

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CURITIBA
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE TECNOLOGIA EM CONCRETO**

EVERTON AUGUSTO PEREIRA

**ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL POR AREIA DE
ARENITO EM CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND**

**CURITIBA
2011**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Estudo da Substituição de Areia Natural por Areia de Arenito em
Concretos de Cimento Portland

por

Everton Augusto Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Concreto,
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 11 de
Outubro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. M. Eng. Gilberto Walter Gogola
UTFPR - (Orientador)

Prof. Dr. Wellington Mazer
UTFPR

Prof. M. Eng. Rodrigo Cesar Kanning.
UFPR

EVERTON AUGUSTO PEREIRA

**ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA NATURAL POR AREIA DE
ARENITO EM CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Concreto do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Concreto.

- Orientador Prof.º M. Eng.º Gilberto Walter Gogola

**CURITIBA
2011**

Dedico a minha mãe, pois;

“Ela deixou os seus sonhos para que eu sonhasse. Derramou lágrimas para que eu fosse feliz. Perdeu noites de sono para que eu dormisse tranquilo. Acreditou em mim apesar dos meus erros”.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pelo dom da vida.

Agradeço a minha querida mãe Denise Lucia Kesting Pereira (In memoriam) por todo apoio dedicado ao longo da vida, modelo vivo em minha mente e amor que perdura em meu coração.

A minha querida esposa Kellen por todo carinho, ajuda e compreensão prestados ao longo de minha trajetória.

A minha irmã Ana Paula, pela confiança, amor e amizade.

Ao meu pai Sérgio Augusto Pereira, pela paciência e consolo em momentos difíceis.

Ao Orientador Prof^o. M.Eng^o Gilberto Walter Gogola, pela orientação e dedicação.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR por todos os ensinamentos.

Ao Areal Costa por ceder o material para realização do presente estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram de maneira significativa para meu aprendizado.

"É melhor tentar e falhar,
que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão,
que sentar-se fazendo nada até o final.

Eu prefiro na chuva caminhar,
que em dias tristes em casa me esconder.

Prefiro ser feliz, embora louco,
que em conformidade viver ..."

(Martin Luther King)

RESUMO

Os insumos dos concretos de cimento Portland, no caso dos agregados naturais, quando da sua extração geram desequilíbrio ambiental e degradam a natureza, este trabalho faz um estudo de verificação da substituição do agregado miúdo natural, por agregado miúdo a partir de arenito. O objetivo desta pesquisa foi verificar e comparar a influência dessa substituição nas propriedades do concreto no estado fresco como no endurecido, mantendo o fator a/c e ajustando o traço do concreto para obter um abatimento próximo ao concreto de referência. Os resultados indicam que a substituição promove alterações, no concreto de cimento Portland tanto em seu estado fresco como endurecido, alterando o consumo de cimento e o desempenho mecânico.

Palavras-chave: Concreto de cimento Portland, Concreto com arenito

ABSTRACT

The inputs of Portland cement concrete, in the case of natural aggregates, when the extraction of environmental imbalance and generate degrade nature, this work is a study to verify the replacement of natural fine aggregate, for fine aggregate from sandstone. The aim was to evaluate and compare the influence of substitution on the properties of fresh concrete as the hardened, keeping the factor w / c and adjusting the concrete mix to get a rebate near the reference concrete. The results indicate that the replacement promotes changes in Portland cement concrete in both its fresh and hardened by changing the consumption of cement and mechanical performance.

Keywords: Portland cement concrete, concrete with sandstone.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de corpos-de-prova a serem moldados	32
Tabela 2 - Quantidade de materiais utilizados	34
Tabela 3 - Traço Ajustado	34
Tabela 4 - Granulometria do Agregado Miúdo (Referência).....	38
Tabela 5 - Granulometria do Agregado Miúdo (Arenito).....	39
Tabela 6 - Granulometria do Agregado Graúdo	41
Tabela 7 - Teor de Materiais Pulverulentos.....	44
Tabela 8 - Massa Específica e Índice de Vazios dos Agregados	44
Tabela 9 - Abatimento do Concreto (Slump)	45
Tabela 10 - Massa Específica Absorção e Índice de Vazios do Concreto Endurecido	45
Tabela 11 - Ensaio Resistência Axial 7 Dias	46
Tabela 12 – Ensaio de Resistência Axial 14 Dias	46
Tabela 13 – Ensaio de Resistência Axial 28 Dias	47
Tabela 14 – Resistência a Compressão Diametral do Concreto	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Depósito de arenito Araucária – PR.....	30
Figura 2 - Amostra de arenito, amostra de areia natural	31
Figura 3 - Materiais quantificados para a produção do concreto.....	35
Figura 4 - Ensaio tronco de cone	35
Figura 5 - Cura por imersão	36
Figura 6 - Molde dos corpos-de-prova	37
Figura 7 - Gráfico Granulometria do Agregado Miúdo Natural	39
Figura 8 - Gráfico de Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo Arenito	40
Figura 9 - Comparativo de Zonas Superiores e Inferiores Utilizáveis.....	40
Figura 10- Gráfico de Distribuição Granulométrica do Agregado Graúdo	42
Figura 11 - Comparativo de Impurezas	42
Figura 12 - Comparativo de Impurezas Orgânicas (Areia Natural).....	43
Figura 13 - Comparativo de Impurezas Orgânicas (Arenito)	43
Figura 14 - Comparativo da Resistência Axial Média do Concreto	47
Figura 15 – Comparativo de Resistência a Compressão Diametral do Concreto.....	49

ABREVIATURAS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
DACOC	Departamento Acadêmico de Construção Civil
m ²	Metro Quadrado
cm ³	Centímetro Cúbico
Kg/f	Quilograma força
MPa	Mega Pascal
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CP's	Corpos de Prova
Ppm	Partes por milhão
DMC	Dimensão Máxima Característica
MF	Módulo de Finura

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
ABREVIATURAS.....	10
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivo Especifico.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 A EVOLUÇÃO DO CONCRETO	17
2.2 CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS	18
2.2.1 Composição Granulométrica.....	19
2.2.2 Massa Unitária em Estado Solto e Compactada.....	20
2.2.3 Massa Especifica Aparente e Absorção do Agregado	20
2.2.4 Uso de Areias Naturais e a Atividade Extrativista	21
2.2.5 Uso de Areias Artificiais e a Atividade Extrativista	22
2.2.6 Materiais Pulverulentos	23
2.2.7 Impurezas Orgânicas	24
2.3 AGLOMERANTES	24
2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO	26
2.4.1 Propriedades do Concreto Fresco.....	26
2.4.2 Propriedades do Concreto Endurecido	27
2.5 DOSAGEM DO CONCRETO	28
2.6 OS FUTUROS DESAFIOS DA TECNOLOGIA DO CONCRETO.....	29
2.6.1 Considerações Ambientais.....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 METODOLOGIA.....	30
3.1.1 Caracterização dos Agregados	30
3.1.2 Caracterização do Concreto.....	31

3.1.3 Cimento Portland.....	32
3.1.4 Água.....	32
3.1.5 Tipo de Betoneira	33
3.1.6 Agregados	33
3.1.7 Traço do Concreto.....	33
3.1.8 Preparo do Concreto	34
3.1.9 Determinação da Consistência.....	35
3.1.10 Moldagem dos Corpos de Prova	36
3.1.11 Cura do Concreto	36
3.1.12 Capeamento.....	37
4 RESULTADOS E ANÁLISES	38
4.1 Análise Granulométrica dos Agregados	38
4.2 Teor de Impurezas Orgânicas.....	42
4.3 Teor de Materiais Pulverulentos.....	44
4.4 Massa Específica Índice de Vazios e Massa Unitária dos Agregados.....	44
4.5 Abatimento. (Slump).....	45
4.6 Massa Específica, Absorção e Índice de Vazios do Concreto Endurecido.....	45
4.7 Resistência a Compressão Axial do Concreto	46
4.8 Resistência a Compressão Diametral do Concreto	48
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	49
5.1 Conclusões.....	49
5.2 Recomendações Para Pesquisas Futuras	50
5.3 Considerações Finais	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade falar em controle tecnológico do concreto significa falar no controle dos materiais que fazem parte de sua composição, pois em sua maioria os principais problemas que afetam o concreto estão intimamente ligados a não conformidade dos materiais que o compõem (PETRUCCI, 1978).

Por ser um material composto basicamente por componentes como materiais cimentícios, na grande maioria cimento Portland, adições, aditivos, ou seja, o concreto é composto de materiais de diferentes processos de produção e o seu controle deve levar em consideração não apenas o produto em si, como também os seus materiais componentes (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Assim sendo, os agregados são de suma importância para a qualidade e desempenho do concreto, em especial os agregados miúdos que por sua grande utilização tem sofrido um esgotamento progressivo em suas jazidas (GIAMUSSO, 1992).

Levado a busca de soluções alternativas, na presente pesquisa, efetuou-se um estudo de caracterização e avaliação do emprego do agregado arenítico em substituição ao agregado comumente utilizado na região de Curitiba, testando a sua viabilidade na confecção de concretos de cimento Portland.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a qualidade de vida das presentes e futuras gerações sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presente os preceitos do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade socioambiental (SANTILLI, 2005).

Porem é notório que a atividade de mineração, em geral, independentemente da substância mineirada, gera impactos, tanto de ordem ambiental, quanto social e econômica, exatamente por se tratar de um bem natural não renovável, o que implica na busca por tecnologias de reciclagem, substituição por renováveis e fontes alternativas (RAFFESTIN, 1993).

Os agregados miúdos são relativamente baratos e não entram em complexas reações químicas com a água e por esta razão tem sido tratado como um material de enchimento inerte do concreto, visão da qual tem sido muito questionada, pois a qualidade dos concretos está intimamente ligada com a qualidade dos agregados (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Com a escassez dos agregados naturais nas regiões das grandes cidades que estão em amplo desenvolvimento, os agregados artificiais, ou os agregados oriundos de britagem de rocha, obtidos como forma alternativa ao abastecimento da demanda das grandes cidades. São produzidos de modo a atender propriedades específicas que se ajustam as necessidades das obras, conferindo resistência e ductilidade ao concreto, minimizando os impactos ambientais gerados pela excessiva extração do produto natural (ALVES, 1978).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral caracterizar e avaliar o desempenho e a viabilidade da substituição do agregado natural por um agregado arenítico extraído na região de São Luiz do Purunã no uso de concretos com cimento Portland.

1.2.2 Objetivos Específicos

Caracterização dos agregados quanto à:

- granulometria;
- massa unitária e massa específica;
- teor de impurezas orgânicas;
- absorção;
- teor de materiais pulverulentos;

Caracterização do concreto:

Em seu estado fresco - consistência *slump test*.

Estado endurecido – resistência à compressão axial e diametral aos 7, 14 e 28 dias, assim como seu grau de absorção aos 28 dias.

1.3 JUSTIFICATIVA

Estudar dos agregados deve ser encarado como um dos principais pontos de um curso de tecnologia do concreto, sobretudo se considerar, por um lado, que cerca de 70% do concreto é constituído pelos agregados e, por outro lado, ser este o material menos homogêneo com que lida-se na fabricação de argamassas e concreto (BASÍLIO, 1984).

