UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUI

GEISIELE GHISLENI

ESTUDO DA VIABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

Ijuí

2014

GEISIELE GHISLENI

ESTUDO DA VIABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Diorges Carlos Lopes, Mestre

Ijuí

2014

GEISIELE GHISLENI

ESTUDO DA VIABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Ijuí, 10 de dezembro de 2014

Prof. Diorges Carlos Lopes

Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria - Orientador

Prof. Cristina Eliza Pozzobon

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tarcísio Dorn de Oliveira (UNIJUÍ)

Mestre, pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Diorges Carlos Lopes

Mestre, pela Universidade Federal de Santa Maria - Orientador

Aos meus amados pais, João Leopoldo e Salete, pelo amor, incentivo e compreensão, dedico-lhes esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por sempre estar ao meu lado quando a ele recorri. Por guiar meus passos, mantendo-me firme e forte na busca de concretização de meus sonhos e objetivos.

Aos meus pais, João Leopoldo e Salete, meu porto seguro, por estarem sempre ao meu lado, me incentivando com palavras, amor, carinho e dedicação. Agradeço a vocês, pelo esforço não medido, por sentirem e dividirem comigo minhas angustias, preocupações, noites em claro. Meu amor por vocês é incondicional.

A minha querida família, meus irmãos Gislane e Nathan, ao meu cunhado André, a minha sobrinha Nicoli, pelo carinho, companheirismo, incentivo e a confiança a mim depositada. Pelos domingos em família, pelas alegrias compartilhadas. Em especial ao meu irmão, pelo coleguismo nas noites em claro, dedicadas a engenharia.

Ao meu namorado Vitor, pela compreensão, paciência, pelas palavras de motivação e carinho. Obrigada por estar ao meu lado.

Agradeço ao Professor orientador, Diorges Carlos Lopes, pelas horas dedicadas a este trabalho, pelas duvidas e incertezas esclarecidas, por acreditar na minha capacidade.

A professora Cristina, pelo auxilio e dedicação durante estes cinco anos de graduação, pela ajuda na realização deste trabalho, por ser um grande exemplo profissional. Á todos os mestres, pelos ensinamentos, credibilidade, e instigação à pesquisa e ao estudo.

Agradeço enormemente aos meus amigos e colegas, especialmente a Emmanuelle, Geannina, Gilnei e Mauricio, pela amizade, o conhecimento compartilhado, as madrugadas de estudo, ligações e aflições, a cada plotagem de projetos, a cada nota liberada no portal, pelo companheirismo do inicio ao fim desta graduação, vocês fizeram valeram muito mais pena.

Ao amigo Cristiano, pelos primeiros anos faculdades compartilhados, pelas ligações desesperadas por entendimento das disciplinas, pelas as madrugadas de estudo pelo skype, pela ajuda mutua, pela amizade que cruzou o mundo.

Aos amigos e colegas do PET, obrigada pela paciência, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão estendida, pela troca de conhecimento, pelas manhãs trabalhosas, pelas boas gargalhadas. Aos que já passaram por este projeto de pesquisa, obrigada pelo ensinamento e bons exemplos aqui deixados.

Aos colegas de pesquisa, João e Nicole, pelas manhãs dedicadas ao trabalho, pela ajuda nos ensaios e o comprometimento para o sucesso desta pesquisa.

Aos funcionários, Luiz, pelos ensinamentos, pelo incentivo, puxões de orelha, mas, principalmente a grande ajuda para o acontecimento e desenvolvimento deste trabalho. A Cassiana, pela ajuda no desenrolar de documentos, esclarecimento de duvidas, pelo comprometimento.

Ao professor Boris, pelo auxilio no esclarecimento de resultados, para a completa finalização desta pesquisa.

As empresas Cisbra e FUNDIMISA, pelo interesse, ajuda e disponibilidade dos materiais para a realização da pesquisa.

A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso,
cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a
cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

Charles Chaplin

RESUMO

GHISLENI, Geisiele. **Estudo da viabilidade na reutilização de areia de fundição na produção de blocos de concreto.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2014.

Produzidos em todos os estágios das atividades humanas, os resíduos, em termos tanto de composição quanto de volume, variam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção. As principais preocupações estão voltadas às repercussões dos seus efeitos à saúde humana e ao meio ambiente. Os resíduos produzidos pela indústria são particularmente preocupantes, pois, quando incorretamente gerenciados, tornam-se uma grave ameaça ao meio ambiente. O número crescente de materiais e substâncias identificados como perigosos e a produção desses resíduos em quantidade cada vez maiores têm exigido soluções eficazes e investimentos por parte de seus geradores. Além disso, a crescente industrialização nos países em desenvolvimento, tem influencia sobres esses resíduos, pois passam a ser gerados em regiões nem sempre preparadas para processá-los ou, pelo menos, armazená-los adequadamente. Em especial os originados em processos de fundição, as então chamadas areias residuais ou areias de descarte de fundição, que representam um dos resíduos industriais de maior volume. Estima-se que no Brasil sua geração anual alça os três milhões de toneladas (ABIFA, 2012). Atualmente, seu principal destino final são os aterros de descarte industrial, que além do alto custo de implantação e manutenção, acarretam no aumento do processo de desertificação. Diante deste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar através de ensaios normativos, o desempenho de blocos de concreto com substituição total da granilha por areia de fundição, analisando quanto aos riscos ambientais e humanísticos, com o proposito da aprovação desta mistura. Sendo que este trabalho propende à sustentabilidade, tanto na reutilização de um resíduo, como na diminuição da exploração de recursos naturais. A metodologia inicia-se com a determinação e classificação das misturas dos blocos em amostra de referência, e misturas com 10%, 20% e 30% de areia de fundição. As análises destas composições, foram realizadas aos 7 e 28 dia, os ensaios de verificação de desempenho físico e mecânico, Analise Dimensional, Absorção de Água, Resistência à Compressão, e a Resistência à Compressão em Prismas. Realizou-se também, os ensaios químicos, de Microscopia Eletrônica De Varredura (MEV) conjuntamente a Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X (EDS), e a Lixiviação, examinando parâmetros

da influencia do resíduo incorporado na mistura. Considerando a analise comparativa dos resultados obtidos, conclui-se que a mistura com 10% de areia de fundição, apresentou melhor desempenho no desenvolver dos ensaios físicos e mecânicos, diante disto, fizeram-se os ensaios químicos. O MEV apresentou uma boa interação dos agregados juntamente com o resíduo, já o EDS, quantitativamente representou uma baixa composição de elementos perigosos na mistura, e o laudo da lixiviação classificou a mistura como resíduo Não Inerte- Classe II. Com os parâmetros considerados nestes ensaios, conclui-se que a reutilização em 10% de areia de fundição na substituição de granilha na produção de blocos de concreto, é possível.

Palavras-chave: Blocos de concreto. Resíduo. Ensaios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Destinação dos resíduos de fundição no RS 30
Figura 2- Família de 09 dos blocos vazados de concreto 34
Figura 3- Família de 14 dos blocos vazados de concreto 35
Figura 4- Família de 39 dos blocos vazados de concreto 35
Figura 5- Brita 0 38
Figura 6- Pó de Pedra 39
Figura 7- Granilha 40
Figura 8- Areia 40
Figura 9- Cimento 41
Figura 10- Areia de fundição 42
Figura 11- Curva de estudo da Mistura Referência 50
Figura 12- Curva de estudo da Mistura 10% de Areia de Fundição 52
Figura 13- Curva de estudo Mistura 20% de Areia de Fundição 54
Figura 14- Curva de estudo da Mistura 30% de Areia de Fundição 55
Figura 15- Empresa Cisbra Bloco 56
Figura 16- Silos para armazenamento dos agregados 58
Figura 17- Armazenamento e pesagem da Areia de Fundição 58
Figura 18- Processo de Produção- Misturador e correia para mistura 59
Figura 19- Prensa hidráulica 59
Figura 20- Sequencia de produção na prensa hidráulica 60
Figura 21- Sequencia final de produção 60
Figura 22- Medições das dimensões dos blocos 61
Figura 23- Identificação dos corpos de prova 62
Figura 24- Pesagem das amostras em temperatura ambiente 62
Figura 25- Corpos de prova em estufa 63
Figura 26- Corpos de provas resfriando naturalmente 64
Figura 27- Pesagem dos blocos saturados com superfície seca 64
Figura 28- Blocos submerso 65
Figura 29- Balança pesando os blocos submersos 66
Figura 30- Argamassa para capeamento e mesa untada com óleo 67

Figura 31- Argamassa assentada e nivelada na mesa 67
Figura 32- Assentamento e nivelamento dos corpos de prova 68
Figura 33- Capeamento dentro do bloco e sua espessura 68
Figura 34- Descolamento da argamassa do bloco 69
Figura 35- Bloco recebendo carregamento e o pós-ruptura 69
Figura 36- Argamassa industrializada 70
Figura 37- Montagem de prima 70
Figura 38- Acabamento da montagem de prisma 71
Figura 39- Rompimento e pós-rompimento de prismas 71
Figura 40- Equipamento para pulverização do ouro no ensaio MEV 73
Figura 41- Microscópio para ensaio de MEV 73
Figura 42- Amostras para ensaio de lixiviação 74
Figura 43- Resultado do ensaio de Absorção de Água aos 7 dias 76
Figura 44- Resultado do ensaio de Absorção de Água aos 28 dias 77
Figura 45- Resultados da área líquida das misturas aos 7 dias 78
Figura 46- Resultado da área líquida das misturas aos 28 dias 78
Figura 47- Resultado das misturas de resistência à compressão aos 7 dias 80
Figura 48- Resultado das misturas de resistência à compressão aos 28 dias 81
Figura 49- Resultados da resistência à compressão de prismas 82
Figura 50- Microscopia do concreto com compostos formados 83
Figura 51- Microscopia do concreto 84
Figura 52- Microscopia do concreto- entringita secundária 84
Figura 53- Microscopia do concreto- Monossultafo 85
Figura 54- Microscopia do concreto- C-S-H 85
Figura 55- Microscopia do concreto – Amostra referência, 50 μm aos 28 dias 86
Figura 56- Microscopia do concreto – 10-B, 50 μm 87
Figura 57- EDS – Amostra referência 88
Figura 58- EDS- Mistura 10% A.F. 89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição da areia de fundição 28
Tabela 2- Requisitos para resistência característica à compressão absorção e retração 33
Tabela 3- Areias de fundição geradas pela FUNDIMISA- RS (média do ano) 42
Tabela 4- Série de peneiras 45
Tabela 5- Composição granulométrica do agregado Areia 46
Tabela 6- Composição granulométrica do agregado Brita 0 46
Tabela 7- Composição granulométrica do agregado Pó de Pedra 47
Tabela 8- Composição granulométrica do agregado Granilha 47
Tabela 9- Composição granulométrica do resíduo Areia de Fundição 48
Tabela 10- Composição da Mistura Referência 49
Tabela 11- Traço da Mistura Referência 51
Tabela 12- Composição da Mistura 10% de Areia de Fundição 51
Tabela 13- Traço da Mistura 10% Areia de Fundição 52
Tabela 14 - Composição da Mistura de 20% de Areia de Fundição 53
Tabela 15- Traço da Mistura 20% de Areia de Fundição 54
Tabela 16- Composição da Mistura com 30% de Areia de Fundição 55
Tabela 17- Traço da Mistura 30% Areia de Fundição 56
Tabela 18- Resultado analise dimensional 75

LISTA DE SIGLAS

Ømáx- Dimensão Máxima Característica

ABIFA- Associação Brasileira de Fundição

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A.F.- Areia de Fundição

ASTM- Sociedade Americana de Testes e Materiais

CONOMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

EDS- Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio- X

EPA- Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da America

FEPAM-RS- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO- International Organization for Standardization

LEC- Laboratório de Engenharia Civil

MEV- Microscopia Eletrônica de Varredura

MF- Módulo de Finura

MMA- Ministério do Meio Ambiente

MPa- Mega Pascal

TEPENG- Tecnologia em Engenharia

UFRGS- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

UPF- Universidade de Passo Fundo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

2 REVISÃO DA LITERATURA 16

2.1 Resíduos Sólidos 16

2.1.1 Classificação 17

2.1.2 Tipos de resíduos 17

2.1.3 Gestão de resíduos sólidos 19

2.1.3.1 Reutilização de resíduos sólidos 21

2.1.3.2 Alternativas de utilização dos resíduos na construção civil 22

2.2 Areia De Fundição 25

2.2.1 Processo de fundição 25

2.2.2 Preparo da areia de fundição 27

2.2.3 Opções de manejo com areais de fundição 28

2.3 Blocos De Concreto 30

2.3.1 Definições e classificação do produto 32

2.3.2 Produção dos blocos 35

3 MÉTODO DE PESQUISA 37

3.1 Classificação da pesquisa 37

3.2 Planejamento da Pesquisa 37

3.3 Materiais 38

3.3.1 Brita zero 38

3.3.2 Pó de Pedra 38

3.3.3 Granilha 39

3.3.4 Areia 40

3.3.5 Cimento 41

3.3.6 Areia de fundição 41

3.4 Misturas 43

3.4.1 Ensaio De Granulometria 44

3.4.2 Mistura Referência 48

3.4.3 Mistura Com 10% De Areia De Fundição 51

3.4.4 Mistura Com 20% De Areia De Fundição 53

3.4.5 Mistura Com 30% De Areia De Fundição 54

3.5 Fabricação dos blocos de concreto 56

3.5.1 Processo De Produção 57

3.6 Ensaios Laboratoriais 61

3.6.1 Análise Dimensional **61**

3.6.2 Absorção De Água 61

3.6.2.1 Secagem 62

3.6.2.2 Saturação 63

3.6.2.3 Área líquida 65

3.6.3 Resistência à compressão 66

3.6.4 Resistência à Compressão de Prismas 69

3.6.5 Microscopia Eletrônica De Varredura E Espectrometria De Energia Dispersiva De Raio-X– EDS 71

3.6.6 Lixiviação 73

4 RESULTADOS e discussões 75

4.1 Analise Adimensional 75

4.2 Absorção de Água 75

4.2.1 Área Líquida 77

4.3 Resistencia à Compressão 79

4.4 Resistencia à Compressão de Prismas 81

4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X– EDS 82

4.6 Lixiviação 89

5 CONCLUSÃO 90

REFERÊNCIAS……92

ANEXO A……..95

ANEXO B……..……96

ANEXO C……...…….…..97

ANEXO D……..98

1 INTRODUÇÃO

A indústria de fundição no Brasil é um segmento da economia com significativo potencial, empregando aproximadamente 63,4 mil trabalhadores, sendo que de janeiro a setembro deste ano, a exportação de fundidos faturou aproximadamente 946 mil dólares (ABIFA, 2014). O Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos maiores produtores de fundidos no mundo, Modern Casting/Dec (2013 apud ABIFA, 2014).

