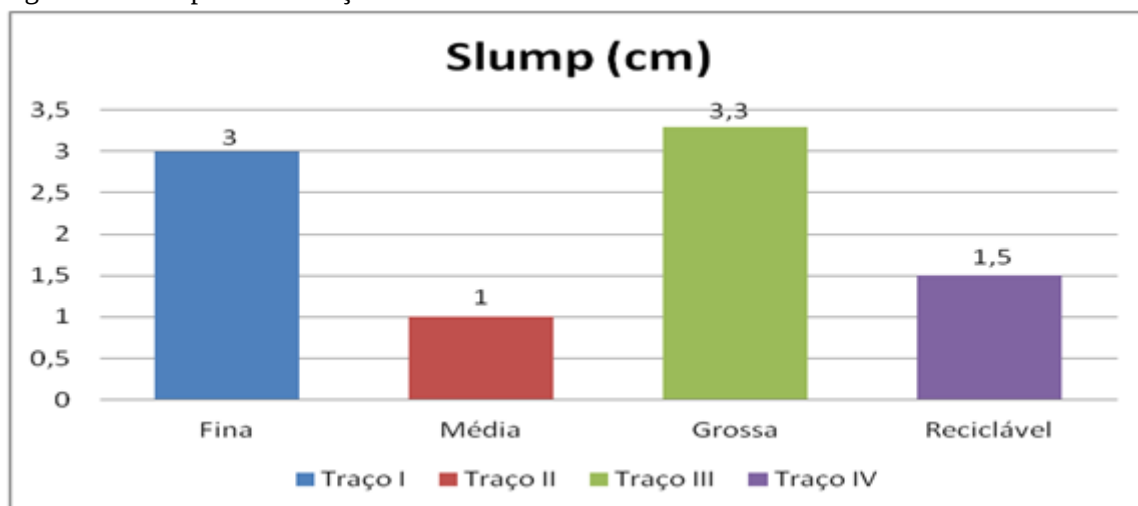
As areias média natural, grossa natural e reciclável, obtiveram a maior parte de seus material retido na peneira de 0,3 mm, apresentando assim características parecidas em sua granulometria, porém com módulo de finura diferentes.

4.1.3 Propriedades Dos Concretos

4.1.3.1 Determinação Da Trabalhabilidade

Em cada um dos traços moldados foi feito a verificação da trabalhabilidade através do *slump test*. Os resultados obtidos em cada um dos 4 traços realizados estão apresentados na Figura 17.

Figura 19: Slump de cada traço.



Fonte: Autor, (2016).

A classificação quanto a consistência do concreto é comparado, e obtido através da Tabela 11, encontrada na NBR 8953 (2015).

Tabela 11: Classes de consistência.

Classe	Abatimento mm	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras
NOTA 1 De comum acordo entre as partes, podem ser criadas classes especiais de consistência, explicitando a respectiva faixa de variação do abatimento. NOTA 2 Os exemplos desta Tabela são ilustrativos e não abrangem todos os tipos de aplicações.		

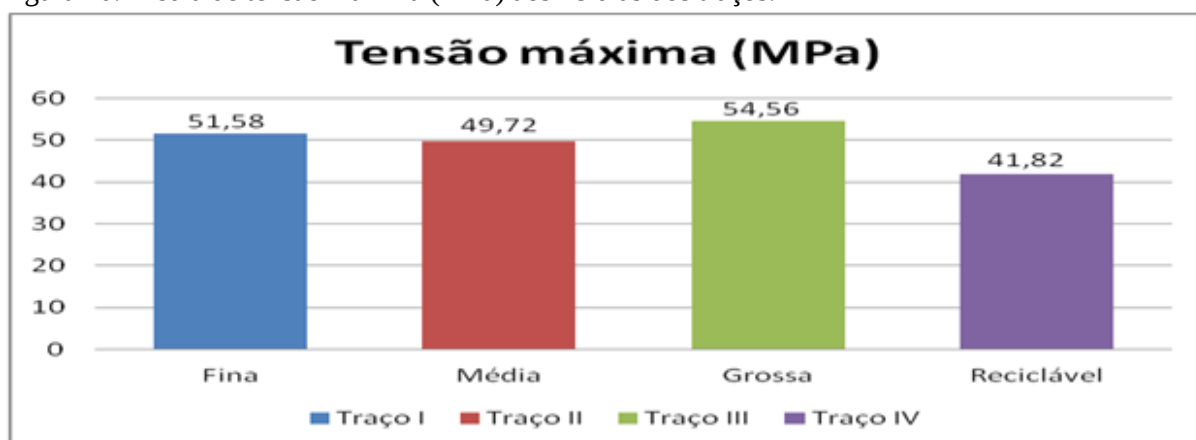
Fonte: NBR 8953,(2015).