Em um processo de degradação do meio ambiente, decorrente da intensa exploração das jazidas, uma eventual substituição do agregado natural amplamente utilizado na construção civil, poderá agregar consideráveis e importantes benefícios ambientais. Aspectos estes que foram motivadores para o desenvolvimento do determinado estudo.

Considerando fato a escassez de agregados miúdos naturais, decorrente da intensa exploração em jazidas, procurou-se desenvolver um estudo teórico-experimental, a respeito da influência da substituição da areia natural, por areia de arenito, proveniente da região de São Luiz do Purunã/PR em concretos de cimento Portland.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho é composto por cinco capítulos desenvolvidos da seguinte forma:

No capítulo 1 desenvolve-se a introdução, objetivos gerais, objetivos específicos e justificativa, deste trabalho.

O capítulo 2 - revisão bibliográfica que tem por objetivo apresentar considerações importantes inerentes à tecnologia do concreto e suas correlações com o meio ambiente.

No capítulo 3 - metodologia aplicada na pesquisa apresenta o planejamento experimental com que é realizado este trabalho.

No capítulo 4 são apresentados os Resultados e Análises da Pesquisa.

O capítulo 5 é apresentado a Conclusão, as Considerações Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A EVOLUÇÃO DO CONCRETO

Segundo Helene e Terzian (1993) em 1836 o uso do concreto é descrito em um artigo de George Godwin para o Institute of British Architects, para as fundações como uma mistura de cal, água, areia e pedras podiam ser utilizadas colocando-se numa trincheira camadas alternadas de pedras e argamassa, compactando a mistura após o lançamento da argamassa.

Segundo Kaeffer (2001) na década de 1830 houve um desenvolvimento incipiente do uso do concreto, principalmente em fundações, estabelecendo o termo concreto para uma massa sólida em que cimento, areia, água e pedras são combinados.

A primeira publicação sobre cimento armado (denominação do concreto armado até mais ou menos 1920) foi do francês Joseph Louis Lambot. Presume-se que em 1850 Lambot efetuou as primeiras experiências práticas do efeito da introdução de armaduras numa massa de concreto (HELENE & TERZIAN, 1993).

Segundo Helene & Terzian (1993) em 1890 – 1900 foi descoberta que a adição de gipsita ao moer o clínquer agia como um retardador de pega quando adicionado ao concreto.

Em 1920 a qualidade da mistura do concreto passou a ser mais bem controlada após a introdução do concreto preparado em usina (GIAMMUSSO, 1992).

Em 1930 agentes incorporadores de ar são introduzidos pela primeira vez no concreto para aumentar sua resistência devido aos danos ocasionados pelo ciclo congelamento / descongelamento. Na década de 70 surgiram concretos reforçados com fibras e de alta resistência. Superplastificantes foram introduzidos nas misturas na década de 80 (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Em tempos atuais a tecnologia do concreto consiste basicamente em se determinar as propriedades que se necessitam para o concreto endurecido, ou seja, o material denominado concreto, e como se obter esse material a partir dos materiais disponíveis, como cimentos e agregados, adições e aditivos. Os meios para que, partindo desses materiais, se obtenha o concreto pretendido, são as proporções da mistura e os processos executivos (GIAMMUSSO, 1992).

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS

Agregados são materiais que no início do desenvolvimento do concreto, eram adicionados à massa de cimento e água, para dar-lhe volume tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de 80% do peso do concreto e sabe-se que além de sua influência benéfica quanto à retração e a resistência, o tamanho a densidade e a forma dos seus grãos podem definir varias das características desejadas de um concreto. Deve-se ter em mente que um bom concreto não é o mais resistente, mas o que atende as necessidades da obra com relação à peça que será moldada. Logo, a consistência e o modo de aplicação acompanham resistências que definem a escolha dos materiais adequados para compor a mistura (CAMPOS, 2007).

Por não entrarem em complexas reações químicas com a água e serem materiais relativamente baratos os agregados tem sido tratado como material de enchimento inerte do concreto, no entanto tal visão tradicional vem sendo seriamente questionada (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Visto que pelo menos três quartas partes do volume do concreto são ocupadas pelos agregados, não se deve surpreender que a sua qualidade seja de suma importância e amplamente analisada (NEVILLE, 1982).

É necessário conhecer certas características dos agregados (isto é, massa específica, composição granulométrica e teor de umidade) para a definição das dosagens de concreto. A porosidade ou massa específica composição granulométrica, forma e textura superficial dos agregados, determinam as propriedades do concreto no estado fresco. Além da porosidade, a composição mineralógica do agregado afeta sua resistência, dureza, módulo de elasticidade e sanidade que, por sua vez, influenciam em várias propriedades do concreto endurecido que contenha o agregado (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Levando em consideração origem, os agregados são classificados como naturais ou artificiais.

- Naturais – Encontrados na natureza sobre a forma de agregado (exemplo: Areia extraída de leito de rios, seixos rolado).

- Artificiais – Necessitam de intervenção para chegarem à condição usual (exemplo: Agregados reciclados de cerâmica, argila expandida, vermiculita, pó de pedra) (GIAMUSSO, 1992).

O agregado artificial miúdo proveniente da britagem da rocha arenítica é composto de partículas de rocha na faixa de dimensão da areia, se a rocha se quebra em torno dos grãos de areia chama-se arenito. Os materiais cimentantes ou intersticiais do arenito podem ser compostos por quartzo, feldspato, opala, sílica, calcita, hidróxido de ferro ou outros materiais de origem ígnea ou líticos (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Uma das principais vantagens no uso do arenito como agregado miúdo está em sua grande relevância em substituição a areia natural. Pois o uso dos rejeitos dos agregados graúdos na fabricação da areia artificial poderá significar uma consequente queda no uso de areia natural, minimizando assim o impacto ambiental gerado pelo extrativismo do material in-natura, muito explorado no ramo da construção civil (BASTOS, 2006).

2.2.1 Composição Granulométrica

O conhecimento da composição granulométrica do agregado é de fundamental importância para o estabelecimento das dosagens dos concretos, influenciando no percentual de água a ser adicionado à mistura, intimamente relacionado com o grau de resistência trabalhabilidade e compacidade, constituindo um fator responsável para a obtenção de um concreto econômico (RODRIGUES, 2007).

As partículas de agregado podem se apresentar com diversas texturas entre lisa e áspera. De um modo geral partículas mais lisas exigem menos pasta para o envolvimento, mas a resistência obtida é menor; as asperezas aumentam a aderência entre pasta e agregado (GIAMUSSO, 1992).

Os minerais que formam o agregado miúdo têm geralmente certa porosidade, isto é, alguns vazios internos que podem provocar absorção de água pelo agregado. Essa característica deve ser conhecida, pois um agregado totalmente seco pode absorver água do concreto interferindo com a sua consistência prejudicando a trabalhabilidade (GIAMUSSO, 1992).

Há evidências de que, durante as primeiras idades, a resistência do concreto particularmente a resistência à flexão, pode ser afetada pela textura do agregado; uma textura mais áspera parece propiciar a formação de uma aderência física mais forte entre a pasta de cimento e o agregado (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

O silte presentes sob a forma de partícula solta pode prejudicar a mistura devido a grande área superficial estes materiais muito finos aumentam a demanda de água necessária para o preenchimento de todas as partículas do concreto (NEVILLE, 1982).

2.2.2 Massa Unitária em Estado Solto e Compactada

O fenômeno da massa unitária surge porque não é possível empacotar as partículas dos agregados juntas de forma a não deixar espaços vazios entre ela. Assim o termo massa unitária é utilizado uma vez que o volume é ocupado tanto pelos agregados quanto pelos vazios. A massa unitária dos agregados comumente usados para concretos de peso normal varia de 1300 kg/m³ a 1700 kg/m³ (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A NBR 7251 da ABNT propõe a determinação da massa unitária do agregado em um recipiente em forma de paralelepípedo de material metálico, sendo a amostra condicionada sem qualquer adensamento, no seu estado solto. Procura-se assim reproduzir a situação de obras, onde o agregado é transportado em padiolas nos quais foi depositado sem qualquer adensamento.

2.2.3 Massa Específica Aparente e Absorção do Agregado

Para efeitos de dosagem é necessário o conhecimento do espaço ocupado por todas as partículas dos agregados, incluindo poros existentes dentro das partículas. Em resumo a Massa Específica que é definida como a massa do material incluindo os poros internos por unidade de volume (MEHTA e MONTEIRO 2008).

O entendimento do fenômeno da absorção é fundamental para a compreensão da característica da massa específica, e é determinada medindo-se o aumento de peso de uma amostra, seca previamente em estufa, e imersa posteriormente em água (BASILIO, 1984).

Segundo a NBR NM 30 (2000) após a remoção da umidade superficial tem-se o agregado na condição saturado superfície seca, e a relação entre o acréscimo e a massa da amostra seca demonstram o quanto de água foi absorvido, ou seja, a absorção que é expressa em percentual.

A massa específica para muitas rochas comumente utilizadas varia entre 2600 kg/ m³ e 2700 kg/ m³. Em especial para o arenito o valor típico é de 2650 kg/ m³ (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

A presença de poros internos em suas partículas tem grande influencia nas propriedades dos agregados e conseqüentemente nas propriedades dos concretos. Assim se o agregado estiver completamente seco no momento da mistura ele absorve parte da água, o que acarreta entre outros efeitos a perda da trabalhabilidade, tendo em vista ser comum trabalhar com a massa específica na condição saturado superfície seca (ANDRIOLO, 1986).

2.2.4 Uso de Areias Naturais e a Atividade Extrativista

Agregados naturais são aqueles que se encontram na natureza prontos para serem utilizados. Alguns necessitarão apenas de um rápido processamento de lavagem e classificação para serem utilizados, o que não os exclui desta categoria. (BASÍLIO, 1984).

A retirada de areia dos rios para uso na construção civil agride a calha natural, provocando a erosão nas margens dos mesmos, devido ao aumento de vazão da água, o que resulta na alteração do equilíbrio hidrológico, diminui a pressão sobre os lençóis de água subterrâneos, destrói as áreas de várzeas, elimina espécies vegetais que fornecem alimento a fauna e causa a perda de refúgios e locais de procriação utilizados por aves e pequenos mamíferos. Vale lembrar que em alguns casos, é até mesmo necessário que se retire areia dos leitos dos rios para evitar o assoreamento dos mesmos, mas isto só ocorre quando a sua margem já foi depredada e sua mata ciliar devastada (BASTOS, 2006).

Segundo Bastos (2006), quase todos os materiais ofertados pela natureza precisam de intervenção humana para a obtenção de características ideais como tamanho, forma e composição representando uma elevação nos custos para as

construções. Como aspectos negativos que envolvem o emprego destes materiais o autor cita:

Variabilidade de faixas granulométricas e composição mineralógica, contaminação de materiais deletérios naturais e recentemente contaminações diversas em função da poluição dos rios, necessidade de melhoria do produto em relação a sua condição de oferta da forma natural, como lavagem e peneiramento para a retirada do material orgânico e grãos de tamanhos indesejados, necessidade de adição de outros produtos também minerais ou aditivos de qualidade duvidosa e cuja exploração também gera degradação de outras áreas ambientais, baixa produtividade das plantas de exploração, na maioria dos casos com equipamentos rudimentares e até manualmente, gerando custos para o consumidor final e um grande número de pontos de exploração e degradação, renovação de estoques baixa em relação ao volume demandado cada vez maior, dependência de condições naturais de pluviosidade e carregamento, com incerteza de extração devido a aumentos pluviométricos, ocorrendo drástica variação de preços e oferta (BASTOS, 2006).