Um dos maiores problemas do setor de fundição é a geração de resíduos sólidos, que são constituídos principalmente pelas denominadas areias residuais ou areias descartadas de fundição. Estas se apresentam como um dos resíduos sólidos industriais de maior volume, e estima-se que no Brasil, sua geração anual alcança 3 milhões de toneladas (ABIFA, 2012), originando a preocupação com sua correta gestão .

De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos Sólidos (ABETRE) (2013 apud Garcia, 2014) somente 22% dos resíduos industriais gerados recebem a destinação correta, 16% desses resíduos são depositados em aterros enquanto apenas 5% são co-processados e somente 1% são incinerados. O restante, 78%, são despejados diretamente na natureza de maneira irregular.

A principal destinação das areias de fundição atualmente se dá em aterros de descarte industrial, que além de acarretar altos custos, tanto para sua implantação quanto para manutenção, gera uma crescente preocupação ambiental. O envio e a disposição das areias descartadas de fundição em aterros industriais se constituem atualmente a única solução legal, sem a necessidade de novos licenciamentos, além daqueles necessários a implantação e operação destas áreas.

Sob o ponto de vista econômico, é inviável para a grande maioria das empresas o uso de aterros controlados devido aos custos de transporte e disposição, especialmente quando é necessária adoção de serviços e locais terceirizados.

Além disso, a formação de aterros, sejam eles próprios ou de terceiros, acarreta no aumento do processo de desertificação, reduzindo o espaço de áreas produtivas, agrícolas,

habitáveis ou de preservação. Também originam grande risco para as empresas de fundição devido ao grande volume gerado de areia, que em caso de contaminação por acidente são responsabilizadas, devido ao pouco conhecimento existente dos reais impactos deste material no meio ambiente.

A construção civil se enquadra neste contexto, como uma opção viável de destinação a estes resíduos, se delimitando em proporcionar outra gestão a areia de fundição, quem a princípios é de exclusividade para aterros controlados.

Este estudo tem como objetivo analisar através de ensaios normativos, o desempenho de blocos de concreto com substituição total de granilha por areia de fundição, quanto a riscos ambientais e humanísticos. A proposta deste trabalho procede na aprovação da mistura ideal, identificada através de ensaios normativos, analise dos diferentes teores de agregado reciclado proveniente da fundição incorporada na mistura, e na identificação dos parâmetros críticos durante os processos.

Quanto aos ensaios físicos e mecânicos, se enquadra na analise granulométrica dos materiais para a produção dos protótipos, na absorção de agua, resistência à compressão, e resistência à compressão de prismas, referentes ao produto fabricado, e à mistura ideal identificada, nos ensaios químicos, microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrometria de energia dispersiva de raio-X (EDS), analisando a microestrutura formada entre as misturas dos materiais, para desfecho, a lixiviação, este focando os parâmetros da prevenção de possíveis riscos ambientais.

O trabalho esta estruturado em cinco capítulos. O primeiro, a Introdução, aborda os parâmetros aqui estabelecidos. O segundo, a Revisão da Literatura, consiste em uma fundamentação teórica sobre resíduos sólidos, gestão de resíduos, reutilização de resíduos, areia de fundição, origem e manejo da areia de fundição, blocos de concreto, classificação e produção do bloco de concreto. O terceiro capítulo, foca a Método de Pesquisa, abordando os ensaios em laboratório, as normas técnicas e o detalhamento dos procedimentos tanto para fabricação quanto para os ensaios. O quarto capítulo, os Resultados, é a apresentação dos números e considerações obtidas durante o desenvolver do terceiro capítulo. O quinto capítulo, Conclusões, aborda a síntese do quarto capítulos anteriores, buscando analisar e comparar e assim originando uma

discussão sobre os resultados apresentados em uma comparação com as referencias obtidas e os objetivos traçados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Alcantara (2005), o crescimento das demandas ambientais da sociedade tem exigido do setor produtivo respostas cada vez mais eficientes aos problemas causados no meio ambiente. O rápido adensamento industrial e o crescimento do consumo, verificados nas ultimas décadas, deixaram os limites do planeta cada vez tangíveis, no que diz respeito, a extração de matéria prima e ao uso dos recursos naturais.

Outro aspecto levantado por Alcantara (2005) refere-se ao ser humano, que interfere no meio ambiente inevitavelmente gerando resíduos (líquidos, sólidos e gasosos) através de suas ações, tanto durante o processo industrial como durante o uso dos produtos provenientes deste. Soma-se a isto o descarte dos resíduos que são os grandes causadores dos efeitos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem, que são lançados no ar, na água ou no solo.

Conforme, Demajorovic (1995apud Alcantara, 2005) a relação entre resíduos e a problemática ambiental torna-se mais viável quando se trata de resíduos sólidos, uma vez que seu grau de dispersão é bem menor do que líquidos e gases, além deste resíduo possuir valores econômicos agregados.

A proposito Aguilar et al (2008) assina-la que do ponto de vista do desenvolvimento sustentável esses resíduos devem ser minimizados ou reaproveitados no ciclo produtivo.

2.1 Resíduos Sólidos

Segundo São Paulo (2006 apud Caderno de Educação Ambiental, 2006) os resíduos sólidos são definidos como materiais decorrentes de atividade humanas em sociedade e que apresentam-se no estado sólido ou semi-sólido, como por exemplo os líquidos passiveis de tratamento com efluentes, ou ainda os gases contidos.

Os resíduos sólidos também são definidos pela da NBR 10004 (2004), como sendo:

> Todo resíduo nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede

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

2.1.1 Classificação

A classificação arbitrada pela NBR 10004 (2004) envolve a identificação do processo ou atividade que deu origem aos resíduos, seus constituintes, e respectivas características, comparando estes com substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente são conhecidos.

De acordo com essa Norma os resíduos sólidos são classificados em:

a) Resíduos Classe I – Perigosos: Aqueles que proporcionam riscos a saúde pública e ao meio ambiente ou uma apresentam das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade ou ainda constem nos anexos A ou B da NBR 10004/2004.

b) Resíduos Classe II – Não perigosos: Os códigos para alguns resíduos dessa classe encontram-se no anexo H da NBR 10004/2004.

- Resíduos Classe II A – Não inertes: Aqueles que podem ter propriedades, tai como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes.

- Resíduos Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10007/2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10004/2004.

2.1.2 Tipos de resíduos

O ramo industrial está em crescente avanço nos últimos anos, isto se comprova com estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004), onde o crescimento industrial atingiu 8,3%. Estes dados devem ser avaliados com duplo sentido, primeiramente que ramo da indústria está em processo de melhorias, beneficiando nosso país e gerando novos empregos, porém, como consequência o aumento da geração de resíduos.

Conforme a Resolução 313 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2002), resíduo sólido industrial é definido como:

> É todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d`água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição.

Dados do departamento de Resíduos Sólidos do Ministério do Meio Ambiente, indicam que o Brasil recicla apenas 13% dos resíduos industriais, demonstrando um fraco desempenho nesta atividade que resulta em grandes volumes de desperdício. O país deixa de economizar R$ 8 bilhões por não aproveitar todo o potencial de reciclagem.

Contudo, todos os tipos de resíduos citados na NBR 10004/2004, na conceituação de resíduo solido, são de origens distintas e de definições características:

- Resíduo Domiciliar: são aqueles gerados nas residências e sua composição é bastante variável, sendo influenciada por fatores como localização geográfica e renda familiar. Neste tipo de resíduo podem ser encontrados restos de alimentos, resíduos sanitários (papel higiênico, por exemplo), papel, plástico, vidro (FARIA, 2008).

- Resíduo Hospitalar: É o lixo que resulta da manipulação em hospitais e clinicas, formado em sua maioria por, seringas, agulhas, luvas e demais materiais descartáveis. Esse resíduo representa um grande perigo à saúde, uma vez que pode estar contaminado com microrganismos causadores de doenças, sendo que este deverá ser recolhido por empresas especializadas. (Disponível em: /hiagoon.no.comunidades.net/index.php?pagina=1830702382)

- Resíduo Comercial: considerado todo o lixo originado de recintos comerciais como restaurantes, lojas, barbearias, supermercados e bancos. Composto pelos mais diversos tipos de materiais.(www.buscapeloconhecer.blogspot.com.br/2011/01/lixo-comercial.html).

- Resíduo Agrícola: são aqueles gerados pelas atividades agropecuárias (cultivos, criações de animais, beneficiamento, processamento). Exemplos de deste resíduo, são embalagens de defensivos agrícolas, restos orgânicos, produtos veterinários. (FARIA, 2008).

- Resíduo de Variação: é aquele recolhido nas vias públicas, galerias, áreas de realização de feiras e outros locais públicos. Sua composição varia dependendo do local e da situação onde é recolhido (FARIA, 2008).

2.1.3 Gestão de resíduos sólidos

A gestão de resíduos sólidos pelo Caderno de Educação Ambiental- Resíduos Sólidos (2006) são compreendidos como o conjunto das decisões estratégicas e das ações voltadas à busca de soluções para resíduos sólidos, envolvendo políticas, instrumentos, aspectos institucionais e financeiros.

Outro aspecto apontado por este caderno é a gestão de resíduos com vistas ao desenvolvimento sustentável, onde este requer o envolvimento de toda a sociedade, sendo catalogada nos "quatro erres" (4 Rs) da minimização, a redução, reutilização, reciclagem e recuperação da energia existente nos resíduos sólidos.

A prioridade desta diligencia se detêm na redução da fonte geradora, a posteriori pelo reaproveitamento e pela disposição final.

- Redução na fonte: é definida pela EPA- Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos da América como qualquer mudança no projeto, fabricação ou uso de materiais/produtos, de modo a reduzir a sua quantidade ou periculosidade, antes de se tornaram resíduo sólidos. Medidas de redução devem ser tomadas no próprio local de geração.

- Reutilização: é baseada no emprego direto de um resíduo com a mesma finalidade para qual foi originalmente concebido, sem a necessidade de tratamento que altere suas características físicas ou químicas (CADERNO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL- RESÍDUOS SOLIDOS, 2006). Uma condição de aproveitamento dos produtos sem que eles tenham incidido por alterações ou processamentos (wwwseliganolixo.wordpress.com/o-que-fazer-com-o-lixo/os-quatro-rs/).

- Reciclagem: baseada no reaproveitamento das substancias que compõem os resíduos. Sua técnica consiste em transformar estes materiais, por meio da alteração de suas propriedades físico-químicas, em novos produtos. Considerando as suas características e composição, o resíduo poderá ser reciclado a posteriori utilizado na fabricação de novos

produtos, concebidos com a mesma finalidade ou distinta da original (CADERO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL- RESÍDUOS SOLIDOS, 2006). Oportuniza uma diminuição da exploração dos recursos naturais, ocasionalmente é um processo econômico, em comparação a produção de um material a partir da matéria-prima bruta.

- Recuperação de Energia: este procedimento com base em resíduos sólidos urbanos já é adotada em países da Europa, assim como no Japão e Estados Unidos. A implantação desta tecnologia no Brasil é dispendiosa, pois depende de tecnologia importada, as instalações requerem controladores de processo "on-line" e filtros que garantam que os níveis de emissão de gases e materiais obedeçam aos padrões estabelecidos por legislação específica. A recuperação de energia hoje é considerada como passível de viabilidade, especialmente nas regiões metropolitanas, nas quais a disposição final em aterros já se torna problemática pela carência de espaço físico. A recuperação de gás metano de aterros sanitários é, também, exemplo de recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos (CADERO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL- RESÍDUOS SOLIDOS, 2006).

- Disposição Final: deveria ser restrita somente ao rejeito, isto é, à parte inaproveitável dos resíduos sólidos. No Brasil a forma mais comum de disposição final de resíduos sólidos é a disposição em aterros (CADERO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL- RESÍDUOS SOLIDOS, 2006).

Conforme o MMA- Ministério do Meio Ambiente (2014), as vantagens dessas práticas estão ligadas na redução de extração de recursos naturais, que propicia há uma redução dos resíduos nos aterros e o aumento da sua vida útil, tendo estes como consequência a redução dos gastos do poder público com o tratamento do lixo, a redução do uso de energia nas indústrias e a intensificação da economia local, como por exemplo, sucateiros, catadores.