Todos os traços analisados variaram de 10mm a 33mm, através da Tabela 12 que contem as classes de consistência, os traços se classificam como classe S10 sendo eles utilizados para aplicações de concreto extrusado, vibroprensado ou centrífugo.

4.1.3.2 Determinação Da Resistência A Compressão

O ensaio de resistência a compressão foi realizado com corpos de prova de 10cm x 20cm na idade de 28 dias, conforme a NBR 5739 (2007), onde rompeu-se 5 corpos de prova dos quatro traços e calculado a média para cada traço em MPa conforme a Figura 18.

Figura 20: Média de tensão máxima (MPa) aos 28 dias dos traços.



Fonte: Autor, (2016).

O traço que apresentou a menor resistência a compressão foi o traço IV, onde seu resultado de tensão máxima aos 28 dias foi de 41,82 MPa. O traço II apresentou o segundo menor valor sendo sua tensão máxima de 49,72 MPa, já o traço I teve um desempenho muito parecido com o do melhor traço, sendo sua tensão máxima de 51,58 MPa. O melhor traço obtido foi o III contendo a granulometria da areia natural grossa, tendo sua tensão máxima de 54,56 MPa.

Os concretos para fins estruturais são classificados conforme a Tabela 12, encontrada na NBR 8953 (ABNT, 2015), sendo sua classe encontrada através do ensaio de resistência à compressão.

Tabela 12: Classes de resistência de concretos estruturais.

Classe de resistência Grupo I	Resistência característica à compressão MPa	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica à compressão MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: NBR 8953, (2015).

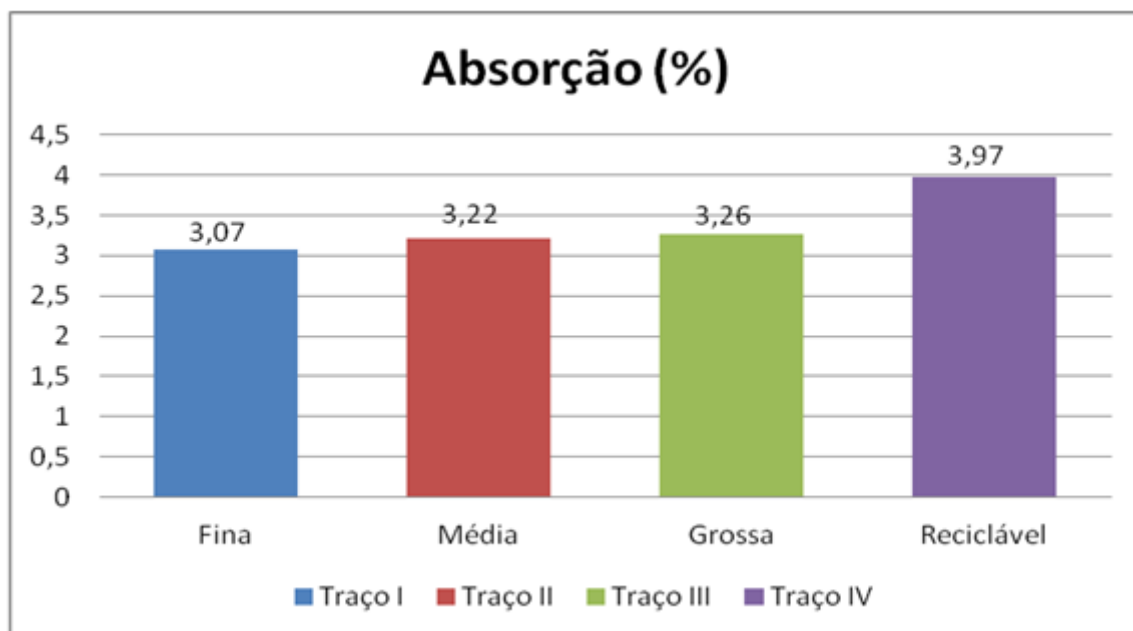
Todos os traços elaborados estão classificados no grupo I de resistência conforme a Tabela 13, que vai até 50MPa.