2.2.5 Uso de Areias Artificiais e a Atividade Extrativista

Uma alternativa para a redução dos problemas associados à extração da areia natural e a disposição dos resíduos das pedreiras, tem sido a produção de areia artificial a partir dos resíduos gerados no processo de britagem para a produção de agregados graúdos de concretos (NEVILLE, 1982).

As areias artificiais ou de material britado, provenientes da mesma fonte dos agregados graúdos britas, podem trazer benefícios importantes para todos os envolvidos na cadeia da construção civil (NETO, 2006).

Quando se lavam as areias provenientes da britagem, o que ocorre na maioria das pedreiras que produzem este tipo de agregado consegue-se a retirada de finos a níveis satisfatórios. Há ainda aspectos ligados a implantação, pois a grande maioria das pedreiras adota a ideia de que para a produção de areia proveniente da britagem de rocha novas instalações devem ser criadas, totalmente independentes da produção de brita o que obrigaria um investimento relativamente alto. Mas na verdade é possível a partir de uma planta existente produzir areia de britagem, que possibilite a substituição total das areias de rio, com qualidade e

economia em relação a existentes no mercado, de fácil aplicação e ecologicamente corretos (OLIVEIRA, 2006).

Para Couto (2006) os principais aspectos positivos para o uso de areia proveniente da britagem de rocha são:

Em termos ambientais, a areia de britagem é uma solução praticamente definitiva para a substituição das areias naturais e todos os aspectos negativos que elas apresentam em sua extração e aplicação. A qualidade obtida em diversos serviços e etapas da obra pode ser potencialmente superior, partindo-se de um agregado uniforme na composição de concretos e argamassas. O custo das obras sofre considerável redução com o emprego da areia de britagem, tanto na fase de construção como de manutenção, ao longo dos anos, pois o material é inerte e não se deteriora. A implantação pode ser relativamente simples e barata proporcionando aproveitamento dos finos das pedreiras e reduzindo o custo de produção dos demais agregados. Redução do desperdício de areia quando sofre melhoria forçada nas obras como peneiramento e retirada de impurezas. Constância nas faixas granulométricas, reduzindo os problemas de operação nas usinas de concreto e nas obras, simplificando a aplicação de traços constantes. Eliminação da produção do pó de pedra como produto de venda, pois não existe mercado que absorva esta produção e, com isto, formam-se grandes quantidades em estoque, gerando prejuízo constante. Os níveis de degradação ambiental nas minerações de brita apresentam um melhor monitoramento, quando comparados ao de extração de areia, sendo que o impacto controlado pode ser uma alternativa tanto esperada pelas autoridades ambientais em relação à preservação do meio ambiente. As áreas de extração de brita existem como fator indispensável, até o presente na geração de agregados para a construção civil, atualmente com todas as condições de desenvolver tecnologia de utilização dos finos de pedra como alternativa as areias naturais (COUTO, 2006).

2.2.6 Materiais Pulverulentos

A NBR NM 46 (2003) é a norma que estabelece os parâmetros para determinação da quantidade de material, mais fino que a abertura da malha da peneira de 0,075 mm. Esse material quando em quantidades excessivas pode prejudicar a aderência entre a pasta de cimento e o agregado, interfere no consumo de água já que a superfície específica do agregado aumenta consideravelmente culminando com a diminuição da resistência de concretos e argamassas (NBR NM 46, 2003).

A NBR NM 46 (2003) determina que material pulverulento são partículas minerais com dimensões inferiores a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água presente nos agregados.

Para Petrucci, (1978) a argila reduzida a pó muito fino, contribui para preencher os vazios da areia e influi para que o cimento envolva melhor os grãos de areia, ligando-os mais fortemente entre si. Porém, se a argila forma uma película envolvendo cada grão e não se separa durante a mistura, sua ação é altamente prejudicial, ainda que se encontre em pequenas proporções. Uma solução apontada para esse problema seria a lavagem desse material, contudo no caso das areias a lavagem pode arrastar os grãos mais finos da areia, aumentando o índice de vazios, o que implicará em menor resistência do concreto (ou argamassa).

Em relação aos agregados graúdos, as impurezas de destaque são os torrões de argila e o material pulverulento. Segundo Petrucci (1978) os torrões de argila podem apresentar-se em agregados naturais de mina, têm pouca resistência, absorvem água em demasia e originam vazios com sua desagregação. Já o material pulverulento, tendo grande superfície específica, exige água em um caráter significativo, aumentando à relação água/cimento, acarretando assim perda da resistência do concreto e afetando sua trabalhabilidade.

2.2.7 Impurezas Orgânicas

A matéria orgânica é a impureza mais frequente nas areias. São detritos, mais comumente de origem vegetal, que estão geralmente sob a forma de partículas minúsculas, mas em grande quantidade chegam a escurecer o agregado miúdo (BASILIO, 1984).

A matéria orgânica pode prejudicar a pega, afetar o endurecimento do concreto e a sua resistência a compressão (MEHTA e MONTEIRO).

A NBR NM 49 (2001) estabelece o método de determinação colorimétrico de impurezas orgânicas em agregado miúdo destinado ao preparo do concreto.

2.3 AGLOMERANTES

Caracteriza-se por aglomerante um material que tem por finalidade a aglutinação de outros materiais, influenciando desta forma a resistência do material

resultante. Um aglomerante em contato com a água forma uma pasta, ao juntar areia esta pasta forma uma argamassa, ao unir todos os elementos com brita forma-se o concreto (ANDRIOLO 1981).

Um produto constituído principalmente por silicatos e aluminatos de cálcio, que depois de hidratados, funcionam como ligante das partículas de agregados entre si tem por nome cimento Portland (GIAMUSSO, 1992).

Segundo Coutinho (1973), até o início do século XIX pouco se sabia acerca das qualidades a serem exigidas dos materiais constituídas dos concretos e argamassas. A postura com relação à proporção dos materiais e sua influencia no comportamento dos conglomerados foi alterando-se a partir dessa época em função da descoberta do cimento Portland e sua fabricação em escala comercial.

Em 1818, Maurice de Saint-Léger sob a orientação de LouisVicat- um dos pesquisadores franceses pioneiros no estudo de ligantes e conglomerados hidráulicos patenteia o processo de fabricação de cales hidráulicas artificiais obtidas a partir da calcinação de calcário e argilas a temperaturas da ordem de 1.000 °C. A partir de 1826 inicia a fabricação regular de cal hidráulica artificial numa instalação industrial situada em Molineaux, perto de Paris (HELENE & TERZIAN, 1993).

O cimento Portland foi criado por um construtor inglês, Joseph Aspdin, que o patenteou em 1824. Nessa época era comum na Inglaterra construir com pedra de Portland, uma ilha situada ao sul deste país. Como o resultado da invenção de Aspdin se assemelhou a cor e na dureza a essa pedra de Portland, ele registrou este nome em sua patente, chamando-o então de cimento Portland (ABCP, 2002).

O cimento Portland é um material fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água, misturado com água e outros minerais da construção, tais como a areia, a pedra britada, o pó de pedra e outros, resulta nos concretos e argamassas usadas nas construções (ABCP, 2002).

Os cimentos que não só endurecem pela reação com a água, mas também formam um produto resistente à água são denominados cimentos hidráulicos. Os aglomerantes resultantes da calcinação da gipsita ou carbonatos de cálcio são denominados não hidráulicos ou aéreos, pois seus produtos de hidratação não são resistentes à água (MEHTA e MONTEIRO 2008).

O termo pega refere-se à solidificação da pasta plástica de cimento. O início da solidificação, chamado também de início de pega, marca o ponto em que a pasta torna-se não trabalhável (GIAMUSSO, 1992).

2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO

A tecnologia do concreto consiste basicamente em se determinar as propriedades que se necessitam para o concreto endurecido, ou seja, o material denominado concreto, e como se obter esse material a partir dos materiais disponíveis, como cimento e agregados, adições e aditivos. Os meios para que, partindo destes materiais, se obtenha o concreto pretendido, são proporções da mistura e os processos executivos. O concreto fresco é uma fase transitória com muita influencia nas características do concreto endurecido (GIAMUSSO, 1992).

2.4.1 Propriedades do Concreto Fresco

Para o concreto fresco as propriedades desejáveis são as que asseguram a obtenção de uma mistura fácil de transportar, lançar e adensar sem segregação. As principais propriedades do concreto quando no estado fresco é a consistência poder de retenção de água e a trabalhabilidade (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

Consistência é o maior ou menor grau de fluidez da mistura fresca, relacionando-se, portanto com a mobilidade da massa. O principal fator que influi na consistência é sem duvida o teor de água e materiais secos. Um concreto de consistência plástica pode oferecer, segundo o grau de sua mobilidade, maior ou menor facilidade em ser moldado, sem que ocorra a separação de seus componentes, são os mais usados em obras em geral (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

Plasticidade é a propriedade do concreto fresco identificada pela facilidade com que este é moldado sem se romper. Depende fundamentalmente da consistência e do grau de coesão entre os componentes do concreto. Quando não a coesão os elementos se separam, isto é, ocorre a segregação (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segregação é a separação dos grãos do agregado da pasta de cimento. Pode ocorrer durante o transporte, durante o lançamento em consequência de movimentos bruscos, durante o adensamento por vibração excessiva ou pela ação

da gravidade quando os grãos graúdos, mais pesados do que os demais, tendem a assentar no fundo das formas (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

Exsudação é o fenômeno que ocorre em certos concretos quando a água se separa da massa e sobe a superfície da peça concretada. Ocorre quando a parte superior do concreto torna-se excessivamente úmida; sua consequência é um concreto poroso e menos resistente (NEVILLE, 1982).

A trabalhabilidade de um concreto pode ser entendida como sendo a facilidade com o qual o concreto pode ser misturado, manuseado, transportado, colocado e compactado com a menor perda de homogeneidade. Termos como consistência, plasticidade, coesão e fluidez, expressam elementos de trabalhabilidade (ANDRIOLO, 1981).

As deficiências no concreto fresco tais como a perda da trabalhabilidade no lançamento, segregação e exsudação durante o adensamento, ou, ainda uma taxa excepcionalmente baixa de ganho de resistência, podem prejudicar o produto final e reduzir significativamente a sua vida útil (MEHTA e MONTEIRO 2008).

2.4.2 Propriedades do Concreto Endurecido

As principais propriedades que um concreto depois de endurecido deve possuir são resistência, durabilidade, impermeabilidade e aparência (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

Uma das propriedades mais visadas por projetistas e engenheiros é a resistência à compressão, considerada como a capacidade para resistir a esforços sem se romper, no concreto a resistência está relacionada aos esforços necessários para causar a ruptura (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Como parâmetro principal de dosagem e controle de qualidade, a resistência à compressão de concretos é de primordial importância. Isso se deve a relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos-de-prova e do ensaio de compressão axial, e pelo fato da compressão axial ser um parâmetro sensível às alterações de composição da mistura permitindo inferir modificações em outras propriedades do concreto (HELENE & TERZIAN 1993).