Isto comprova que o inicio de corretas gestões de resíduos resultará em processos contínuos, ou seja, quando se faz uma ação corretas não proporcionará uma vantagem, mas sim varias e em diferentes situações, e é claro que quando se faz por inteiro o método adequando derivará apenas benefícios.

2.1.3.1 Reutilização de resíduos sólidos

As indústrias têm enfrentando grandes dificuldades na disposição final dos resíduos gerados durante seus processos produtivos. Estes empecilhos, a insuficiência de soluções tecnológicas apropriadas e a carência de instalações adequadas, procedem em sérios problemas ambientais e sucessivos acréscimos nos custos (ROCHA ; CHERIAF, 2003).

Por forças de constituições nacionais e internacionais de controle do meio ambiente, o tema de reciclagem e reaproveitamento de resíduos passou ser estratégica em termos de politicas econômica e industrial, que ganharam importância com a norma ISO 14000 (ROCHA; CHERIAF, 2003).

O conceito titulado à ISO 14000 é um conjunto de normas que definem parâmetros e diretrizes voltadas a gestão ambiental para empresas privadas ou públicas. Estas normas foram definidas pela International Organization for Standardization, que, em português significa "Organização Internacional para Normalização". É uma organização não governamental que se situa em Genebra, facilitando as trocas internacionais de bens e serviços e criando normativas para o comércio mundial. O Brasil participa do ISO através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABTN) (Rodrigues, 2010 apud Ebah, 2014).

As normas da série ISO 14000 foram criadas com o proposito de guiar, as empresas, quanto à diminuição dos impactos por elas provocados ao meio ambiente através de seus processos de produção. Seguindo estas normas, as companhias tornam-se capazes de uma significativa redução nos danos ao meio ambiente. Quando uma empresa segue as normas e implanta os processos indicados, a probabilidade de redução nos danos provocados ao ambiente é ampla.

Para a obtenção do certificado ISO 14000, a empresa deverá seguir os métodos impostos por este. A conquista do licenciamento atesta que a organização possui responsabilidade ambiental, lhe concebendo uma grande importância e vindo calhar a valorização de seus produtos e de sua marca (www.ebah.com.br/content/ABAAAA01oAJ/iso-14000).

A obtenção e permanecia do certificado ISO 14000, exigem da empresa, seguir a legislação ambiental do país, treinar e qualificar os funcionários tornando-os habilitados as

normas, diagnosticar os impactos ambientais gerados e a aplicação de procedimentos para abrandar os danos ao meio ambiente (www.ebah.com.br/content/ABAAAA01oAJ/iso-14000).

A proposito Rocha; Cheriaf (2003), assinala que a indústria da construção civil apresenta-se, dentro deste contexto, com amplo potencial na solução desses problemas, pela viabilidade que apresenta de incorporação dos resíduos nos matérias de construção.

A conscientização deste setor no que se refere à sustentabilidade se iniciou de forma sistemática com a proposta de criação da Agenda 21 Global, no ano de 1992. No entanto somente no ano de 2000, a busca da indústria da construção civil para o desenvolvimento sustentável se consolida através da confecção do relatório do CIB (The International Council for Research and Innovation in Building and Construction) "PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DA AGENDA 21". Esta agenda é a codificação de várias análises de diferentes experiências mundiais, tendo como resultado final indicações sobre o comportamento do âmbito da construção civil, além de sugerir formas de adaptação através da pesquisa e novas aplicações para a área, solicitando que em um futuro próximo as soluções tornem o campo da construção um segmento mais sustentável (SOUZA, 2006).

Seguindo este raciocínio a TEPENG- Tecnologia em Engenharia (2014) conceitua a construção sustentável como um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, através de praticas adotadas antes, durante e após as etapas de construção, de forma a atender as necessidades de edificação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras. Visando sempre o uso de tecnologias, através de materiais e técnicas que garantem uma maior eficiência energética que permitam a sustentabilidade da construção.

2.1.3.2 Alternativas de utilização dos resíduos na construção civil

Conforme Souza et al (2012), um dos setores que mais crescem em reaproveitamento de materiais sólidos é o âmbito da construção civil, boa parte dos resíduos são reutilizados ou reciclados assim podendo ser reaproveitados evitando o desperdício e possibilitando uma redução nos custos dos produtos da construção.

Ao referirem-se neste tópico, inúmeras pesquisas a respeito desta temática já foram realizadas, na busca de destinações corretas aos resíduos, voltadas à reutilização.

Cabe citar o trabalho de Jacques (2013), onde o qual estuda a viabilidade técnica da utilização de resíduos de concreto na produção de novos concretos. A pesquisa parte, na elaboração de três traços com substituição de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado, nos teores de 30%, 50% e 100% comparados ao traço de referência com apenas agregado natural. A avaliação entre estes diferentes produtos foi por meio dos ensaios de resistência à compressão axial, resistência à tração na compressão diametral e água quimicamente combinada. Ao termino dos ensaios, os resultados demonstram que há viabilidade de produção de todas as misturas propostas, ressaltando que no ensaio de resistência à compressão axial a mistura com 100% de agregado reciclado atingiu os maiores níveis de resistência.

O uso de variados resíduos é de possível incorporação na construção civil, a exemplo de Coró (2002), que avaliou o desempenho mecânico de concreto de cimento Portlad, reforçado com fibras PET (polietileno tereftalato), tendo como objetivo contribuir para uma melhor compreensão quando submetido a este ensaio. A incorporação deste resíduo foi aleatoriamente sob condições de carregamento estático, tendo as fibras comprimentos de 15, 30 e 60 mm e utilizando teores de 1000, 3000, 5000 e 7000 g/m3. Os ensaios realizados no produto com reforço das fibras consistem em resistência à compressão simples, resistência à tração por compressão diametral, módulo de elasticidade e resistência à tração na flexão. Após a realização dos estudos, a graduanda concluiu que a principal melhora atribuída se dá no pós-pico da solicitação, pois o material comprovou que continua admitindo carga mesmo após atingir a sua tensão máxima de ruptura, tornando o concreto estudado aprovado para a inserção no mercado, tanto para concretos de alto e baixo desempenho.

Franco (2011) investiu em analisar a produção de blocos de concreto para pavimentação utilizando resíduos de galvanoplastia, em sua dissertação de mestrado. Buscou analisar os efeitos físicos, químicos, mecânicos e microestruturais no produto. A mistura determinou-se na substituição de cimento por este resíduo, nas proporções de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% comparando-os com blocos de traço original. Na realização dos ensaios pertinentes a estas mistura, os resultados obtidos comprovaram que é possível à reutilização do resíduo de galvanoplastia como matéria-prima em blocos de concreto para pavimentação.

Ainda nesta mesma linha de considerações, Pagnussat (2004) avaliou as potencialidades de utilização de escórias granulada de fundição (EGF) na fabricação de pisos intertravados de concreto (pavers). Teve como objetivo buscar as vantagens da escória granular de fundição na substituição parcial do cimento e do agregado miúdo nas misturas do produto, com teores de 10%, 30% e 50% na substituição, em comparação ao bloco referencia de traço natural. Para as duas situações, foram realizados ensaios de resistência mecânica à compressão, desgaste a brasão e absorção de água. Ao termino dos ensaios, os resultados apresentam que a substituição parcial de EGF com o teor de 10% por cimento, teve uma aproximação maior com os resultados do bloco referencia. Além deste, os ensaios também comprovaram que não houve diferencias significativas entre os diferentes tipos de blocos nos ensaios de desgaste por abrasão e absorção de água.

Vale notar a contribuição de Mello (2004) que analisou a avaliação e desempenho da possibilidade da incorporação de areia verde de fundição em argamassa colante externa para assentamento de material cerâmico. Realizaram-se ensaios físicos e químicos na areia de fundição e na argamassa com a substituição do resíduo, além destes, efetuaram analises por estereoscópio, por microscópio eletrônico de varredura da areia verde, para descobrir se este resíduo teria ou não alguma influencia sobre as propriedades e características do produto final. Os corpos-de-prova foram moldados com traços com incorporação de resíduo em 25%, 50% 75% e 100% em substituição a areia. Com estes corpos-de-prova, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e a aderência, para determinação da porcentagem a ser convencionada a passar por ensaios que visaram o comportamento da argamassa pelo ponto de vista ambiental, sendo determinado o teor de 50%.

Outro aspecto levantado por Mello (2004) quanto aos resultados apresentados, que à medida que a porcentagem de areia verde incorporada aumentava, a resistência à compressão quanto a de aderência diminuía sensivelmente, também ocorrendo uma aumento na absorção e o índices de vazios. Quanto aos ensaios de lixiviação, todos os resultados dos produtos analisados enquadraram-se em norma.

O trabalho de Biolo (2005) analisa o reuso de areia de fundição na produção de blocos cerâmicos. Foram avaliadas diferentes misturas com adição deste resíduo na massa cerâmica, sendo traços com 5%, 10% e 20% e um traço de referencia com 0% de adição de resíduo. As

propriedades foram avaliadas através dos ensaios de retração linear, absorção de água, resistência à flexão em quatro pontos, composição química, periculosidade e emissão gasosas, todos conforme preconiza suas determinadas normas. A queima dos blocos foi realizada em diferentes temperaturas. O estudo em planta industrial foi realizado com blocos de seis furos na adição de 10% de areia de fundição. Os resultados de laboratório quanto à resistência mecânica foram às dosagens de 5% e 10% de adição de resíduo com a queima em temperatura de 900º C. Com os resultados da indústria comparado com regulamentações em norma, comprovou-se que blocos com 10% de areia de fundição está apta a sua comercialização. A autora conclui então que a reciclagem do resíduo mostrou-se possível para a fabricação de blocos de cerâmica vermelha para construção civil.

2.2 Areia De Fundição

"A indústria de fundição é um segmento da economia que se caracteriza pela produção de bens intermediários, fornecendo em sua maioria peças fundidas para diversas outras industrias" (BIOLO, 2005, p. 5).

Mais ainda, é considerada como uma grande consumidora de rejeitos metálicos, porém é avaliada como altamente poluidora, pelo fato de gerar grandes volumes de resíduos sólidos que são de diferente espécie de seu ramo produtivo e com vários níveis de poluentes, como por exemplo, resíduos sólidos não metálicos, efluentes gasosos e líquidos (BIOLO, 2005).

Segundo dados da Modern Casting (2006), o Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos maiores países produtores de fundidos do mundo. Entre os anos de 1994 a 2004, o país teve um crescimento na produção de 60,40%, este aumento, se deve em grande parte às condições naturais extremamente favoráveis do nosso país, que possui todas as matérias-primas, abundancia em energia hídrica, tendo tecnologia de ponta e mão-de-obra qualificada (ABIFA, 2006).

2.2.1 Processo de fundição

Estima-se que mais de 80% das peças fundidas utilizam moldes confeccionados de areia aglomerada, sendo considerado o método de moldagem mais utilizado em todo o mundo para a produção de peças fundidas. A fundição é o método mais rápido para se obtiver peças metálicas acabadas, consiste na fusão de ferro, aço ou ligas de metais não ferrosos (BIOLO, 2005).

O processo inicia-se com a preparação da areia de modelagem para a confecção dos moldes, sucedido pelo escoamento do metal líquido nestes moldes, gerando as peças metálicas, conforme projetadas inicialmente (Lima et al 2013).

- Modelação: primeiramente faz-se o modelo, que servirá para imprimir na forma de areia o formato de peça a ser fundida. A modelação é realizada com a areia verde (areia ligada com argila) sendo compactada em torno do molde até uma determinada dureza. Estes moldes são produzidos em duas metades, que são facilmente retiradas sendo confeccionados os canais de respiro, também chamados de vazamento (LIMA et al, 2013). Quando são montadas, estas duas metades, origina-se uma peça, que em seu interior forma o negativo, ou seja, a cavidade onde deverá ser preenchido posteriormente pelo metal liquido (BIOLO, 2005).

- Macharia: "a parte que são fabricados os núcleos de areia. Os machos são feitos de areia e lingotes que são resistentes e duros para serem fixados dentro do molde" (LIMA et al,2013). Necessários para peças ocas a serem fabricada, pois o macho ira impedir a propagação do metal fundido pelos vasos internos (BIOLO, 2005).

- Fusão: onde inicia a fabricação da peça fundida. Este processo é o aquecimento da matéria-prima até atingir seu ponto de liquefação, gerando resíduos como: escórias dos fornos, pós do sistema de exaustão dos fornos, sucatas metálicas impróprias para o processo e pó de matérias-primas (LIMA et al, 2013).

- Desmoldagem: após o resfriamento (considerado o processo mais critico, sendo ele excessivamente rápido poderão ocorrer tensões mecânicas, com o surgimento de trincas e/ou bolhas nas peças) ele incide na quebra do molde, retirando o artefato fundido, ainda no estado bruto (LIMA et al, 2013).

- Quebra de canais: "Consiste na quebra do sistema de alimentação da peça fundida. Origina resíduo como sucatas e areias de moldagem" (LIMA et al, 2013, p. 9).

- Acabamentos: os canais são cortados, e os acabamentos são feitos através de rebolos rotativos e demais ferramentas que visando melhorar o aspecto visual (LIMA et al, 2013).