O traço I é classificado com C50 tendo sua resistência à compressão de 50MPa, o traço II está na classe C45 com resistência de 45MPa, o traço III se encaixa na classe C50 com a resistência de 50MPa e o traço IV, se encaixa na classe C40 tendo sua resistência de até 40MPa, sendo o traço IV o traço de menor classe de resistência.

4.1.3.3 Determinação da Absorção

O ensaio de absorção foi realizado com corpos de prova de 10cm x 20cm na idade de 28 dias, conforme a NBR 9778 (ABNT, 1987). Foi colocado dois corpos de prova de cada traço, 24 horas em estufa com aproximadamente 105 °C, conforme o recomendado por norma e após foram submetidos a imersão em água, sendo os mesmos submetidos 24 horas na imersão. Após estes processos com duração de 48 horas sendo os mesmos pesados após a secagem e após a imersão, é obtido a absorção. Sendo os resultados obtidos e apresentados conforme a Figura 19.

Figura 21: Absorção de cada traço.



Fonte: Autor, (2016).

Após analisados os ensaios se obteve a porcentagem de absorção de cada um dos traços, sendo o traço contendo a areia fina o que menos absorveu água sendo 3,07%, o traço de areia média natural foi o segundo que obteve 3,22%, o traço contendo areia grossa obteve 3,26% da absorção e o traço que mais absorveu a água de onde os corpos de prova ficaram submersos durante 24 horas, foi o traço contendo a areia reciclável, sendo que o mesmo absorveu 3,97% da água.

O concreto que obteve a menor absorção foi o traço I com areia fina, sendo ele o segundo com maior resistência, o concreto que obteve a maior resistência foi o traço III, mesmo sendo o segundo com a maior quantidade de absorção.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo e dos ensaios realizados, o agregado miúdo que teve o melhor desempenho foi a areia natural com a granulometria grossa, em segundo com areia fina, em terceiro a areia média e por último a areia reciclável, porém todos apresentaram resultados satisfatórios e poderiam ser empregados na utilização de concreto estrutural, no entanto não existem normas regulamentadoras da NBR, sendo que esta foi a norma utilizada em todo o desenvolvimento da pesquisa, que normatize a utilização da areia reciclável para fins estruturais.

Diante dos ensaios realizados no laboratório, no processamento e na análise de informação pode-se dizer que os objetivos propostos foram atingidos.

Verificou-se também que a areia de composição natural não obtém muita variação com a mudança de sua granulometria, porém a areia reciclável que foi inferior a natural também poderia ser utilizada, quando calculada exatamente para se obter a resistência apresentada.

Nos ensaios realizados, pode observar que as areias naturais independente de sua granulometria não apresentam grandes alteração tanto em sua resistência quando na absorção, já a areia reciclável apresentou menor resistência que a natural, porém não pode ser totalmente desconsiderada sua utilização para fins estruturais, pois apesar dos resultados inferiores, podem-se ser estudados alguns aditivos que possam potencializar esse material, obtendo assim os mesmos valores de uma convencional.

A reciclagem na construção civil, ainda é um termo novo utilizado, porém pode ser a solução para vários problemas encontrados, sendo assim uma areia que se exige ainda muito estudo para poder potencializar e viabilizar essa utilização.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Adição de aditivo neste traço utilizando a areia reciclável.
- Utilização desta areia para argamassa.
- Adição de brita reciclável ao traço.
- Análise dos custos na substituição da areia por m³.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F. C. F. **Materiais e processos construtivos**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2006.

ARAUJO, RODRIGUES, FREITAS. **Concreto de Cimento Portland**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5739**: Concreto- Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7215**: Cimento portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, Março 1987.

_____. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland- Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, Setembro de 2006.

_____. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 45:** Agregados- Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, abril de 2006.

_____. **NBR NM 46:** Agregados- Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, julho de 2003.

_____. **NBR NM 49:** Agregado fino - Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, novembro de 2001.

_____. **NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, fevereiro de 1998.

_____. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, Julho de 2003.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Vol 2. 5ª Edição revisada. 2000 LTC Editora S.A.