Nos concretos com agregados tradicionais, como normalmente o valor do módulo de deformação do agregado é maior do que o da argamassa, a ruptura do

concreto ocorre pelo colapso da argamassa e a separação entre as fases, resultando em uma linha de fratura ao redor do agregado, sendo nesse caso o agregado a fase mais resistente do concreto e a argamassa o fator limitante do valor da resistência à compressão do concreto (METHA e MONTEIRO 2008).

A durabilidade pode ser definida como sendo a capacidade que o concreto possui de resistir à ação do tempo, aos ataques químicos, a abrasão ou a qualquer outra ação de deterioração. A durabilidade depende, entretanto do tipo de ataque, físico ou químico, que o concreto depois de endurecido, será submetido, devendo ser analisado criteriosamente antes da escolha dos materiais e da dosagem (ARAUJO & FREITAS, 2000).

2.5 DOSAGEM DO CONCRETO

Em 1881, Préau, apresentou formalmente um método de dosagem das argamassas e concretos. Propõe que seja determinado o volume de vazios da areia e que o volume da pasta aglomerante seja 5% superior ao volume de vazios encontrado no agregado miúdo. A seguir deve-se determinar o volume de vazios da brita, a partir do qual se calcula o volume da argamassa como sendo 10% superior ao volume de vazios do agregado graúdo, antecipando o método de granulometria descontínua (HELENE & TERZIAN, 1993).

Em 1888, Paul Alexandre ao estudar a influencia da dosagem de água na resistência à compressão das argamassas considera-a dividida em duas partes. A primeira destinada a formar pasta com o cimento e a segunda a molhar a areia estabelecendo então o conceito de água de molhagem (GIAMUSSO, 1992).

Considera-se, no entanto, que o primeiro estudo de proporcionamento racional dos materiais tenha sido feito por René Ferét. Em 1892 René descobre a lei fundamental que relaciona a resistência da argamassa com sua compacidade. Estudando misturas com mesmo cimento, mesma areia, mesma idade e condições de cura verificaram experimentalmente que a resistência à compressão de argamassas inicialmente plásticas é função somente da relação do volume absoluto de água mais o volume de vazios da argamassa com o cimento. Mais tarde em 1896, aperfeiçoou esse modelo matemático que correlaciona a resistência à compressão com o volume de água e de vazios (HELENE & TERZIAN 1993).

Dosar um concreto consiste em determinar a proporção mais adequada e econômica com que cada material entra na composição da mistura, objetivando as propriedades que aperfeiçoem o concreto tanto em seu estado fresco como em seu estado endurecido. Dosar é, portanto, procurar um traço que atenda as condições específicas de um projeto, utilizando corretamente os materiais disponíveis (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

Traço é a maneira de exprimir a proporção dos componentes de uma mistura. Genericamente um traço, 1: m: x significa que para uma parte de aglomerante deve-se ter m partes de agregados que pode ser somente miúdo, como no caso de argamassas, ou miúdo e grúdo, como nos concretos, e x corresponde a partes de água (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.6 OS FUTUROS DESAFIOS DA TECNOLOGIA DO CONCRETO

A uma preocupação cada vez maior relativo à escolha dos materiais, que agora deve ser também orientada por considerações ecológicas. A aplicação de princípios da ciência dos materiais a tecnologia de produção do concreto permite antever que, no futuro, o produto a ser utilizado na construção em geral será consideravelmente superior ao atualmente utilizado sob o ponto de vista da durabilidade e da sustentabilidade (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.6.1 Considerações Ambientais

Para reduzir o impacto ambiental da indústria do concreto, similar ao que se faz com a energia, a melhor abordagem em longo prazo é buscar a redução do seu consumo. No caso do concreto isto não pode ser uma realidade no futuro muito próximo, mas pode ser possível no futuro, dentro de 50 anos. Neste meio tempo, para adotar uma abordagem holística para o desenvolvimento industrial sustentável, deve-se começar praticando ecologia industrial. Implicando em reciclar os resíduos produzidos por uma indústria para que substituam matérias-primas in natura de outras indústrias e, assim, reduzam o impacto ambiental de ambas (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa em questão foi desenvolvida em duas etapas. A primeira constituindo a caracterização dos materiais utilizados. A segunda na dosagem do concreto, na qual foram realizados ajustes experimentais na composição devido à influência das características dos materiais utilizados.

3.1 METODOLOGIA

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de materiais para construção civil do departamento acadêmico de construção civil (DACOC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Agregados como o arenito foram doados pelo produtor, para análise, sendo os demais materiais provenientes da UTFPR.

O agregado miúdo arenítico utilizado no experimento é proveniente da mina localizada na região de São Luiz do Purunã no Paraná, sendo o material coletado no depósito situado na região de Araucária no Paraná, como mostra Figura 1.



Figura 1 - Depósito de arenito Araucária – PR.
Fonte: do autor

3.1.1 Caracterização dos Agregados

Todos os agregados utilizados na pesquisa foram previamente caracterizados segundo as seguintes normas:

- Composição granulométrica dos agregados NBR NM 248 (2003).

- Massa específica e massa específica aparente do agregado miúdo NBR NM 52 (2003).
- Massa específica e massa específica aparente do agregado graúdo NBR NM 53 (2003).
- Determinação de absorção do agregado miúdo NBR NM 30 (2001).
- Determinação da massa unitária e volume de vazios NBR NM 45 (2006).
- Determinação do teor de materiais pulverulentos NBR NM 46 (2003).
- Determinação de impurezas orgânicas NBR NM 49 (2001).

Na análise e caracterização dos agregados para produção de concretos com cimento Portland, dois foram os agregados miúdos analisados como mostra a figura 2 a seguir:



Figura 2 - Amostra de arenito
Fonte: do autor.

Amostra de areia natural

3.1.2 Caracterização do Concreto

Para determinação das propriedades do concreto produzido com cimento Portland foram analisados os seguintes quesitos:

- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos NBR-5739 (1994)
- Argamassa e concretos endurecidos, determinação da absorção de água por imersão índice de vazios e massa específica NBR-9778 (2005).

- Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – NBR 5738 (2003).
- Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos – NBR 7222 (1994).
- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – NBR NM 67 (1998).
- Preparação de concreto em laboratório – NBR NM 79 (1996).

No presente estudo a resistência à compressão axial foi efetuada aos 7, 14 e 28 dias sendo confeccionados três corpos de prova (10 cm x 20 cm) para cada idade, assim como ensaios de resistência à tração por compressão diametral e de absorção por imersão aos 28 dias como mostra tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Quantidade de corpos-de-prova a serem moldados

Concretos com 100% de Substituição	Ensaio de resistência à compressão axial			Ensaio de tração por compressão diametral	Ensaio de absorção por imersão
	7 dias	14 dias	28 dias		
Areia Natural (referência)	3	3	3	3	3
Agregado Arenítico	3	3	3	3	3
Quantidade Total de CP	30 CP's				

Fonte: do autor

3.1.3 Cimento Portland

O cimento Portland utilizado foi o CII - Z- 32 da marca Votoran, com adição de pozolana, cujo material foi previamente armazenado em local seco.

3.1.4 Água

A qualidade da água deve ser considerada para efeitos de dosagem, embora o cuidado maior deva ser mais, em relação à quantidade de água empregada, do que propriamente com os elementos que ela possa conter (ARAÚJO & FREITAS, 2000).

A água de amassamento utilizada no experimento proveio da rede de distribuição interna das instalações da UTFPR.

3.1.5 Tipo de Betoneira

A homogeneização e mistura dos componentes do concreto foram realizadas em betoneira com cuba giratória e inclinável com capacidade para 320 litros.

3.1.6 Agregados

Todos os agregados empregados foram previamente coletados em proporções necessárias para a realização do estudo, armazenados e secos em estufa.

3.1.7 Traço do Concreto

Para o presente estudo foram produzidos concretos de cimento Portland como sendo; um com agregados convencionais areia e brita e outro com substituição total (100%) do agregado natural comumente utilizado, por agregado arenítico de jazida (arenito) tendo parâmetros comparativos entre os dois materiais citados.

Utilizando uma metodologia experimental e comparativa dos resultados analisando a possibilidade da substituição do agregado miúdo comumente usado por um agregado de arenito encontrado na região de São Luiz do Purunã, foi mantido o mesmo traço em ambos agregados, salvo ajustes efetuados devido à diferença das características dos materiais. Os traços são identificados da seguinte maneira:

1: an : b : a/c :

1= Uma parte de cimento Portland (kg)

an = Agregado miúdo

b = Agregado graúdo

a/c = Quantidade de água

O traço inicial utilizado como referencia nesta pesquisa foi de:

(1: 2: 3: 0,5) e as quantidades individuais de insumos para produção dos corpos de prova apresentam as proporções conforme tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de materiais utilizados

Materiais	Quantidade (Kg)	Relação
Cimento	14,00	1,00
Areia	28,00	2,00
Brita	42,00	3,00
Água	7,00	0,5

Fonte: do autor

O traço de concreto com arenito foi ajustado às proporções dos materiais mantendo o fator a/c e aproximando-se da consistência do traço de referencia sendo que após este ajuste o traço ficou conforme a tabela a seguir:

Tabela 3 - Traço Ajustado

Traço Areia Natural (1: 2 : 3) a/c 0,5

Traço Arenito (1: 2,16 : 2,46) a/c 0,5

Fonte: do autor

3.1.8 Preparo do Concreto

Após a secagem dos agregados miúdos em estufa, os materiais foram previamente pesados conforme tabela 2 e a preparação do concreto seguiu a seguinte sequencia em todas as operações;

- a) Foi realizada a imprimação da betoneira, usando cimento, agregado miúdo e água;
- b) O material restante foi retirado para não afetar a mistura;
- c) Toda a quantidade de agregado graúdo foi adicionada a betoneira.
- d) A água foi adicionada, acionando o equipamento e realizando a mistura por aproximadamente 3 minutos;
- e) O aglomerante (cimento) foi adicionado à mistura;
- f) Ao fim foi adicionado o agregado miúdo realizando a mistura por aproximadamente 10 minutos.