- Tratamento térmico: este tratamento tem por objetivo melhorar a resistência mecânica e corrosiva dos materiais, tornando as estruturas de acordo com as especificações.

Posteriormente, as peças metálicas seguem para os processos de acabamento e controle de qualidade, onde são removidas as rebarbas existentes no acabamento e a posteriori encaminhadas para o processo de usinagem, quando este é solicitado pelo cliente. Finalmente, as peças recebem uma proteção superficial pela aplicação de óleo ou pintura (TEDE, 2009 apud LIMA et al, 2013).

2.2.2 Preparo da areia de fundição

Conforme Carnin et al (2010), a fundição é o um processo ágil na obtenção de peças metálicas acabadas. Consiste principalmente em verter metal líquido em caixas de moldagem, assim como também dar a forma ao metal, neste processo o principal resíduo gerado é a areia de fundição.

Pereira et al (2000) ressalva que a areia por si só não tem resistência mecânica apropriada para formar o molde (que será vazado o metal líquido). Essa propriedade é aferida por um aglomerante que tanto pode ser orgânico quanto mineral, tendo a função de polimerização ocorrendo o endurecimento da areia, formando um bloco sólido quimicamente inerte com resistência mecânica e térmica. Entre eles os mais usualmente empregados, são as argilas e as bentonitas.

As bentonitas são encontradas essencialmente sob duas formas, a mais comum tendo o sódio como cátion trocável predominante (as bentonita sódica) e outra com cátion trocável de cálcio ou magnésio (chamadas bentonita cálcica). As bentonitas sódicas possuem a característica de expandir até 20 vezes o seu volume quando molhadas (SANTOS, 1992).

Carnin et al (2010) considera que o processo de moldagem é do tipo regenerativo, onde consiste em transportar o material quando chega ao final do ciclo de trabalho, retornando-o ao inicio do processo por correias transportadoras, e reutilizando a mesma areia. Pelos motivos de perda de volume e da descaracterização de alguns componentes da mistura, torna-se imprescindível o descarte de parte da areia de fundição, originando a ADF – Areia Descartada de Fundição, e a frequente reposição de matérias- primas no processo de produção, exigindo um maior controle de qualidade.

Isto vem ao encontro de Bonin (1995 apud Mello 2004), que conclui que os resíduos de areia de fundição são provenientes da areia descartada após a perda de sua condição de

trabalhabilidade. Para cada tonelada de areia que entra no processo, uma quantidade equivalente de resíduo é gerada.

Segundo Carnin et al (2010), este resíduo sólido é preparado por meio da descarga de areia nova e areia usada, com a quantidade de água calculada por meio de um controlador de compatibilidade, de maneira que a areia entre na máquina de moldar com a umidade final pretendida.

A quantidade de água certa para o teor de bentonita pode ser verificada no momento em que é efetuado a mistura, podendo esta ser corrigida (SCHULZ, 2005 apud CARNIN et al, 2010). Os demais aditivos são injetados no recipiente de mistura, que funciona continuamente.

O misturador é o elemento principal para o preparo de areia de fundição, onde são misturadas a areia lavada e areia retorno, bentonita ativada e natural, pó de carvão e água.

Segundo Armange (2005), a areia de fundição constitui em sua composição diferentes porcentagens de cada insumo, conforme tabela 01.

Tabela 1- Composição da areia de fundição

Composto	Peso (%)
Areia de retorno	60
Areia base	34 a 37
Bentonita	1 a 4
Pó de carvão	0,2 a 2
Água	Quantidade necessária para trabalhabilidade da areia

Fonte: Armange (2005).

2.2.3 Opções de manejo com areais de fundição

A busca por soluções e ações que provocam agressões irrelevantes ao meio ambiente são constantes, por exemplo, o manejo das areias de fundição. Na atualidade as opções estão sendo diligenciadas nas mais diversos âmbitos, onde se carece num critério de prioridades, delimita-se basicamente nas citadas a seguir (FAGUNDES et al, 2009) :

a) Recuperação: tecnologia de reciclagem, onde se promove a máxima utilização das areias de fundição, dentro do sistema produtivo, reutilizando-as até o limite e, devido às perdas

inerentes ao processo, recondicionando-as ao uso pela substituição de parte da areia de sistema por areia nova (ABIFA, 2008 apud FAGUNDES, 2009).

b) Regeneração (mecânica e/ou térmica): processo de reciclagem que torna a areia novamente pronta para uso, em características muito próximas às da areia-base, pela redução dos materiais contraídos durante o processo de fundição. O processo de regeneração mecânica consiste em remover o material aderido aos grãos, através do atrito provocado entre os próprios grãos de areia, já, na regeneração térmica, promove-se a calcinação (volatização, queima e inertização) da matéria orgânica contida na areia usada (MARIOTTO, 2000 apud FAGUNDES et al, 2009).

c) Reutilização como matéria-prima: em aplicações como, por exemplo, em construção civil e em cobertura de aterros sanitários, processo de reciclagem que tem sua viabilidade técnica comprovada através de diversos estudos científicos, tornando-se também, ambientalmente viável (ABIFA, 2008 apud FAGUNDES et al, 2009).

d) Destinação para áreas que viabilizem a triagem, disposição e reciclagem: o material contido nessas áreas deve estar enquadrado nas especificações para reutilização, podendo ser retirado pelas empresas usuárias (ABIFA, 2008 apud FAGUNDES et al, 2009).

e) Destinar para aterros definitivos, exclusivos de ADF: podendo ser utilizado em conjunto com as áreas citadas anteriormente na letra d, funcionando como um depósito de ADF. É mais recomendado para empresas que não têm demanda de reutilização de material em sua região. O licenciamento é a mesmo que exigido para os aterros classe II-A, possuindo vantagens quanto ao custo de construção e operação, devido às características das ADF (ABIFA, 2008 apud FAGUNDES et al, 2009).

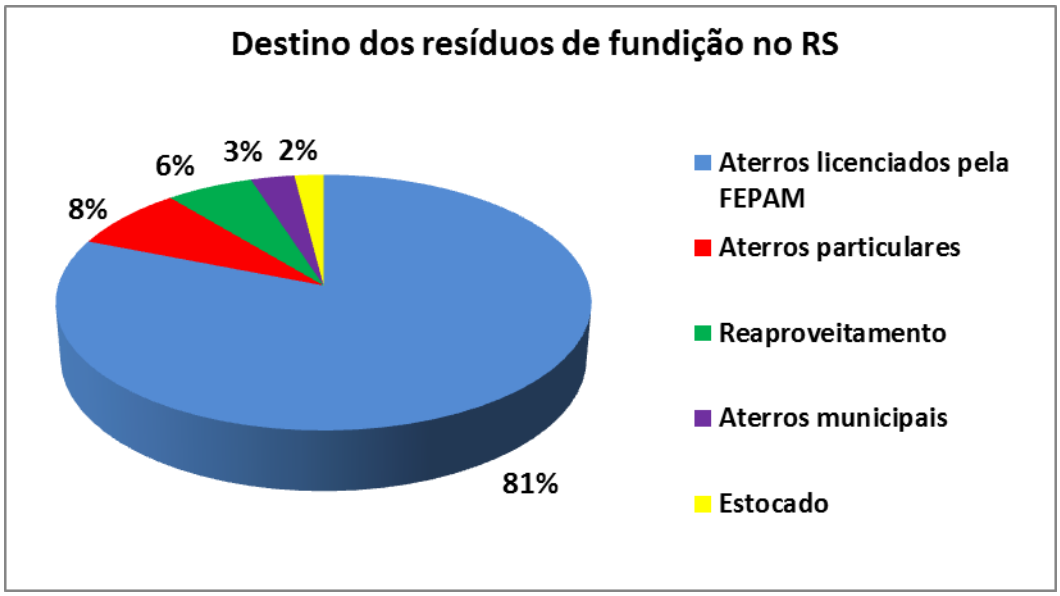
Devido ao fato de ainda não haver legislações específicas para as ADF, os aterros industriais ainda constitui-se a única opção legalmente validada no Brasil (ABIFA, 2008 apud FAGUNDES et al, 2009).

Porém a disposição desse resíduo em aterros gera problema ambiental, principalmente devido às quantidades de substancias envolvidas. A prática de regulamentações ambientais mais restritivas nos últimos anos tem obrigado às fabricas de fundições a destinar seus excedentes de

areia às centrais controladas de resíduos, ocasionalmente este sistema distante das empresas de fundições, agregando consideravelmente custos.

Bonet (2002 apud Biolo, 2005) apresenta dados que demostram as distintas disposições que pode-se dar ao resíduo de areia de fundição. O exemplo da figura 01 exemplifica os despejos realizados no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 1- Destinação dos resíduos de fundição no RS



Fonte: Bonet (2002 apud Biolo 2005)

2.3 Blocos De Concreto

Segundo Gomes (1983 apud Garcia 2000), a alvenaria é um sistema construtivo muito antigo, este método já era utilizado pelas civilizações Persa e Assíria, por volta de 10.000 anos a.C.. Em meados do ano 3.000 a.C. a queima de tijolos passa a ser realizada, surgindo materiais mais duráveis e resistentes.

No transcorrer dos séculos grandes obras foram construídas empregando a alvenaria estrutural, podendo citar, as Pirâmides de Gizé no Egito, o Coliseu em Roma, a catedral de Remis na França. Sem a existência de conhecimento estrutural, a técnica construtiva apenas baseava-se em experiências anteriores, utilizando métodos e dimensionamento empíricos, as paredes possuíam uma vasta espessura, sendo que esta fazia-se excedida (REIS, 2008 apud VIAPIANA, 2009).

O bloco para alvenaria foi inventado pelos ingleses no ano 1832, projetado com formato maciço, possuindo um alto peso próprio. Atualmente ostenta um modelo vazado caracterizado pela função de diminuir o peso do produto (FERNANDES, 2008).

Ainda nessa mesma linha de considerações, Silva (2008 apud Viapiana 2009) relata que em 1889, a construção do Edificio Monadnock, em Chicago, foi à primeira obra em utilizar técnicas construtivas com o modelo de alvenaria estrutural como atualmente. O edifício, possui 16 pavimentos e 65 metros de altura, utilizando-se método empírico, as espessuras das paredes da base são de 1,80 metros.

"No Brasil, a utilização dos blocos de concreto destinados à alvenaria estrutural teve inicio no final da década de 60" (FERNANDES, 2008). Em nosso país, este modelo de construção destacou-se no estado de São Paulo no ano de 1966 com a construção do conjunto habitacional "Central Parque da Lapa", ainda no ano de 1972 foram construídos edifícios com quatro pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto (PRUDÊNCIO JR. et al, 2002 apud VIAPIANA ,2009).

Conforme dados de Fernandes (2008), atualmente o bloco pode ser encontrado em todos os Estados, empregado tanto para fins estruturais quanto para vedação, e aplicado a diferentes protótipos de obras, de independentes finalidades e portes.

Fortes (2012) salienta de um modo abrangente, que a alvenaria é reconhecida como sendo durável, tendo uma aspecto estético agradável, apresentando um bom desempenho térmico e acústico, além de apresentar simplicidade e agilidade como um sistema construtivo.

Porém, Fernandes (2008), destaca o baixo custo de investimento pelos empreendedores na instalação de uma pequena indústria deste ramo e incluindo a simplicidade do processo de produção, influenciam no aumento dos índices de fabricantes informais neste ramo que iniciam ou terminam como seus empreendimentos praticamente todos os dias. Na maioria destes casos, estas fábricas são indigentes de um sistema de controle, fornecendo ao mercado produtos com qualidade equívoca.

Este mesmo autor ressalta, como bloco de concreto sendo o artefato de cimento mais fabricado no Brasil, em controvérsia, o que menos cumpre as especificações exigíveis em

normativas brasileiras, quando considerados todos os fabricantes. Os indicadores exigíveis que menos são atendidos pela maioria dos produtos de empresas informais são a resistência à compressão, a absorção de água e as dimensões, requisitos básicos para certificação de um bloco com qualidade.

Quando o processo de fabricação destes artefatos de cimentos, não segue a linha incorreta de procedimento acima citado, este sistema estrutural oferece um mix de vantagens aos seus usuários (BRICKA, 2014):

- Facilidade de controle;
- O Sistema exige menor emprego de materiais e mão de obra.
- Técnica executiva facilitada;
- Facilidade em treinamento e profissionalização;
- Ganho em rapidez;
- O uso de blocos de concreto para alvenaria estrutural exige planejamento e integração de projetos desde o escritório até o canteiro
- Evita perdas e acelera o ritmo da obra, além disso, projetos planejados são mais fáceis de detalhar, executar e controlar Diminuição de desperdícios;
- Racionalização de obra;
- Redução do volume de revestimento argamassado;

2.3.1 Definições e classificação do produto

O bloco de concreto é definido pela NBR 6136 (2014), em que a qual o determina como um “componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área liquida é igual ou inferior a 75% da área bruta”.

Além deste modelo, existe o bloco tipo canaleta, que são “componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica, criados para racionalizar a execução de vergas contravergas e cintas” (NBR 6136, 2014).

No que se refere, quanto à forma dos blocos, são classificados em maciços ou vazados. As unidades classificadas como vazadas, conduzem em dois conceitos de grande importância, a área bruta, e a área liquida (VIAPIANA, 2009).

- Área bruta: “área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios”.

- Área líquida: “área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas máximas dos vazios”.