CAMPOS, E. E. **Agregados para construção civil no Brasil: Contribuições para Formulação de Políticas Públicas**. Belo Horizonte: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 2007

CARASEK, H. C. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos:** avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação. Tese Doutorado. USP. São Paulo, 1996.

CARAMALAC CARINA. **A Reciclagem de resíduos na construção civil**. 2012. Disponível em: <http://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/atualidades/a-reciclagem-residuos-na-contrucao-civil.htm>. Acesso em: 13/10/2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Concretagem - conceitos**. S/D. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/concretagem-conceitos/execucao/57/concretagem-conceitos.html>>. Acesso em: 02/06/2016.

EFFTING, C. **Propriedades do concreto fresco e endurecido**, UDESC Joinville 2014.

FUTURE RECICLAGEM INTELIGENTE. **Processo de reciclagem**. S/D. Disponível em: <<http://future.eco.br/>>. Acesso em: 24/03/2016.

MEHTA P. K. e MONTEIRO P. J. M. **Concreto estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, Editora Pini, 1994.

OLIVEIRA A. F. **Materiais de construção**. arquiteta e urbanista, 2010.

PORTAL DO CONCRETO. **Consistência do concreto**. S/D. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/slump.html>>. Acesso em: 02/06/2016.

RESOLUÇÃO CONAMA. **Conselho nacional do meio ambiente**, 1986.

ROMANO, C. A. **Apostila de tecnologia do concreto**. Departamento acadêmico de construção civil– Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Paraná, 2004.

SOLOS RECICLAGEM DA CONSTRUÇÃO. **Processo de reciclagem**. Disponível em: <<http://www.solosreciclagem.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 02/06/2016.

YAZIGI, W.. **A Técnica de Edificar**. 10ª Edição, São Paulo, Ed. Pini, 2009.

APÊNDICE A – RESULTADOS ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

TRAÇO I (cimento: areia natural fina: brita 1: água)		
Corpo de prova	Carga máxima (kgf)	Tensão máxima (MPa)
1	39.440	49,2
2	39.390	49,2
3	38.030	47,5
4	47.330	59,10
5	42.380	52,9
Média:	41.314	51,58
TRAÇO II (cimento: areia natural média: brita 1: água)		
Corpo de prova	Carga máxima (kgf)	Tensão máxima (MPa)
1	38.630	48,2
2	41.910	52,3
3	39.420	49,2
4	39.630	49,5
5	39.600	49,4
Média:	39.838	49,72
TRAÇO III (cimento: areia natural grossa: brita 1: água)		
Corpo de prova	Carga máxima (kgf)	Tensão máxima (MPa)
1	42.730	53,4
2	42.920	53,6
3	42.610	53,2
4	44.120	55,1
5	46.030	57,5
Média:	43.682	54,56
TRAÇO IV (cimento: areia reciclável média: brita 1: água)		
Corpo de prova	Carga máxima (kgf)	Tensão máxima (MPa)
1	34.990	43,7
2	29.250	36,5
3	32.390	40,4
4	36.580	45,7
5	34.300	42,8
Média:	33.502	41,82

APÊNDICE B – RESULTADOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO

TRAÇO I (cimento: areia natural fina: brita 1: água)			
Corpo de prova	Massa saturada (kg)	Massa seca (kg)	Total de absorção
1	3644	3524	3,41
2	3888	3784	2,75
Média:	3766	3654	3,07
TRAÇO II (cimento: areia natural média: brita 1: água)			
Corpo de prova	Massa saturada (kg)	Massa seca (kg)	Total de absorção
1	3722	3612	3,05
2	3708	3586	3,40
Média:	3715	3599	3,22
TRAÇO III (cimento: areia natural grossa: brita 1: água)			
Corpo de prova	Massa saturada (kg)	Massa seca (kg)	Total de absorção
1	3934	3806	3,36
2	3854	3736	3,16
Média:	3894	3771	3,26
TRAÇO IV (cimento: areia reciclável média: brita 1: água)			
Corpo de prova	Massa saturada (kg)	Massa seca (kg)	Total de absorção
1	3788	3648	3,84
2	3700	3554	4,11
Média:	3744	3601	3,97