Figura 3 - Materiais quantificados para a produção do concreto.
Fonte: do autor

3.1.9 Determinação da Consistência

Foi utilizada a norma NBR NM 67 (1998), que especifica o método de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, determinando a consistência do concreto através da medida do seu assentamento, em laboratório e em obra, como mostra a figura 4 a seguir:

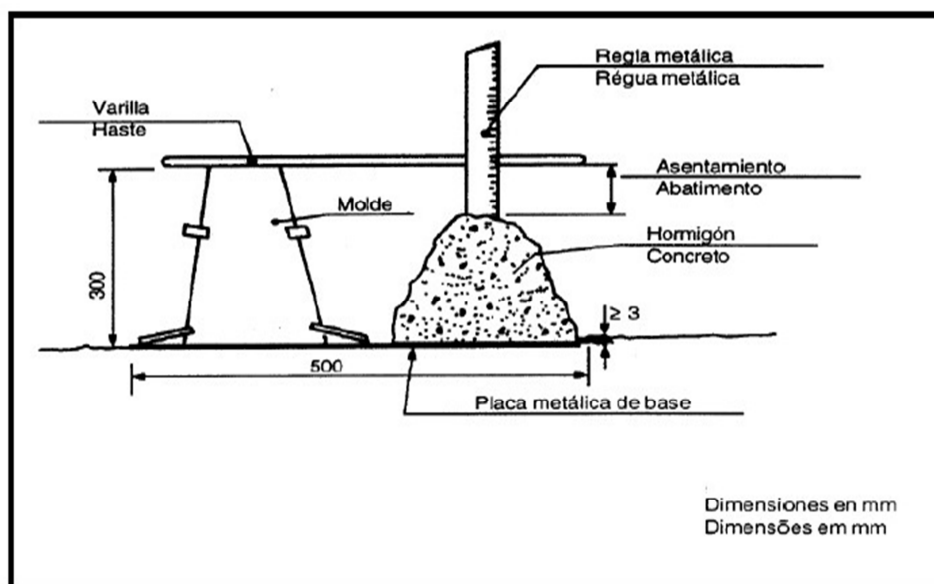


Figura 4 - Ensaio tronco de cone
Fonte: NBR NM 67 (1998)

3.1.10 Moldagem dos Corpos de Prova

Os métodos de moldagem foram seguidos com base na NBR 5738 (2003), moldagem e cura de corpos cilíndricos ou prismáticos de concreto, cujo adensamento foi realizado de forma manual, com haste de compactação, sendo colocado duas camadas e efetuado 12 golpes em cada camada, ao final rasando e modelando o topo para uma superfície uniforme, os corpos-de-prova utilizados possuem a dimensão de 100 x 200 mm, sendo desmoldados após 24 horas de sua confecção.

3.1.11 Cura do Concreto

Após o desmolde, imediatamente os corpos-de-prova foram submetidos à cura úmida por imersão permanecendo neste estado até as suas respectivas datas de ensaio à compressão como mostra figura 5 a seguir;



Figura 5 - Cura por imersão
Fonte: do autor

3.1.12 Capeamento

Segundo a NBR 5738 (2003) deve ser empregado um dispositivo auxiliar que garanta a perpendicularidade da superfície obtida, esta deve manter a superfície lisa isenta de riscos ou vazios e não apresentar falhas em sua superfície plana maiores que 0,05mm, com o objetivo das tensões serem uniformemente distribuídas nas faces a serem comprimidas.

Assim sendo para a presente pesquisa foi utilizado enxofre, derretido e colocado em molde com o objetivo de manter planas as faces dos corpos-de-prova (Figura 6).



Figura 6 - Molde dos corpos-de-prova
Fonte: do autor

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentados todas as análises obtidas durante a realização do programa experimental, conforme metodologia descrita no capítulo três cujos resultados serão apresentados em forma de gráficos, tabelas e figuras para elucidar melhor a compreensão.

4.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS

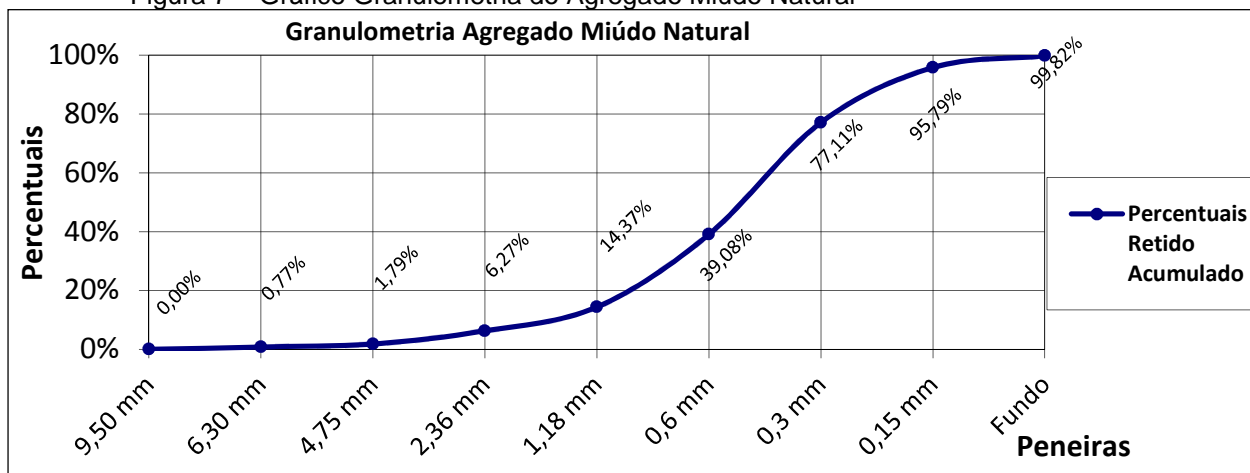
Os resultados da análise granulométrica do agregado miúdo foi feita conforme norma ABNT NBR 348/2003 cujos valores estão apresentados na tabela 4 e curva granulométrica na figura 7.

Tabela 4 - Granulometria do Agregado Miúdo (Referência)

AGREGADO MIÚDO NATURAL								
Peneira (mm)	Pesos (gr)	Porcentagens (%)		Cálculo (MF) (%)	Faixa porcentagens acumuladas Limites da NBR 7211 (2009)			
		Retida (%)	Acumulada (%)		Limite Inferior Zona utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona utilizável	Limite Superior Zona Ótima
9,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
6,3	2,32	0,77	0,77	0,77	0	0	0	7
4,8	3,06	1,02	1,79	1,79	0	0	5	10
2,4	13,45	4,48	6,27	6,27	0	10	20	25
1,2	24,30	8,10	14,37	14,37	5	20	30	50
0,6	74,14	24,71	39,08	39,08	15	35	55	70
0,3	114,10	38,03	77,11	77,11	50	65	85	95
0,15	56,06	18,68	95,79	95,79	85	90	95	100
Fundo	12,10	4,03	99,82	99,82	100	100	100	100
Total	299,80	99,82		287				
				MF = 2,35 mm	D.M.C = 4,75 mm			

Fonte: do autor

Figura 7 - Gráfico Granulometria do Agregado Miúdo Natural



Fonte: do autor

Os resultados da análise granulométrica do agregado miúdo arenito foi feita conforme norma ABNT NBR 348/2003 cujos valores estão apresentados na tabela 5 e curva granulométrica na figura 8.

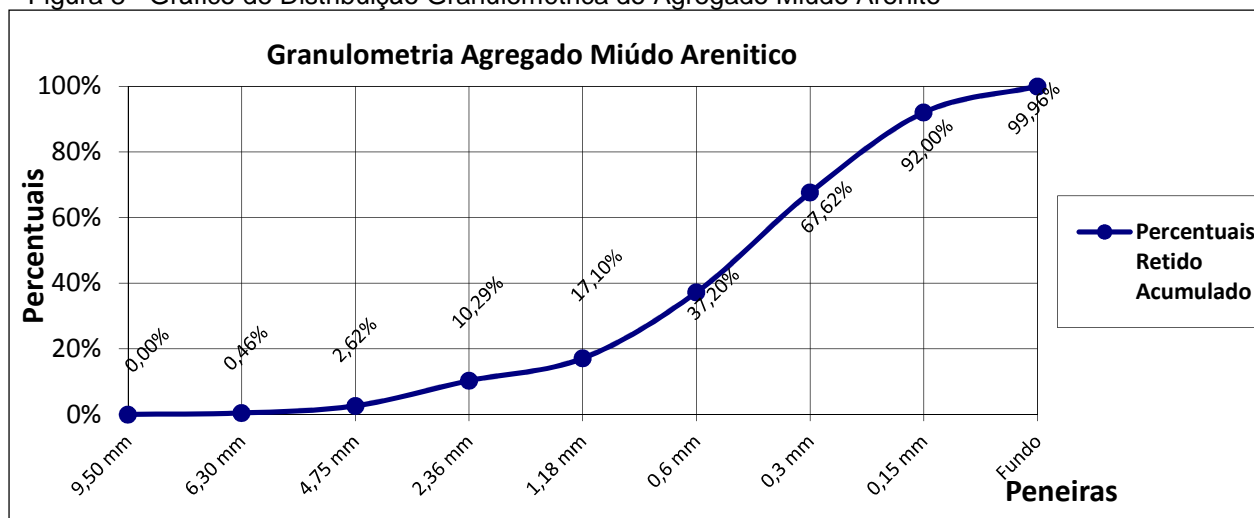
Tabela 5 - Granulometria do Agregado Miúdo (Arenito)

AGREGADO MIÚDO (ARENITO)

Peneira (mm)	Pesos (gr)	Porcentagens (%)		Cálculo (MF) (%)	Porcentagens acumuladas Limites da NBR 7211 (2009)			
		Retida (%)	Acumulada (%)		Limite Inferior Zona utilizável	Limite Inferior Zona Ótima	Limite Superior Zona utilizável	Limite Superior Zona Ótima
9,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
6,3	1,40	0,46	0,46	0,46	0	0	0	7
4,8	6,48	2,16	2,62	2,62	0	0	5	10
2,4	23,03	7,67	10,29	10,29	0	10	20	25
1,2	20,43	6,81	17,10	17,10	5	20	30	50
0,6	60,30	20,10	37,20	37,20	15	35	55	70
0,3	91,28	30,42	67,62	67,62	50	65	85	95
0,15	73,16	24,38	92,00	92,00	85	90	95	100
Fundo	23,90	7,96	99,96	99,96	100	100	100	100
Total	299,98	99,96		276				
		MF = 2,27 mm		D.M.C = 4,75 mm				

Fonte: do autor

Figura 8 - Gráfico de Distribuição Granulométrica do Agregado Miúdo Arenito

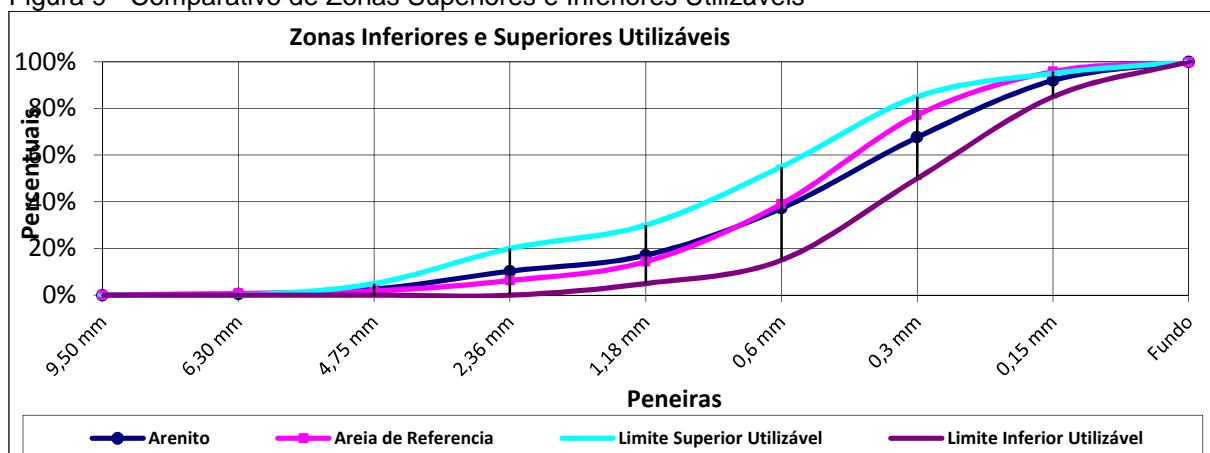


Fonte: do autor

O arenito e a areia natural de referência apresentaram respectivamente módulo de finura de 2,35mm e 2,27mm conforme tabela 3 e 4. Segundo a norma NBR 7211 ambos os agregados analisados encontram-se na classe fina, destacando em ensaio, o arenito que apresentou uma granulometria menor, cerca de 3,40% de diferença para o agregado miúdo de referência.