Quanto a sua classificação, este componente, possui diferentes classes em que cada uma destas destina-se a uma disposição quanto à função estrutural. A determinação a classe pertencente do bloco, dependerá exclusivamente de sua fabricação, com qual proposito este foi produzido, a fim de atender as especificações exigíveis em norma.

A NBR 6136, é a norma responsável em assegurar e exigir requisitos para a produção e aceitação de blocos vazados de concreto, destinados à execução de alvenaria, esta passou por modificações e aperfeiçoamentos no ano 2014, assegurando três classes de blocos, em quanto a preconizada em 2006 dividia-se em quatro classes. As exigências agora estabelecidas quanto a resistência à resistência, absorção e retração assim como sua classificação estão representadas na tabela 02.

Tabela 2- Requisitos para resistência característica à compressão absorção e retração

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial (MP)	Absorção				Retração (%)
			Agregado normal		Agregado leve		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	fbk ≥ 8,0	≤ 8,0	≤ 6,0	≤ 16,0	≤ 13,0	≤ 0,065
	B	4,0 ≤ fbk < 8,0	≤ 10,0	≤ 8,0			
Com ou sem função estrutural	C	fbk ≥ 3,0	≤ 12,0	≤ 10,0			

Fonte: NBR 6136 (2014)

Em referencia as classes e suas proficuidades, a NBR 6136 (2014), aplica-se a exclusividade de blocos classe A, a serem utilizados em construções abaixo do nível do solo. Quanto a aplicabilidade de bloco classe C, varia em função da largura e porte da edificação, blocos desta classe com atribuição estrutural com largura de 90mm, para edificações de no

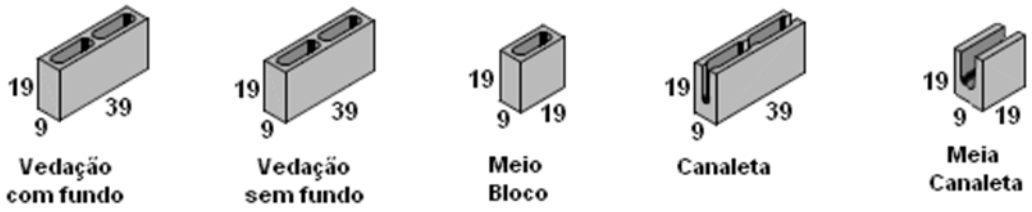
máximo um pavimentos, com largura de 115mm enquadram-se à edificações no máximo dois pavimentos, ainda aos de 140mm e 190mm de largura afiançam edificações de até cinco pavimentos, sendo de mesma atribuição. Aos blocos com largura de 65mm tem uso restrito para alvenaria sem função estrutural.

Outro aspecto levantado pela por esta norma, refere-se quanto à suas dimensões padrões para este artefato de cimento, dividindo-se por família de blocos, em que esta define-se:

> Conjunto de componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com outros elementos construtivos. Os blocos que compõem a família, segundo suas dimensões, são designados como bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, blocos de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores e blocos tipo canaleta.

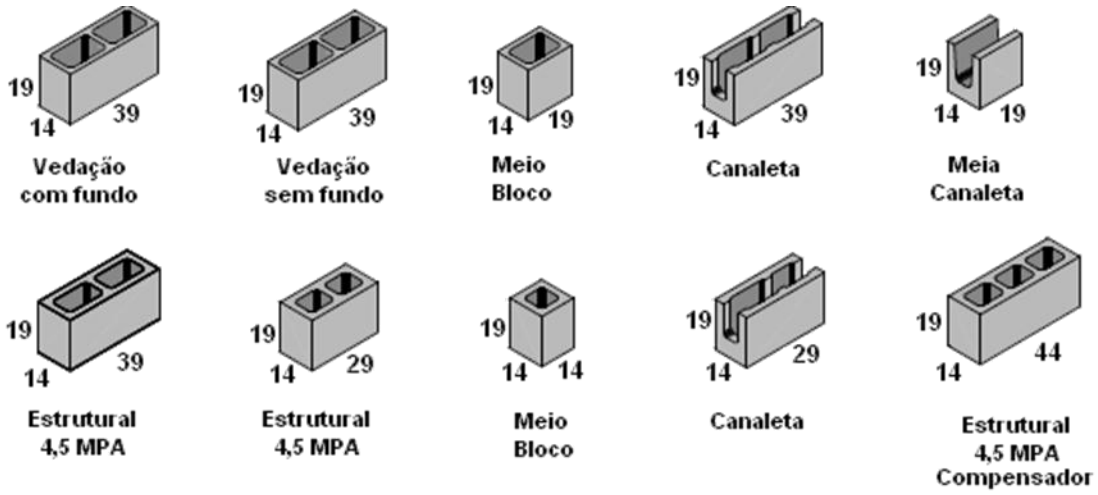
Em relevância a esta determinação, os blocos são divididos em três famílias, figura 02, figura 03, figura 04, caracterizadas por apresentarem uma dimensão em comum que determinam a pertencer ao grupo.

Figura 2- Família de 09 dos blocos vazados de concreto



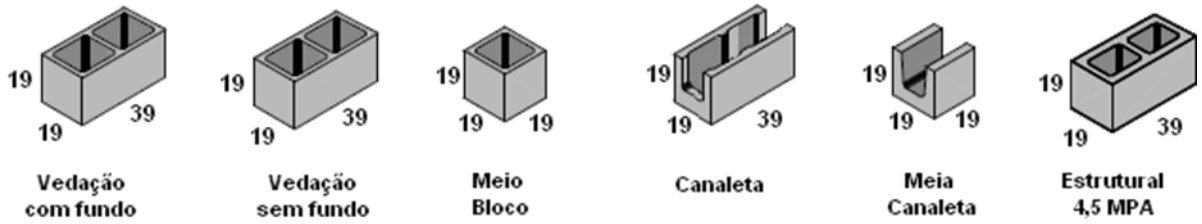
Fonte: www.artblocos.com.br (2014)

Figura 3- Família de 14 dos blocos vazados de concreto



Fonte: www.artblocos.com.br (2014)

Figura 4- Família de 39 dos blocos vazados de concreto



Fonte: www.artblocos.com.br (2014)

2.3.2 Produção dos blocos

Na produção de pré-fabricados de concreto e mais exatamente em blocos estruturais, não basta possuir a melhor infra-estrutura ou matéria prima, é necessário ter-se o devido conhecimento e experiência. Produzir blocos de concreto exige integridade e envolvimento, o fabricante deve observar pelo menos doze variáveis que podem afetar a qualidade do produto, entre os agregados, o cimento, o desenho da mistura, o processo produtivo, os pallets, a cura, os aditivos, a relação água/cimento.

Estes artefatos são produzidos por concreto seco, o qual possui um baixo teor de umidade, onde a água tem função prioritária de participar das reações do cimento, mas, também conhecido pelo alto consumo de cimento (JUVAS 1993 apud MARCHIONI, 2012). Neste concreto, quanto maior a quantidade de agua inclusa(conforme um limite máximo) mais alta será a resistência, isto devido ao melhoramento na trabalhabilidade da mistura, a diminuição do atrito interno dos

grãos, facilitando sua compactação (OLIVEIRA 2004 apud MARCHIONI, 2012). É conhecido pela conformação de componentes cimenticios através da vibrocompressão de concreto.

Conforme Marchioni (2012), o conceito desta tecnologia esta na produção de um concreto com consistência quase seca e com reduzida coesão A utilização deste processo na produção de artefatos à base de cimento tem como principal motivação a alta produtividade associada com a eficácia na compactação.

Este mesmo autor ressalta, que a eficiência na compactação através da vibroprensagem, quantificada pela aptidão de eliminação dos vazios na mistura, determina de modo direto a coesão no estado fresco e as propriedades no estado endurecido do componente, isto devido a minimização da porosidade do compacto que está associada com o aumento na resistência mecânica e a diminuição da permeabilidade do produto final, fatores fundamentais de desempenho e durabilidade.

Segundo Fernandes (2008), muitos são os tipos de equipamentos empregados na produção de blocos, isso se estende desde uma maquina manual que produz em torno de 800 blocos por dia a um custo unitário altíssimo, por da falta de energia na compactação ocasionando um elevado consumo de cimento.

Um produto de má qualidade é a consequência de não exercer nenhum tipo de controle durante seu processo de preparação. O controle de qualidade deve ser entendido como um procedimento inerente à produção que é desenvolvida antes, durante e depois desta. Uma adequada capacitação de todos os envolvidos nesta operação pode assegurar grande parte do êxito e minimizar custos, com perdas que podem ser evitadas (www.cpi-worldwide.com).

Para resultar em um produto de qualidade e com baixos custos, é necessário que a empresa reúna, tanto um bom projeto de execução quanto de uma boa logica de produção. Cada empresa segue uma linha que melhor lhe cabe conforme seu Layout.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa

Esta pesquisa é classificada como aplicada, em que apresenta procedimentos de uma pesquisa quantitativa. Do ponto de vista da forma de abordagem a pesquisa pode ser classificada como explicativa, bibliográfica e experimental.

3.2 Planejamento da Pesquisa

Finalizada a revisão da literatura, que baseou-se em livros, revistas, artigos científicos, noticias, sites, trabalhos de conclusão de curso e normas, referentes aos resíduos sólidos, areia de fundição e ao bloco de concreto. Iniciou-se a analise e coleta de amostras dos materiais, que foram preparadas e caracterizadas, a posteriori utilizadas nos ensaios laboratoriais, bem como na fabricação do produto.

Posteriormente, consistiu na determinação dos traços, abrangendo as proporções definidas dos insumos utilizados na mistura definidas para a fabricação do produto. Estes artefatos foram submetidos a ensaios laboratoriais para a avaliação das suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, que determinaram a sua viabilidade de produção.

A produção dos blocos realizou-se na empresa Cisbra, porém os ensaios técnicos executou-os nos Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), no Laboratório da Universidade Passo Fundo (UPF), e no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Com os ensaios laboratoriais finalizados, através dos resultados obtidos, realizou-se a interpretação destes valores assim como acarretou em analises criteriosas e aprofundadas, que atribuíram amplas considerações na verificação do objetivo traçado em comparação aos valores obtidos, concluindo a viabilidade ou não da utilização deste resíduo.

3.3 Materiais

3.3.1 Brita zero

Agregado industrializado que possui uma superfície mais limpa e rugosa, permitindo maior aderência da pasta de cimento. A brita zero ou pedrisco, Figura 5, é um material proveniente de calcário calcítico, apresentando uma cor cinza característica. Quanto a sua granulometria, apresenta-se praticamente constante, variando entre 4,0 e 9,5mm, representa pela malha de 12 mm. É de fundamental importância que o material apresentasse um tamanho uniforme, para a obtenção de uma textura homogênea na superfície do bloco.

Figura 5- Brita 0

Fonte: www.pedreiraitaipu.com.br (2014)

A brita zero, material proveniente das Pedreiras Tabille e Paim, serão fretados por transporte rodoviário até a fabrica. Quanto ao armazenamento, em local coberto, sem contato com a umidade.

3.3.2 Pó de Pedra

O pó de pedra, Figura 6 é um material de características similares a uma areia artificial, ou seja, dispõe-se excelente granulometria e formato do grão. Quando neste agregado há uma quantidade balanceada de finos, sua adaptação com o pedrisco ou areia grossa é de ampla concordância, pois completa a curva ideal para produção de blocos.

Figura 6- Pó de Pedra

Fonte: www.concresul.com.br (2014)

Este material será fretado pelos fornecedores das empresas Pedreira Tabille e Paim, localizadas na cidade de Ijuí, através do transporte rodoviário até a empresa Cisbra.

O armazenamento deste agregado será feito de modo que não entre em contato com umidade, e obtenha uma baia especifica.

3.3.3 Granilha

É um agregado industrializado, apresentando as mesmas características dos materiais já citados anteriormente. Está na faixa granulométrica como passante na peneira ¼ (6,350 mm) e retido a peneira 3/16 (4,763mm).

A granilha, Figura 7, será proveniente das pedreiras Tabille e Paim através do transporte rodoviário até fabrica da Cisbra, mesmo processo que pó de pedra, onde será estocado em um local identificado e coberto.

Figura 7- Granilha

Fonte: www.pedreiraitaipu.com.br (2014)

3.3.4 Areia

Este agregado miúdo, Figura 8, que será utilizado na fabricação dos blocos é originário da Sthangerlin da cidade de Santa Maria- RS, sendo fretada pela própria empresa, com a utilização do transporte rodoviário.

Figura 8- Areia

Fonte: www.pedreiraitaipu.com.br (2014)

A areia será armazenada em um mesmo local que os demais materiais já citados, sem estar em contato com a umidade em uma baia individual.

3.3.5 Cimento

É material que trará a resistência ao bloco, sendo que neste caso é importante e utilização de um cimento que tenha resistências iniciais elevadas, proporcionando em menor prazo o manuseio das peças. Este aglomerante utilizado na mistura chega a fabrica através do transporte a granel e deposito no silo especifico para este material. É de extrema importância que este, fique longe de contato com a umidade para garantir suas propriedades quando utilizado, pois caso contrário, sofrerá grumos, comprometendo sua capacidade aglomerante. A figura 09 representa este material.

Figura 9- Cimento

Fonte: www.portuguese.alibaba.com (2014)

3.3.6 Areia de fundição

Este resíduo foi disponibilizado, para fim de estudos, pela empresa FUNDIMISA, que reside na cidade de Santo Ângelo- RS. A empresa, durante seus processos de produção, gera mais de um tipo de areia de fundição, conforme tabela 03.

Tabela 3- Areias de fundição geradas pela FUNDIMISA- RS (média do ano)

Processos na empresa	Quantidade de resíduo gerado (m³)
Exaustor Fusão	10
Desmoldagem	22,1
Exaustor Rebarba	41,7
Quebra de canal	113
Pó de exaustor	191
TOTAL	377,9

Fonte: Coelho (2013 apud Lima et al 2013)

Para a realização da substituição da granilha na mistura para fabricação do produto, será utilizada a areia de fundição gerada no processo de quebra de canal, também conhecida como areia verde, representada na figura 10.

Figura 10- Areia de fundição

Fonte: Autoria própria (2014)

A escolha por este resíduo se deve ao fato que as características das dimensões dos grãos apresentam uma maior compatibilidade com os demais materiais utilizados na mistura. A granilha é empregada à mistura do bloco com a função de preenchimento dos espaços concedidos pelos agregados graúdos, como no caso da brita, a areia de quebra de canal, apresenta uma consistência fina porem proporciona resistência, mostrando-se um material não quebradiço, assim

tornou-se possível esta substituição de materiais e a obtenção de mesma funcionalidade do agregado suprido, fechamento dos vazios.

A possibilidade de utilização confirmou-se com laudos técnicos, contidos em anexo I, anexo II e anexo III, que classificam este resíduo como não perigoso - classe II-A, condicionados assim como não inertes. Esta conclusão deu-se pelos resultados apresentados em ensaios laboratoriais conforme preconizados em normas.

- Resíduo sólido – Massa Bruta – Os parâmetros cianeto e sulfeto estão dentro do valor de referência admitido pela legislação NBR 10.004 (2004). Os componentes fenol e cianeto mostram-se abaixo do limite de detecção. O elemento pH não apresenta limite de detecção nem limite máximo permitido e seu valor é de caráter ácido. A conclusão técnica afirma que os parâmetros satisfazem os limites permitidos.

- Resíduo sólido – Lixiviado – Os parâmetros estão dentro do valor de menção permitido pela norma NBR 10.005:2004. Os componentes de cádmio, mercúrio, prata e selênio se encontram abaixo do limite de detecção. O parâmetro pH é de caráter ácido e não apresenta limite de detecção nem VMP. Expondo que conclusão técnica delimita-se em garantir que os parâmetros satisfazem os limites permitidos.

- Resíduo Sólido – Solubilizado – O parâmetro alumínio apresenta-se acima do valor padrão consentido pela legislação NBR 10.006:2004. As substâncias de arsênio, cadmio, chumbo, cianeto, cromo, fenóis totais, fluoreto, mercúrio, nitrato, prata, selênio e surfactantes estão abaixo do limite de detecção, sendo que o pH é de caráter ácido. Com tudo, o alumínio ultrapassou o Limite Máximo Permitido, assegurado pela conclusão técnica.

Quanto ao seu armazenamento deste resíduo na Cisbra, não foi necessário um local de exclusividade, pois seu volume transportado é consideravelmente pequeno. Porém a areia de quebra de canal teve de ficar em um compartimento que não ocorreu o risco de ficar exposta sob intemperes e que não houve contato com o meio ambiente.

3.4 Misturas

Para a determinação das misturas foi-se imprescindível anteriormente à definição das porcentagens de resíduo a ser utilizado na mistura. As amostras constituíram-se em 10%, 20% e

30% de areia de fundição nos blocos de concreto em substituição parcial de agregados, porém, na substituição total de granilha em todas as misturas.

Estas porcentagens foram determinadas em função de parâmetros como:

- Resultados de trabalhos anteriormente realizados com este resíduo;
- Uma comparação entre quantidade deste resíduo gerado e a quantidade de blocos produzidos;
- Quantidades possíveis de serem pesados na maquina utilizada na fabricação deste produto;

Além destas três misturas com o resíduo, se fez fundamental a fabricação de um protótipo de bloco natural, ou seja, o bloco referência, a modelação de produtos apenas com os agregados já utilizados, sem a adição ou substituição por qualquer material.

As diferentes misturas foram comparadas entre si, sendo imprescindível a necessidade de parâmetros incomuns entre estas. Nesta pesquisa foi abordado um modulo de finura padrão entre os diferentes traços, definido a posteriori a granulometria individual dos materiais.

3.4.1 Ensaio De Granulometria

Fernandes (2008) aponta que a granulometria é, sem duvida, o ensaio mais empregado na caracterização de um material granular. É por meio dela que obtemos duas constantes muito empregadas na definição do tamanho dos grãos do agregado.

Uma dessas constantes é o modulo de finura (MF), que Bauer (2012) define como sendo a soma das percentagens retidas até cada peneira da série normal (ordenadas da curva granulométrica das porcentagens retidas) e se divide por 100.

A outra constante é a dimensão máxima característica (Ømáx), correspondente à abertura, em milímetros, da peneira cuja porcentagem retida acumulada seja igual ou imediatamente inferior a 5% (Fernandes, 2008).

Este ensaio é normatizado pela NBR NM 248 (2001), esta norma vem a substituir a NBR 7217 (1987), constituindo-se como norma do Mercosul, onde prescreve o método para a determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos.

A definição identificada pela NBR NM 248 (2001) determina a séria normal e seria intermediaria, um conjunto de peneiras sucessivas, que atendam a normas NM-ISO 3310-1 ou 2, com as aberturas de malha estabelecidas na Tabela 4.

Tabela 4- Série de peneiras

Série Normal	Série Intermediária
75 mm	...
...	63 mm
...	50 mm
37,5 mm	...
...	31,5 mm
...	25 mm
19 mm	...
9,5 mm	12,5 mm
...	6,3 mm
4,75 mm	...
2,36 mm	...
1,18 mm	...
600 µm	...
300 µm	...
150 µm	...

Fonte: NBR NM 248 (2001)

O processo do ensaio é realizado na empresa fabricante de blocos, executou-se o peneiramento manual, a granulometria é realizada de 10 em 10 dias na Cisbra, para a obtenção do controle sobre os agregados. Nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 são as resultantes do peneiramento dos materiais individualmente, constando o diâmetro máximo característico e modulo de finura.

Tabela 5- Composição granulométrica do agregado Areia

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRCIA - NBR NM 248 (2001)								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		%	%	
nº	mm	Peso Retido	%	Peso Retido	%	Retida	Retida	
		g	Retida	g	Retida	Média	Acumulada	
3"	76		0,00		0,00	0,00	0,00	
2 1/2"	64		0,00		0,00	0,00		0,00
2"	50		0,00		0,00	0,00		0,00
1 1/2"	38		0,00		0,00	0,00	0,00	
1 1/4"	32	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
1"	25	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/4"	19	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/2"	12,5	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/8"	9,5	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/4"	6,3	2	0,18	2	0,18	0,18		0,18
4	4,8	1,4	0,13	1,4	0,13	0,13	0,31	
8	2,4	15,5	1,42	15,5	1,42	1,42	1,74	
16	1,2	53,1	4,88	53,1	4,88	4,88	6,62	
30	0,6	298,3	27,41	298,3	27,41	27,41	34,03	
50	0,3	513,4	47,18	513,4	47,18	47,18	81,21	
100	0,15	149,8	13,77	149,8	13,77	13,77	94,98	
200	0,075	44,8	4,12	44,8	4,12	4,12	99,10	
fundo	<0,15	9,8	0,90	9,8	0,90	0,90		
Total		1088,10	100,00	1088,10	100,00	100,00	317,99	
Diametro maximo:		2,4 mm;		nº 8	Módulo de finura:	3,18		

Fonte: Cisbra Blocos (2014)

Tabela 6- Composição granulométrica do agregado Brita 0

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRCIA - NBR NM 248 (2001)								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		%	%	
nº	mm	Peso Retido	%	Peso Retido	%	Retida	Retida	
		g	Retida	g	Retida	Média	Acumulada	
3"	76		0,00		0,00	0,00	0,00	
2 1/2"	64		0,00		0,00	0,00		0,00
2"	50		0,00		0,00	0,00		0,00
1 1/2"	38		0,00		0,00	0,00	0,00	
1 1/4"	32	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
1"	25	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/4"	19	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/2"	12,5	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/8"	9,5	1,5	0,12	1,5	0,12	0,12	0,12	
1/4"	6,3	754,5	59,90	754,5	59,90	59,90		60,02
4	4,8	381	30,25	381	30,25	30,25	90,27	
8	2,4	102,7	8,15	102,7	8,15	8,15	98,42	
16	1,2	3,2	0,25	3,2	0,25	0,25	98,67	
30	0,6	0,7	0,06	0,7	0,06	0,06	98,73	
50	0,3	1,1	0,09	1,1	0,09	0,09	98,82	
100	0,15	1,2	0,10	1,2	0,10	0,10	98,91	
200	0,075	3,6	0,29	3,6	0,29	0,29	99,20	
fundo	<0,15	10,1	0,80	10,1	0,80	0,80		
Total		1259,60	100,00	1259,60	100,00	100,00	683,14	
Diametro maximo:		9,5 mm;		nº 3/8"	Módulo de finura:	6,83		

Fonte: Cisbra Blocos (2014)

Tabela 7- Composição granulométrica do agregado Pó de Pedra

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRCIA - NBR NM 248 (2001)								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		%	%	
n°	mm	Peso Retido	%	Peso Retido	%	Retida	Retida	
		g	Retida	g	Retida	Média	Acumulada	
3"	76		0,00		0,00	0,00	0,00	
2 1/2"	64		0,00		0,00	0,00		0,00
2"	50		0,00		0,00	0,00		0,00
1 1/2"	38		0,00		0,00	0,00	0,00	
1 1/4"	32	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
1"	25	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/4"	19	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/2"	12,5	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/8"	9,5	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/4"	6,3	0,8	0,06	0,8	0,06	0,06		0,06
4	4,8	37,4	2,58	37,4	2,58	2,58	2,63	
8	2,4	514	35,41	514	35,41	35,41	38,04	
16	1,2	313,3	21,58	313,3	21,58	21,58	59,62	
30	0,6	184,8	12,73	184,8	12,73	12,73	72,35	
50	0,3	111,7	7,69	111,7	7,69	7,69	80,04	
100	0,15	79	5,44	79	5,44	5,44	85,49	
200	0,075	93,9	6,47	93,9	6,47	6,47	91,95	
fundo	<0,15	116,8	8,05	116,8	8,05	8,05		
Total		1451,70	100,00	1451,70	100,00	100,00	430,12	
Diametro maximo:		4,8 mm ;		n° 4	Módulo de finura:	4,30		

Fonte: Cisbra Blocos (2014)

Tabela 8- Composição granulométrica do agregado Granilha

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRCIA - NBR NM 248 (2001)								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		%	%	
n°	mm	Peso Retido	%	Peso Retido	%	Retida	Retida	
		g	Retida	g	Retida	Média	Acumulada	
3"	76		0,00		0,00	0,00	0,00	
2 1/2"	64		0,00		0,00	0,00		0,00
2"	50		0,00		0,00	0,00		0,00
1 1/2"	38		0,00		0,00	0,00	0,00	
1 1/4"	32	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
1"	25	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/4"	19	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/2"	12,5	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/8"	9,5	1,7	0,12	1,7	0,12	0,12	0,12	
1/4"	6,3	77,2	5,35	77,2	5,35	5,35		5,47
4	4,8	192,2	13,32	192,2	13,32	13,32	18,79	
8	2,4	729,4	50,56	729,4	50,56	50,56	69,35	
16	1,2	214,3	14,85	214,3	14,85	14,85	84,20	
30	0,6	81,1	5,62	81,1	5,62	5,62	89,82	
50	0,3	39,1	2,71	39,1	2,71	2,71	92,53	
100	0,15	22,5	1,56	22,5	1,56	1,56	94,09	
200	0,075	28,3	1,96	28,3	1,96	1,96	96,06	
fundo	<0,15	56,9	3,94	56,9	3,94	3,94		
Total		1442,70	100,00	1442,70	100,00	100,00	544,97	
Diametro maximo:		9,5 mm ;		n° 3/8"	Módulo de finura:	5,45		

Fonte: Cisbra Blocos

Tabela 9- Composição granulométrica do resíduo Areia de Fundição

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRCIA - NBR NM 248 (2001)								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		%	%	
n°	mm	Peso Retido	%	Peso Retido	%	Retida	Retida	
		g	Retida	g	Retida	Média	Acumulada	
3"	76		0,00		0,00	0,00	0,00	
2 1/2"	64		0,00		0,00	0,00		0,00
2"	50		0,00		0,00	0,00		0,00
1 1/2"	38		0,00		0,00	0,00	0,00	
1 1/4"	32	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
1"	25	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/4"	19	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/2"	12,5	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
3/8"	9,5	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
1/4"	6,3	0	0,00	0	0,00	0,00		0,00
4	4,8	1,8	0,21	1,8	0,21	0,21	0,21	
8	2,4	6,6	0,79	6,6	0,79	0,79	1,00	
16	1,2	9,4	1,12	9,4	1,12	1,12	2,12	
30	0,6	30,4	3,62	30,4	3,62	3,62	5,74	
50	0,3	349,8	41,68	349,8	41,68	41,68	47,43	
100	0,15	345,5	41,17	345,5	41,17	41,17	88,60	
200	0,075	78,3	9,33	78,3	9,33	9,33	97,93	
fundo	<0,15	17,4	2,07	17,4	2,07	2,07		
Total		839,20	100,00	839,20	100,00	100,00	243,03	
Diametro maximo:		1,2 mm ;		n° 16	Módulo de finura:	2,43		

Fonte: Cisbra Blocos (2014)

3.4.2 Mistura Referência

O lote de blocos de concreto fabricados com a mistura referência ou também chamada mistura natural, compõe-se apenas dos materiais naturais, sem a inclusão ou substituição de quais quer destes agregados. A Tabela 10, representa sua composição, formada por brita 0, pó de pedra, granilha, areia e cimento.