Na figura 9 é possível identificar as zonas correspondentes aos limites recomendados pela NBR 7211(2009) e a curva granulométrica dos agregados miúdos ensaiados.

Figura 9 - Comparativo de Zonas Superiores e Inferiores Utilizáveis



Fonte: do autor

Analisando a figura 9 verifica-se que ambos agregados encontram-se nos respectivos limites superiores e inferiores utilizáveis segundo NBR 7211 (2009).

Os resultados da análise granulométrica do agregado graúdo foi feita conforme norma ABNT NBR 348/2003 cujos valores estão apresentados na tabela 6 e curva granulométrica na figura 10.

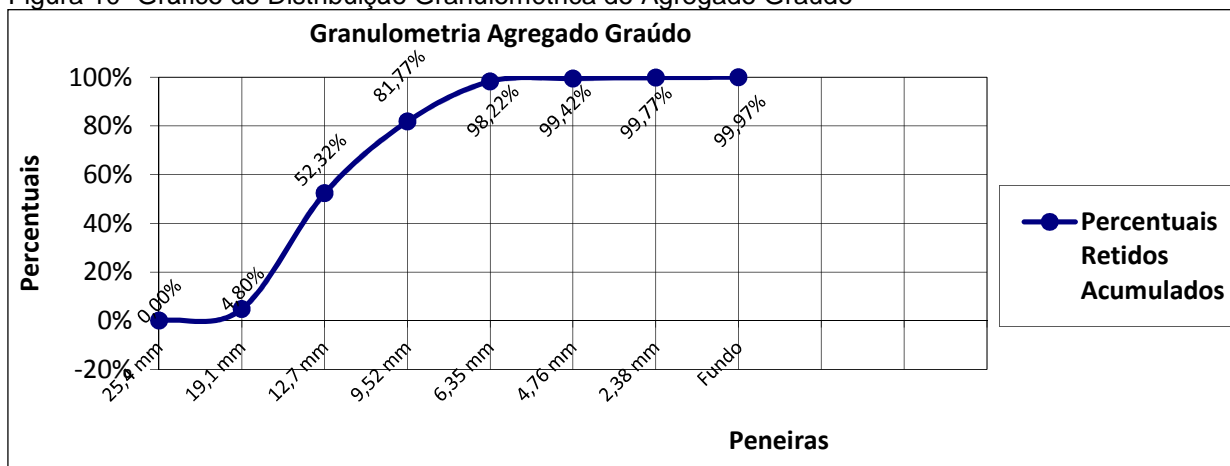
Tabela 6 - Granulometria do Agregado Graúdo

AGREGADO GRAÚDO								
Peneira (mm)	Pesos (gr)	Porcentagens (%)		Cálculo (MF)	Porcentagens acumuladas Limites da NBR 7211			
		Retida	Acumulada		Brita 0	Brita 1	Brita 2	Brita 3
25,4	0,00	0,00	0,00	0,00	///	///	0-25	87-100
19,1	96,08	4,80	4,80	4,80	///	0-10	75-100	95-100
12,7	950,03	47,52	52,32	52,32	///	///	90-100	///
9,52	589,02	29,45	81,77	81,77	0-10	80-100	95-100	///
6,35	329,07	16,45	98,22	98,22	///	92-100	///	///
4,76	24,02	1,20	99,42	99,42	80-100	95-100	///	///
2,38	7,08	0,35	99,77	99,77	95-100	///	///	///
1,19	2,09	0,10	99,87	99,87	///	///	///	///
0,6	///	///	99,87	99,87				
Fundo	2,02	0,10	99,97	99,97	///	///	///	///
Total	1999,41	99,97	636					
			MF = 6,36 mm		D.M. C = 19,1 mm			

Fonte: do autor

Na tabela 6 é possível analisar que o módulo de finura do agregado graúdo foi de 5,36mm e seu diâmetro máximo característico foi de 19,1mm. Conforme NBR 7211 comparando as porcentagens retidas acumuladas do agregado com os limites estabelecidos em norma, o mesmo enquadra-se na classificação de brita 1.

Figura 10- Gráfico de Distribuição Granulométrica do Agregado Graúdo



Fonte: do autor

4.2 TEOR DE IMPUREZAS ORGÂNICAS.

Segundo a NBR NM 49 (2001) toda matéria orgânica quando em grandes quantidades pode afetar negativamente as características do concreto, como perda de resistência e retardo na pega (endurecimento do concreto).

Conforme figura 11 pode-se comparar o teor de impurezas orgânicas presente em cada agregado.

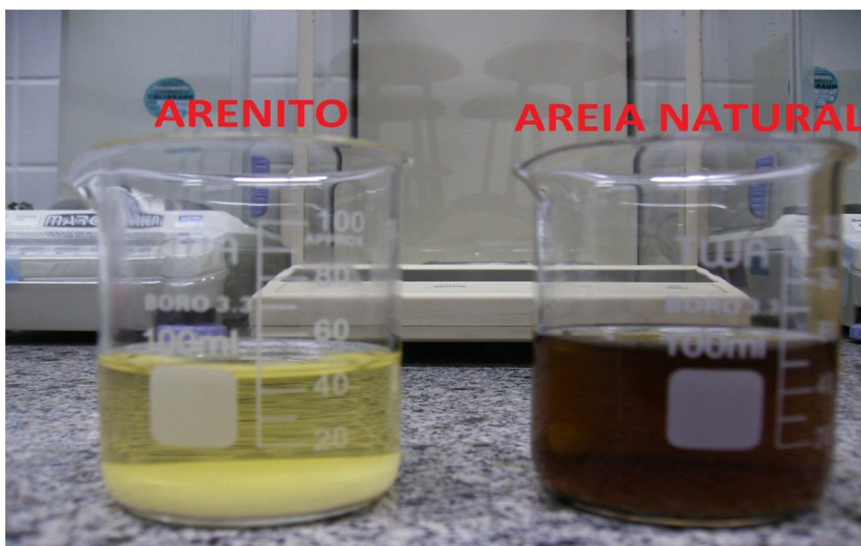


Figura 11 - Comparativo de Impurezas

Fonte: do autor

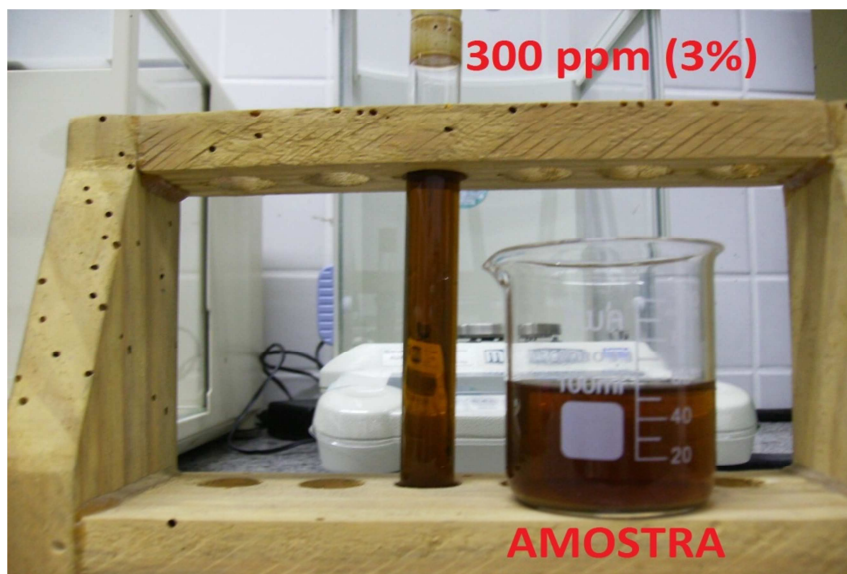


Figura 12 - Comparativo de Impurezas Orgânicas (Areia Natural)
Fonte: do autor

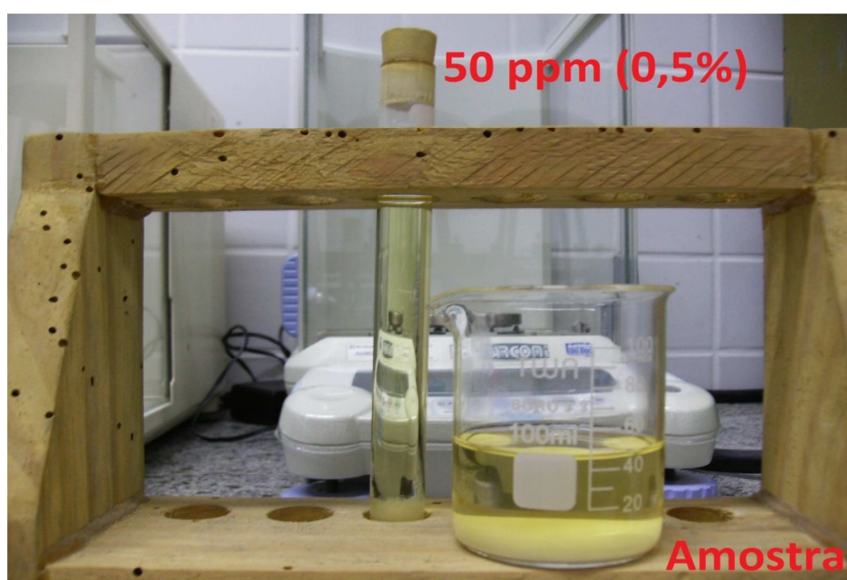


Figura 13 - Comparativo de Impurezas Orgânicas (Arenito)
Fonte: do autor

Na comparação entre a amostra de areia natural de referência e o arenito observa-se que o teor de impurezas é menor no agregado arenítico, ficando entre 0,5% e 1% (50 e 100 ppm) aproximadamente, conforme figura 13.

Já a areia natural de referência, apresentou teores de materiais orgânicos na ordem de 3% (300 ppm) aproximadamente, conforme figura 12. Isto devido a sua origem, tendo uma exposição maior a materiais orgânicos.

4.3 TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS.

Segundo a NBR NM 46 (2003) duas determinações devem ser feitas, ao final retirando a média, a diferença das duas determinações não deve ser maior que 1,0% em relação à média, caso contrário uma terceira determinação deverá ser realizada.

Tabela 7 - Teor de Materiais Pulverulentos

	Agregado Natural (referencia)	Agregado (Arenito)
Determinação 1	2,26%	11,38%
Determinação 2	2,39%	10,98%
Média	2,32%	11,18%

Fonte: do autor

Analisando a Tabela 7 pode-se afirmar que o percentual de materiais finos é maior no arenito, fator este que pode interferir na água de amassamento, interferindo nas propriedades do concreto no seu estado fresco e endurecido.