Esta mistura se fez necessária, pois serviu de comparação com as misturas realizadas como a substituição do agregado pela Areia de Fundição, tanto para os ensaios físicos, químicos e qualitativos.

Tabela 10- Composição da Mistura Referência

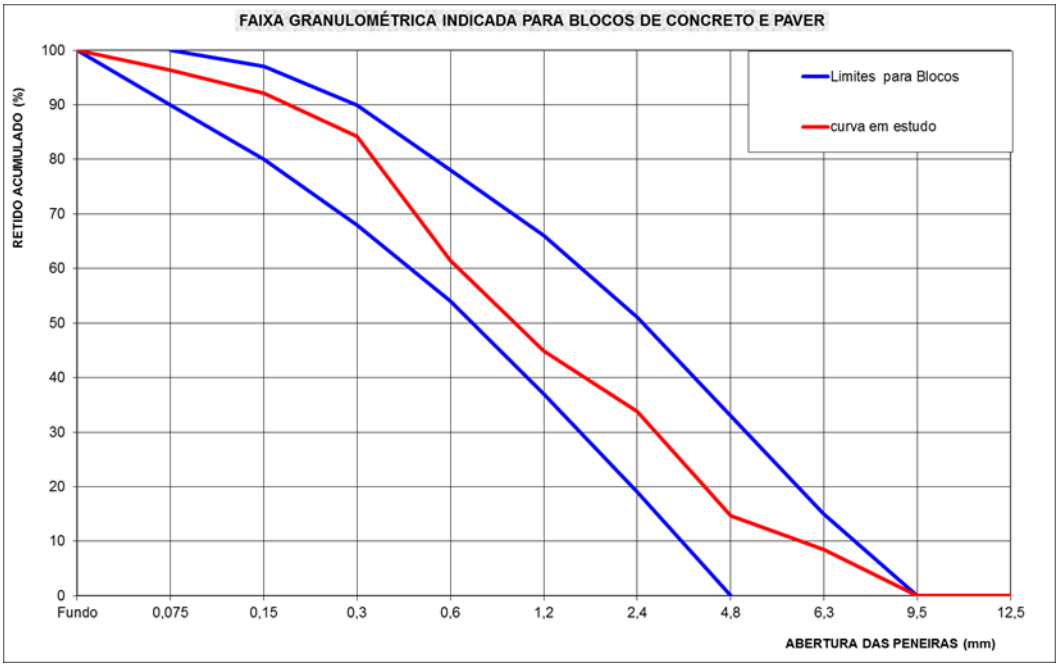
Proporção dos agregados na mistura		Modulo de Finura da mistura de agregados	Sugestão de Modulo de Finura da mistura	
Areia	42%	3,31	Bloco aparente	<3,00
Brita 0	13%			
Pó de pedra	35%		Bloco até 10 Mpa	<3,40
Granilha	10%			
Areia de Fundição	0%		Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00
TOTAL	100%			

Fonte: Autoria própria (2014)

Como a Tabela 10 mostra, o modulo de finura definido a esta composição foi de 3,31 enquadrado para um bloco de até 10 Mpa. As porcentagens de cada material foram estabelecidas em função do modulo de finura, e este em consequência da granulometria individual dos materiais, o enquadramento entre os limites da curva granulométrica dos agregados, na Figura 11, para a produção de blocos de concreto.

A curva em estudo estabeleceu-se conforme fixada a porcentagem de cada agregado. Estas curvas limites correspondem a uma media entre as faixas propostas pela Columbia Machine, um dos maiores fabricantes mundiais de equipamentos para produção de blocos de concreto, e outras faixas resultantes de experiências comprovadas em trabalhos para grandes fabricantes de blocos no Brasil, este sistema de produção é utilizado pela Cisbra (FERNANDES, 2008).

Figura 11- Curva de estudo da Mistura Referência



Fonte: Autoria própria (2014)

Quanto mais fina for à composição, mais abaixo da faixa se localizará a cura da mistura em estudo, neste caso teria um melhor acabamento na face das amostras, porém influenciaria diretamente na diminuição da resistência, assim interferindo no custo do produto por precisar consumir maior quantia de cimento, com isto o ideal, tanto para a resistência como ao custo, é que a curva de estudo encontre-se entre os limites estabelecidos, conforme a Figura 11. Tanto esta mistura, quanto as demais, foram desenvolvidas para a fabricação de blocos classe B, a fim de que estes atingissem os valores fixados em norma referidos a blocos deste modelo.

O traço que se refere a esta mistura, Tabela 11, apenas tornou-se possível exerce-lo com tamanha exatidão na utilização das quantidades determinadas a cada material, pois ao emprega-lo na produção fizemos o uso de equipamentos automatizados e capazes de utilizar estas proporções. A quantidade total da massa de material corresponde a 1143 Kg por betonada, transformando isto a 722 Lts de volume.

Tabela 11- Traço da Mistura Referência

Cimento	Areia	Brita 0	Pó de pedra	Granilha
1	6,06	1,88	5,05	1,44
Soma total dos agregados em relação ao cimento				
1 : 14,44				

Fonte: Autoria própria (2014)

3.4.3 Mistura Com 10% De Areia De Fundição

O lote de fabricação desta mistura obteve em sua composição a substituição do agregado granilha, presente na amostra referência, em 10% por areia de fundição tipo quebra de canal, também conhecida com areia verde. Esta mistura diferencia-se das demais, com a substituição do agregado, por apenas suprir a granilha sem interferir nos demais materiais presente na composição do bloco de concreto, em virtude do agregado substituído estar coincidentemente em 10% na amostra referência.

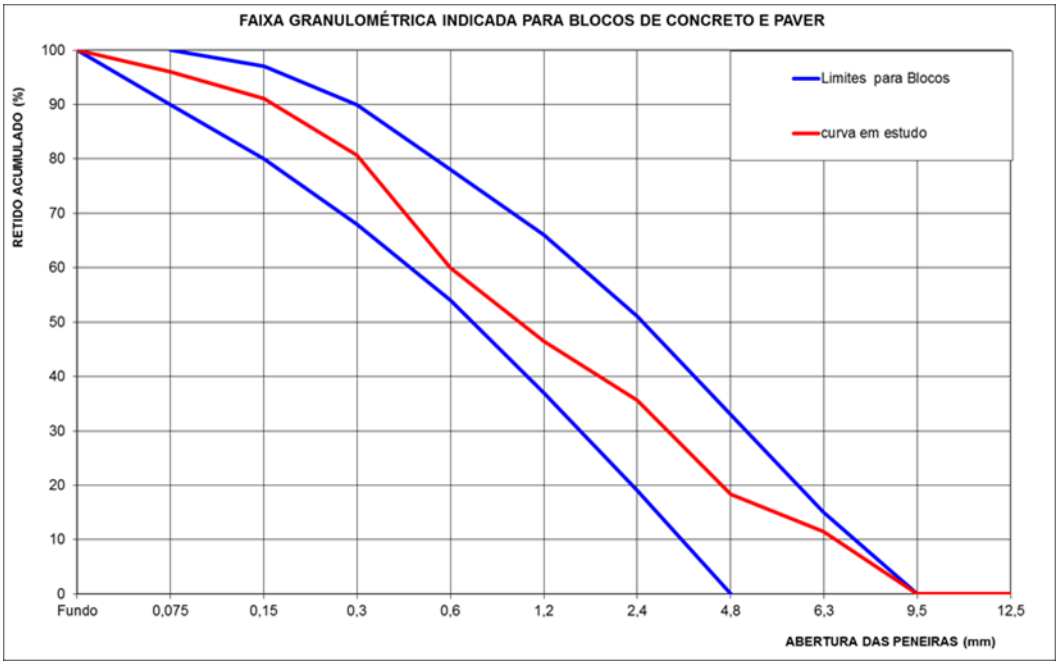
Mesmo em transcorrência desta causalidade, as porcentagens de materiais utilizados nesta amostra, conferido na Tabela 12, não coincidem-se com as porcentagens da amostra referência, isto ocorrem em virtude dos agregados apresentarem dimensões diferente. Considerando ainda, que as porcentagens destes, interferem diretamente na composição da curva de estudo, ocorrendo ajustes para enquadra-se entre os limites estabelecidos na Figura 12, também deveriam apresentar um modulo de finura correspondente as demais misturas, parâmetro levado em consideração para efeitos de comparação entre a amostra e as misturas.

Tabela 12- Composição da Mistura 10% de Areia de Fundição

Proporção dos agregados na mistura		**Modulo de Finura da mistura de agregados**	**Sugestão de Modulo de Finura da mistura**	
Areia	28%	3,32	Bloco aparente	<3,00
Brita 0	19%			
Pó de pedra	43%		Bloco até 10 Mpa	<3,40
Granilha	0%			
Areia de Fundição	10%		Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00
TOTAL	100%			

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 12- Curva de estudo da Mistura 10% de Areia de Fundição



Fonte: Autoria própria (2014)

Considerando estes requisitos, o traço da mistura 10% de areia de fundição, constado na Tabela 13, difere-se em todas as quantidades em comparação a mistura referencia, exceto na areia de fundição, por apresentar a mesma porcentagem do seu agregado substituinte, porém igualam-se na soma total.

Tabela 13- Traço da Mistura 10% Areia de Fundição

Cimento	Areia	Brita 0	Pó de pedra	Areia de Fundição
1	4,04	2,74	6,21	1,44
Soma total dos agregados em relação ao cimento				
1 : 14,44				

Fonte: Autoria própria (2014)

Com traço representado na Tabela 13, é perceptível que há uma diferença significativa entre os materiais envolvidos, e consequentemente representando uma distinta porcentagem no total de 1144 kg de massa para o lote desta mistura. Levando em consideração estes dados, tornou-se de grande relevância o conhecimento da porcentagem de areia de fundição sobre o volume total, pois esta pesquisa, além de proporcionar um novo destino ao resíduo, influencia na

redução de material extraído de recursos naturais. O volume total da mistura resultou em 714 Lts, sendo que deste 100%, são 9,66% de areia de fundição.

3.4.4 Mistura Com 20% De Areia De Fundição

Diferentemente da amostra com 10% A.F., a mistura com 20% deste resíduo influenciou diretamente nas porcentagens dos demais materiais inclusos na composição na Tabela 14, pois representou uma quantidade de substituição acima da granilha definida na amostra referência.

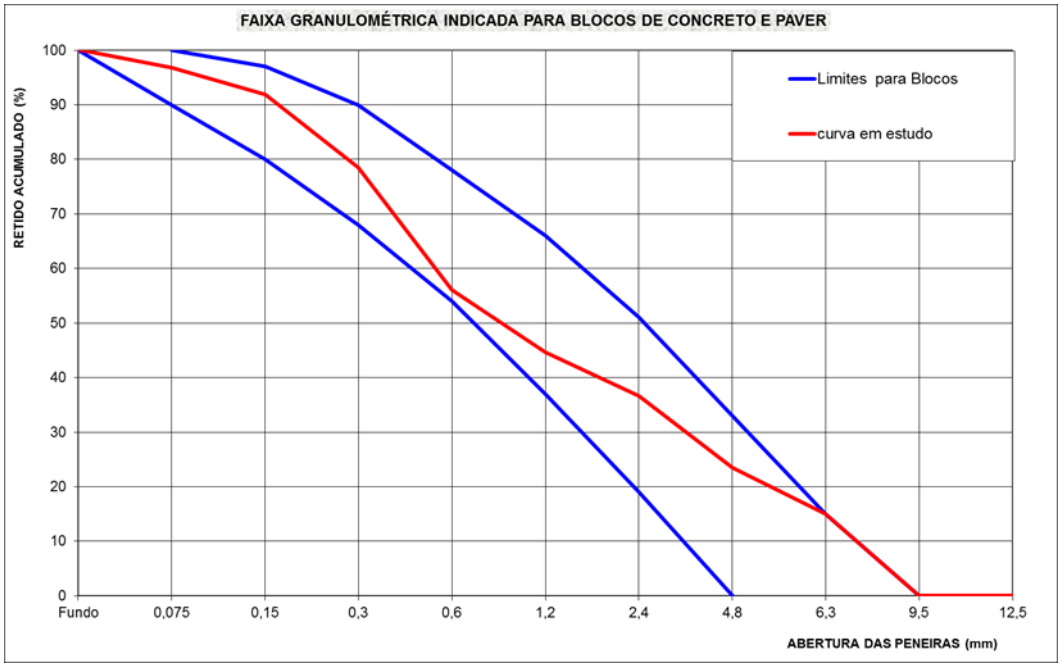
Tabela 14 - Composição da Mistura de 20% de Areia de Fundição

Proporção dos agregados na mistura		Modulo de Finura da mistura de agregados	Sugestão de Modulo de Finura da mistura	
Areia	25%	3,31	Bloco aparente	<3,00
Brita 0	25%			
Pó de pedra	30%		Bloco até 10 Mpa	<3,40
Granilha	0%			
Areia de Fundição	20%		Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00
TOTAL	100%			

Fonte: Autoria própria (2014)

Mesmo em virtude da interferência do resíduo, a Tabela 14, mostra que os materiais seguiram uma porcentagem continua, não havendo oscilações significantes. Nota-se que os agregados de maiores dimensões apresentaram-se em quantidades mais elevadas, pois a inclusão da areai de fundição aumenta a quantidade de finos, necessitando um equilibro entre os materiais, resultando uma curva de estudo entre os limites, Figura 13.