4.4 MASSA ESPECÍFICA INDICE DE VAZIOS E MASSA UNITÁRIA DOS AGREGADOS.

Conforme tabela 8 a massa específica do agregado natural de referência foi de 2,37 g/cm³ a do arenito foi de 2,24 g/cm³, o índice de vazios foi maior na areia natural ficando em 36,70% e 30,80% no arenito. A massa unitária foi de 1,50 kg/cm³ para o agregado natural de referencia e 1,55 kg/cm³ para o arenito.

Tabela 8 - Massa Especifica e Índice de Vazios dos Agregados

	Agregado Natural (Referência)	Agregado (Arenito)	Agregado Graúdo
Massa Específica (g/cm ³)	2,37	2,24	2,58
Índice de Vazios (%)	36,70	30,80	46,12
Massa Unitária (Kg/dm ³)	1,50	1,55	1,39

Fonte: do autor

4.5 ABATIMENTO. (SLUMP)

Os resultados das determinações das consistências dos concretos estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Abatimento do Concreto (Slump)

	Agregado Natural (referência)	Agregado (Arenito)
Traço (1:2: 3) a/c 0,5	35 mm	///
Traço (1:2,16:2,46) a/c 0,5	///	18 mm

Fonte: do autor

Conforme tabela 9 para o mesmo traço de materiais o abatimento foi de 35 mm para o agregado natural e de 18 mm para o arenítico. O menor abatimento registrado pelo arenito é decorrente do alto teor de materiais pulverulentos presentes na mistura. Para a obtenção de um abatimento maior foi necessário um ajuste nos materiais, determinando o traço em 1: 2,16: 2,46 a/c 0,5 para o arenito, mantendo o fator água cimento.

4.6 MASSA ESPECÍFICA, ABSORÇÃO E ÍNDICE DE VAZIOS DO CONCRETO ENDURECIDO.

Os valores das determinações da Massa Especifica, do Índice de Vazios, da absorção e da Massa Especifica saturada estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10 - Massa Especifica Absorção e Índice de Vazios do Concreto Endurecido

	Absorção	Índice de Vazios	Massa Especifica Seca	Massa Especifica Saturada
Areia Natural	6,39%	14,14%	2,307kg/dm ³	2,687 kg/dm ³
Arenito	4,58%	10,58%	2,273 kg/dm ³	2,542 kg/dm ³

Fonte: do autor

Conforme tabela 10 o índice de vazios e o teor de absorção representaram valores 1,91% de diferença entre ambos, destaque para o arenito cujos valores

foram relativamente menor, devido a sua composição granulométrica, apresentando partículas mais finas comparado a areia natural de referência.

4.7 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO

Os resultados dos ensaios de determinação da Resistência à Compressão do corpos-de provas estão apresentados nas tabelas 11, 12 e 13.

Tabela 11 - Ensaio Resistência Axial 7 Dias

Resistencia aos 7 Dias Areia Natural		Resistência aos 7 Dias Arenito	
Corpos de prova	Resistência (MPa)	Corpos de prova	Resistência (MPa)
1	26,42	1	24,21
2	27,32	2	24,08
3	27,16	3	25,90
Média	26,96	Média	24,73

Fonte: do autor

Tabela 12 – Ensaio de Resistência Axial 14 Dias

Resistencia aos 14 Dias Areia Natural		Resistência aos 14 Dias Arenito	
Corpos de prova	Resistência (MPa)	Corpos de prova	Resistência (MPa)
1	32,93	1	29,18
2	33,07	2	28,22
3	34,72	3	29,99
Média	33,57	Média	29,13

Fonte: do autor

Tabela 13 – Ensaio de Resistência Axial 28 Dias

Resistencia aos 28 Dias Areia Natural		Resistência aos 28 Dias Arenito	
Corpos de prova	Resistência (MPa)	Corpos de prova	Resistência (MPa)
1	39,11	1	28,54
2	37,68	2	27,09
3 (excluído)	17,67	3	29,98
Média	38,39	Média	28,53

Fonte: do autor

Na figura 14 é ilustrado as resistências para as diferentes idades e composição dos concretos.

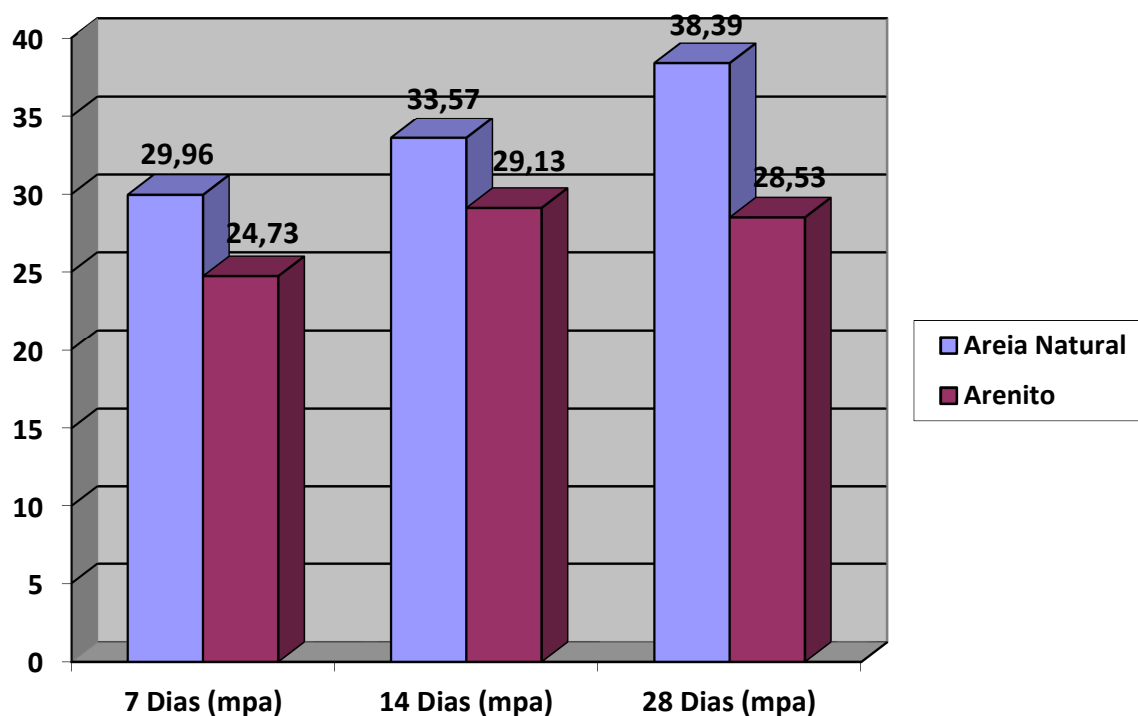


Figura 14 - Comparativo da Resistência Axial Média do Concreto
Fonte: do autor

No comparativo a diferença média de resistência do agregado miúdo natural para o arenítico foi de 17,45% aos 7 dias 13,22% aos 14 dias e 25,68% aos 28 dias.

Detalhe para a tabela 12 no qual o corpo de prova 3 foi excluído devido à discrepância de valor, o motivo do baixo rendimento, deve-se a má ruptura na realização do ensaio de resistência a compressão.

4.8 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DIAMETRAL DO CONCRETO

As Resistências à Compressão Diametral dos corpos-de-prova são apresentadas na tabela 14 e ilustradas na figura 15.

Tabela 14 – Resistência a Compressão Diametral do Concreto

Resistencia aos 28 Dias Areia Natural		Resistência aos 28 Dias Arenito	
Corpos de prova	Resistência (MPa)	Corpos de prova	Resistência (MPa)
1	2,49	1	1,99
2	2,37	2	2,36
3	3,16	3	2,25
Média	2,67	Média	2,25

Fonte: do autor

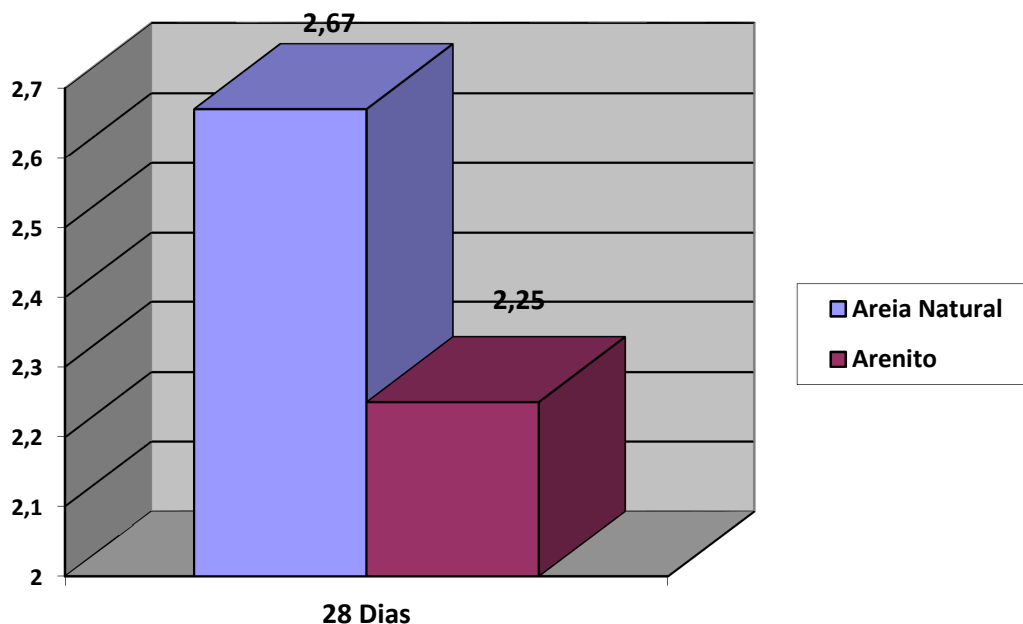


Figura 15 – Comparativo de Resistência a Compressão Diametral do Concreto
 Fonte: do autor

No comparativo da resistência por compressão diametral do concreto o agregado miúdo natural apresentou um índice de 15,76% superior, comparado ao agregado miúdo arenítico.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, serão apresentadas as conclusões observadas na realização da presente pesquisa e também a sugestão de temas para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES

No presente estudo experimental, após a realização de todas as etapas propostas no programa, referente à caracterização dos agregados e produção de concretos com cimento Portland usando um agregado miúdo arenítico proveniente da região de São Luiz do Purunã – PR em substituição ao agregado miúdo natural constatou-se a viabilidade técnica no emprego do arenito como agregado miúdo.

Embora o agregado arenítico tenha um percentual maior de materiais pulverulentos e um menor módulo de finura ele apresenta todas as características físicas necessárias para utilizá-lo como agregado miúdo para a produção de

concretos com cimento Portland. Comparado ao agregado miúdo natural de referência o arenito manteve-se nos limites superiores e inferiores utilizáveis, segundo NBR 7211 (2009).

As massas unitárias e específicas de ambos agregados mantiveram-se dentro da normalidade, comparado ao agregado miúdo comumente usado na produção de concretos com cimento Portland.

No que se refere a impurezas orgânicas o arenito apresentou um menor índice de contaminação comparado ao agregado natural, isto devido a sua origem, onde o contato com o material orgânico é menos frequente em rochas areníticas.

Comparando as propriedades como massa específica índice de vazios e massa unitária dos agregados ambos apresentaram valores dentro dos padrões estabelecidos por normas.

Propriedades como absorção, índice de vazios, massa específica seca e massa específica saturada, do concreto endurecido apresentaram valores próximos e dentro dos parâmetros normativos.

Referente aos ensaios de compressão axial e diametral do concreto, a utilização do arenito houve uma queda na resistência do concreto.

Pode-se afirmar que o agregado miúdo arenítico proveniente da jazida da região de São Luiz do Purunã representa uma potencial alternativa de substituição comparado ao agregado miúdo natural comumente usado na construção civil.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Esta pesquisa foi desenvolvida buscando mostrar as características e o desempenho de ambos agregados na produção de concretos com cimento Portland, no entanto algumas linhas de pesquisas podem ser exploradas, entre elas pode-se citar:

- Avaliar o desempenho do agregado na produção de concretos auto adensáveis.
- Avaliar os custos diretos e indiretos da produção do agregado miúdo arenítico em comparação ao agregado natural.
- Avaliar o desempenho com argamassas de revestimento.

- Avaliar o desempenho do agregado mediante diversos tipos de aglomerantes.
- Avaliar o desempenho do agregado mediante ambientes agressivos.
- Avaliar o uso de aditivos na produção de concretos com agregado miúdo arenítico.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O arenito pode representar um meio de otimizar e racionalizar os materiais extraídos da natureza, causando um menor índice de degradação e contribuindo de forma significativa para o ecossistema.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30/01- Determinação da absorção do agregado miúdo. Rio de Janeiro, (2001).

-----. NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, (2003).

-----. NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, (1994).

-----. NBR 7211 - Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, (2005).

-----. NBR 7222 - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, (1994).

-----. NBR 7810 - Determinação da massa unitária em estado compactado seco de agregados. Rio de Janeiro, (1983).

-----. NBR 9778 - Determinação da absorção de água por imersão - índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, (2005).

-----. NBR NM 30 – Agregado miúdo, determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, (2000).

-----. NBR NM 46 - Determinação do teor de materiais pulverulentos em agregados. Rio de Janeiro, (2003).

-----. NBR NM 49 – Agregado fino, determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, (2001).

-----. NBR NM 52 - Determinação da massa específica e massa específica aparente do agregado miúdo. Rio de Janeiro, (2003).

-----. NBR NM 67 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone Rio de Janeiro, (1998).

-----. NBR NM 248 - Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, (2003).

ALVES, J. D, Tecnologia do Concreto. São Paulo, Pini, 1978, 123p.

ANDRIOLO, SCANDIUZZI, L., F. R. Concreto e seus Materiais: Propriedades e Ensaio. São Paulo: Pini, 1981, 553 p.

ARAUJO, R. C. L.; RODRIGUES, E. H. V.; FREITAS, E. G. A.; Materiais de Construções – Construções Rurais – Serotópica, Rio de Janeiro, 2000, v1 203p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia básico de utilização do cimento Portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

BASÍLIO, E. S. Agregados para Concreto, Estudo Técnico – ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1995, 35p.

BASÍLIO, E. S. Agregados para Concreto. São Paulo: ABCP, 1984, 48p.

BASTOS, X. K. P, Areia de Britagem para Argamassas e Concretos – Experiência de Juiz de Fora Minas Gerais. Artigo XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2006.

BUEST NETO, G. T. Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CAMPOS, J. A.; ALMEIDA, S. L. M.; Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreiras, Contribuição técnica elaborada para Revista Areia e Brita, Rio de Janeiro, 2007.

COUTINHO, A.S Fabrico e Propriedades do Betão, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1973.

GIAMMUSSO, E. S. Manual do Concreto. São Paulo, Pini 1992. 160 p.

GRIGOLI, A. S. Arenito Caiuá – Utilizado como Agregado Miúdo para Concreto Estrutural: 5º. Congresso Brasileiro de Cimento (CBC) – 1999, 16 p.

HELENE, P. R. L. TERZIAN, Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo, Pini, 1993, 300 p.

MEHTA, P. K. MONTEIRO J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. 3ª Edição. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008. 674 p.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto / Tradução Salvador E. Giammusso – São Paulo: Pini, 1982.

OLIVEIRA, J. A, Influência dos Agregados no Desempenho da Resistência a Compressão do Concreto. Artigo V Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura, 2005.

PETRUCCI, E.G.R (1978) Concretos de Cimento Portland, 5 edição, Editora Globo, Porto Alegre, Brasil 307p.

RAFFESTIN, C, A Natureza do Espaço Construtivo, Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2005. 44 p.

SANTILLI, J. Estudo sobre a Areia Artificial em Substituição a Areia Natural para Confecção de Concreto, Departamento de Construção Civil Universidade Federal de Juiz de Fora Campus Universitário Bairro Martelos Juiz de Fora – MG – Brasil.

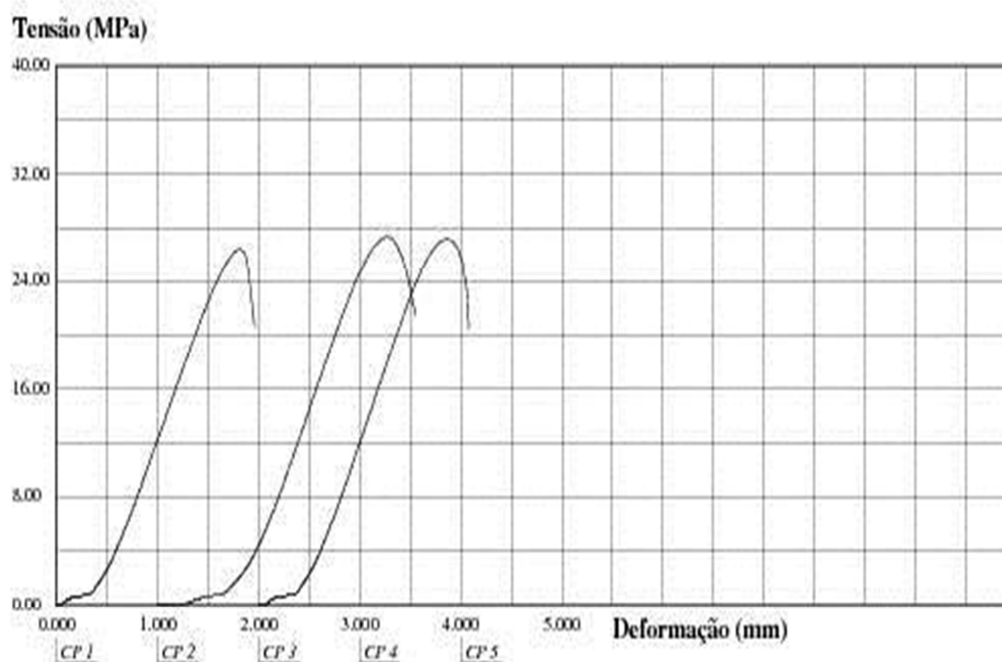
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Laboratório de Materiais

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL3000N Célula: Trd 29 Extensômetro: - Data: 26/05/2011 Hora: 20:30:59 Trabalho nº **0064**
 Programa: Tesc versão 3.05 Método de Ensaio: DL30_Gus_compressao_cilindrico_concreto
 Ident. Amostra: Areia natural 1:2:3 a/c 0.5 ALUNO: Everton MATERIAL: Concreto - 7 dias ENSAIO: Compressão Axial

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Força Máxima (kgf)	Tensão (MPa)
CP 1	207510.27	21160.24	26.42
CP 2	214609.69	21884.18	27.32
CP 3	213294.23	21750.04	27.16
Mediã	211800	21600	26.97
Mediana	213300	21750	27.16
Desv. Padrão	3777	385.1	0.4809
Coef. Var. (%)	1.783	1.783	1.783
Mínimo	207500	21160	26.42
Máximo	214600	21880	27.32



RESULTADO ENSAIO COMPRESSÃO AXIAL (AREIA NATURAL 7 DIAS).

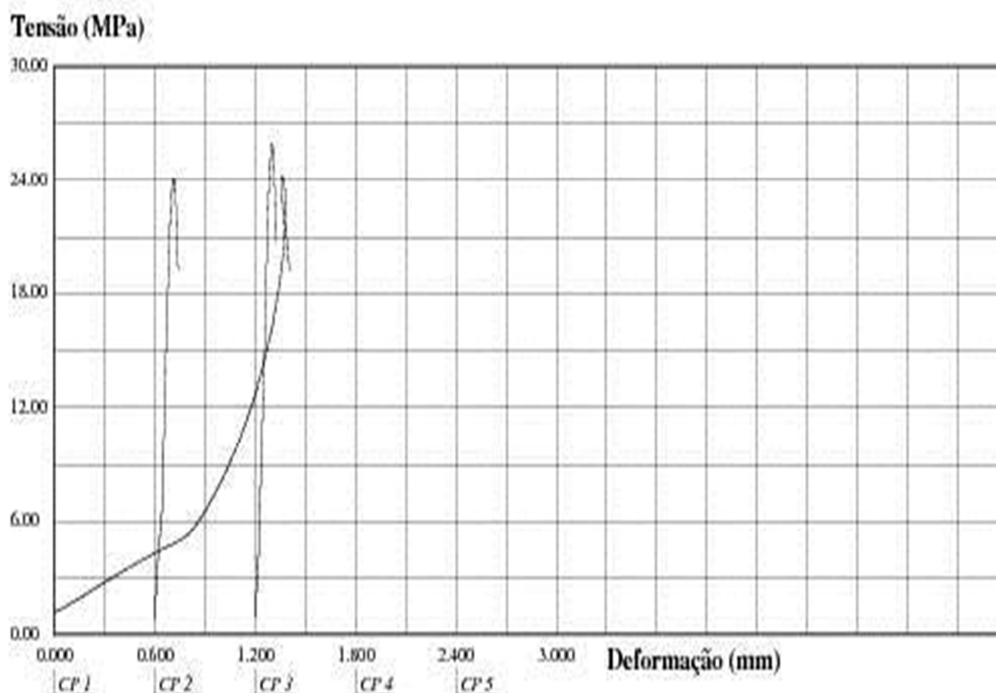
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Laboratório de Materiais

Relatório de Ensaio

Máquina: Emic DL3000N Célula: Trd 30 Extensômetro: - Data: 27/05/2011 Hora: 19:48:54 Trabalho nº **0067**
 Programa: Tesc versão 3.05 Método de Ensaio: PC200_Gus_compressao_cilindrico
 Ident. Amostra: Ensaio Arenito ALUNO: Everton MATERIAL: Concreto - 7 dias ENSAIO: Compressão Axial

Corpo de Prova	Força @Força Max. (N)	Força @Força Max. (kgf)	Tensão @Força Max. (MPa)
CP 1	190139.56	19388.91	24.21
CP 2	189123.86	19285.34	24.08
CP 3	203445.28	20745.72	25.90
Média	194200	19810	24.73
Mediana	190100	19390	24.21
Desv. Padrão	7991	814.9	1.018
Coef. Var. (%)	4.114	4.114	4.114
Mínimo	189100	19290	24.08
Máximo	203400	20750	25.90



RESULTADO ENSAIO COMPRESSÃO AXIAL (ARENITO 7 DIAS)