Figura 13- Curva de estudo Mistura 20% de Areia de Fundição



Fonte: Autoria própria (2014)

Analisando a Figura 13, é notório observar que a curva de estudo, esta entre as faixas limites, porém resultou em um ponto, ou então um pico bastante acentuado na extremidade da faixa limite inferior, caracterizando uma grande quantidade de finos na mistura em seu total. O traço realizado para este lote especifica-se na Tabela 15, em comparação a outros expõem uma proporção de resíduo bastente considerável em acareação aos demais materiais. A soma das massas de material resultou em 1143 Kg, correspondendo a um volume de 723 Lts, destes 100% são 19,22% de resíduo areia de fundição.

Tabela 15- Traço da Mistura 20% de Areia de Fundição

Cimento	Areia	Brita 0	Pó de pedra	Areia de Fundição
1	3,61	3,61	4,33	2,89
Soma total dos agregados em relação ao cimento				
1 : 14,44				

Fonte: Autoria própria (2014)

3.4.5 Mistura Com 30% De Areia De Fundição

À medida que a porcentagem de resíduo substituto aumentou, consequentemente tornou-se mais significativa, a sua influencia sobre a quantidade utilizada dos demais materiais. Na

Tabela 16, é visivelmente perceptível que os agregados brita 0 e pó de pedra encontram-se em grandes quantidade.

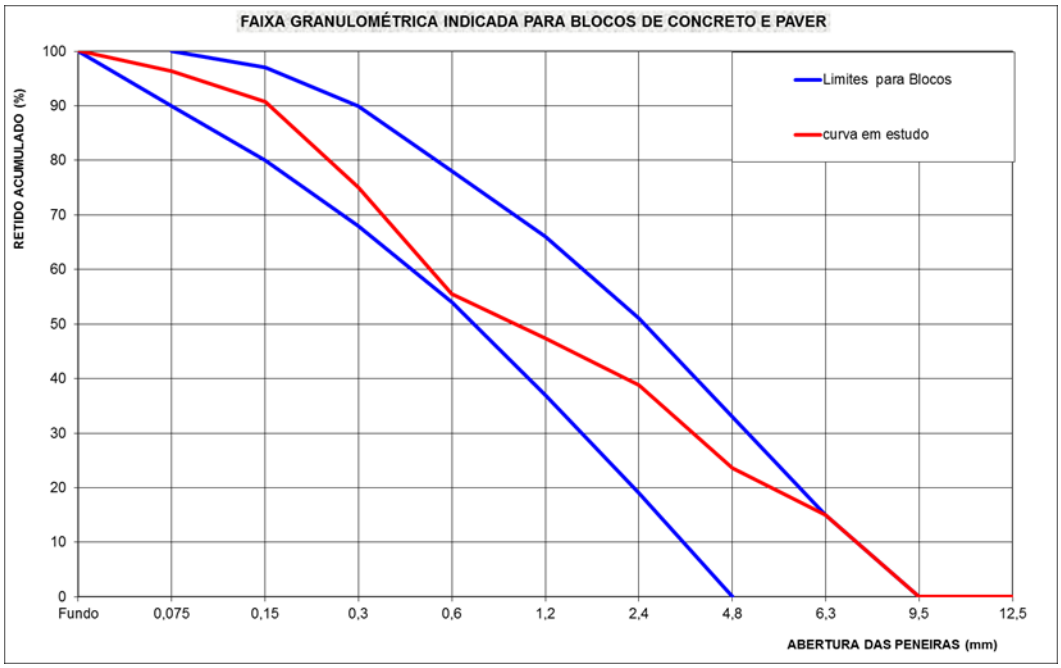
Tabela 16- Composição da Mistura com 30% de Areia de Fundição

Proporção dos agregados na mistura		Modulo de Finura da mistura de agregados	Sugestão de Modulo de Finura da mistura	
Areia	9%	3,31	Bloco aparente	<3,00
Brita 0	25%			
Pó de pedra	36%		Bloco até 10 Mpa	<3,40
Granilha	0%			
Areia de Fundição	30%		Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00
TOTAL	100%			

Fonte: Autoria própria (2014)

A reorganização dos materiais não foi uma determinante de fácil resolução, pois tanto os finos quanto os agregados de dimensões superiores enquadraram-se como a única solução para a construção da curva em estudo, na Figura 14, valores que se restringem nos limites das faixas, tanto inferior quanto superior. A curva em estudo, com 30% de resíduo, é constituída por picos, não havendo uma continuação linear.

Figura 14- Curva de estudo da Mistura 30% de Areia de Fundição



Fonte: Autoria própria (2014)

Esta representação de faixa incide em função os materiais, pois a areia de fundição é um material fino, a quantidade de agregado com maior dimensão deve ser muito superior a esta, não ocorrendo um equilibro entre todos os materiais da mistura, e sim uns com porcentagem muito acima em relação a outros. O traço desta mistura, na Tabela 17, mostra estes grandes teores em relação a alguns agregados.

Tabela 17- Traço da Mistura 30% Areia de Fundição

Cimento	Areia	Brita 0	Pó de pedra	Areia de Fundição
1	1,24	3,45	4,97	4,15
Soma total dos agregados em relação ao cimento				
1 : 13,82				

Fonte: Autoria própria (2014)

Em relação à quantidade total de material em massa é 1144Kg, que convertido em volume gera um total de 719 Lts, destes 28,78% são apenas areia de fundição.

3.5 Fabricação dos blocos de concreto

A fabricação dos blocos realizou-se na fábrica da Cisbra, na Figura 15, localizada na cidade de Ijuí- RS, pelo motivo desta ser aprovisionada, por maquinas e equipamentos capazes de uma correta e de qualidade produção de blocos.

Figura 15- Empresa Cisbra Bloco

Fonte: www.cisbra.com.br (2014)

A ordem de produção iniciou-se com os blocos referência, e a posteriori as combinações de 10%, 20% e 30% areia de fundição. Quando o resido foi incluso na mistura, ocorreram mudanças na casa de comando, espaço que controla a maquina de produção, pois a balança é capacitada para quatro agregados, sendo assim ocorreu à retirada do agregado granilha e incluiu o resíduo de areia quebra de canal.

O procedimento de produção adotado equivaleu ao empregado na fabrica para os blocos naturais, ou também chamados referência. O único cuidado que se teve foi em relação à produção, quando ocorreram as trocadas de porcentagens de resíduos, exigiu-se que a máquina estivesse completamente limpa, evitando o acumulo de qualquer agregado.

3.5.1 Processo De Produção

Cada fabrica produtora deste artefato tem seus equipamentos ajustados e a sequencia de seus processos, da maneira que lhe cabe mais conveniente, sendo isto em função de seu layout ou equipamentos que possuem.

A produção dos blocos iniciou-se, com o lançamento das quantidades necessárias de cada agregado pelo operador de maquinas. Cada insumo possuiu um respectivo silo, como demostra a Figura 16, onde de este foi retirado, pesado e lançados ao skip, que os transportou até o misturador. Na produção dos protótipos com areia de fundição, o resíduo foi pesado separadamente dos demais materiais em uma balança externa e depositado ao skip. A imagem 01 da Figura 17, ilustra o big bag com resíduo areia de fundição, e na ilustração 02, o resíduo sendo pesado adicionado a mistura.

Figura 16- Silos para armazenamento dos agregados

Fonte: www.cisbra.com.br (2014)

Figura 17- Armazenamento e pesagem da Areia de Fundição

Fonte: Autoria própria (2014)

Nesta combinação de materiais acrescentou-se cimento, água e aditivos, estabelecidos no traço juntamente com os demais insumos, informado pelo operador da maquina sua liberação ao misturador. A mistura processou em torno de 2 minutos, até a obtenção da aparência homogenia.

Finalizada a composição, transportou-a por uma correia até a prensa dos blocos, equipamento responsável em dar a forma ao produto através moldes acoplados a ela, Figura 19. Posteriormente, fez-se a prensagem da mistura nestes moldes, resultando no produto integralizado, na Figura 20 as imagens 01, 02 e 03, representam a sequencia na prensa. Na Figura 18, a imagem 01corresponde ao misturador e a 02 a correia que transporta a mistura.

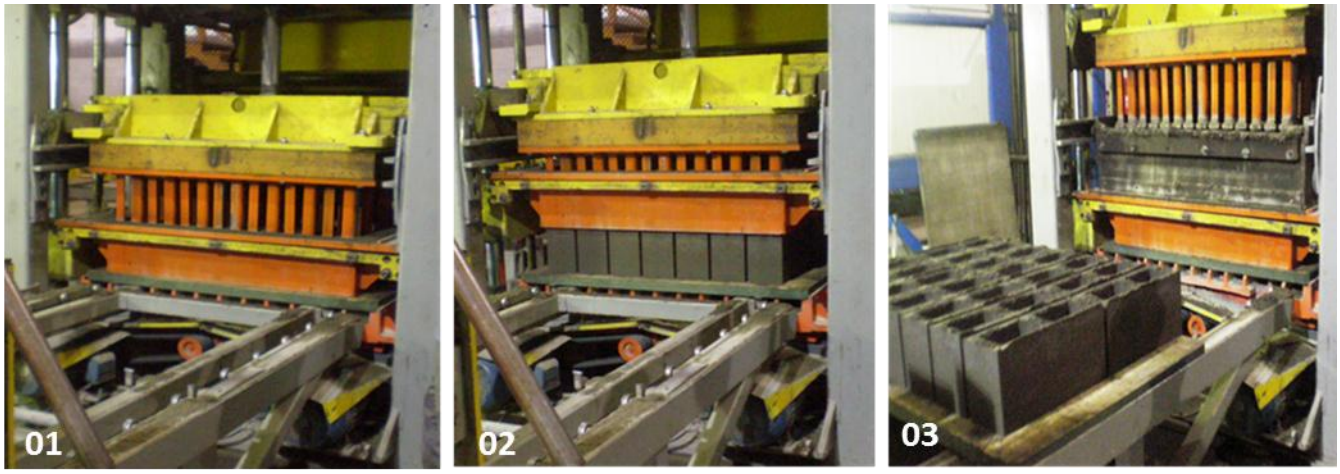
Figura 18- Processo de Produção- Misturador e correia para mistura

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 19- Prensa hidráulica

Fonte: Autoria própria (2014)

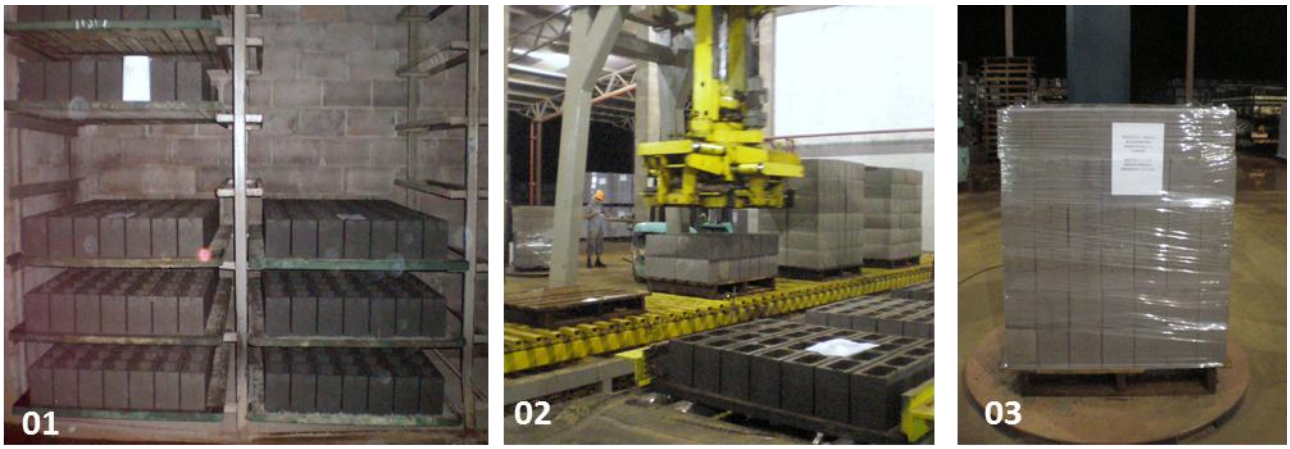
Figura 20- Sequencia de produção na prensa hidráulica



Fonte: Autoria própria (2014)

Finalizado o produto, a empilhadeira conduziu-os até a estufa de cura umida, permanecendo no mínimo 24 horas. Passou-se o tempo, os blocos foram transportados para a seção de seleção do produto, atribuído a selecionar os blocos que obtiveram uma produção padrão, sendo estes embalados e identificados por cubagem automatizada. Na Figura 21, as imagens 01, 02 e 03, expressão respectivamente a sequência descrita no paragrafo acima.

Figura 21- Sequencia final de produção



Fonte: Autoria própria (2014)

O processo acima descrito realizou-se em todas as misturas, a referência, 10% A.F., 20% A.F. e 30% A.F.. Concluída a produção dos blocos, foram encaminhados ao LEC na UNIJUÍ para realização dos ensaios laboratoriais normativos.

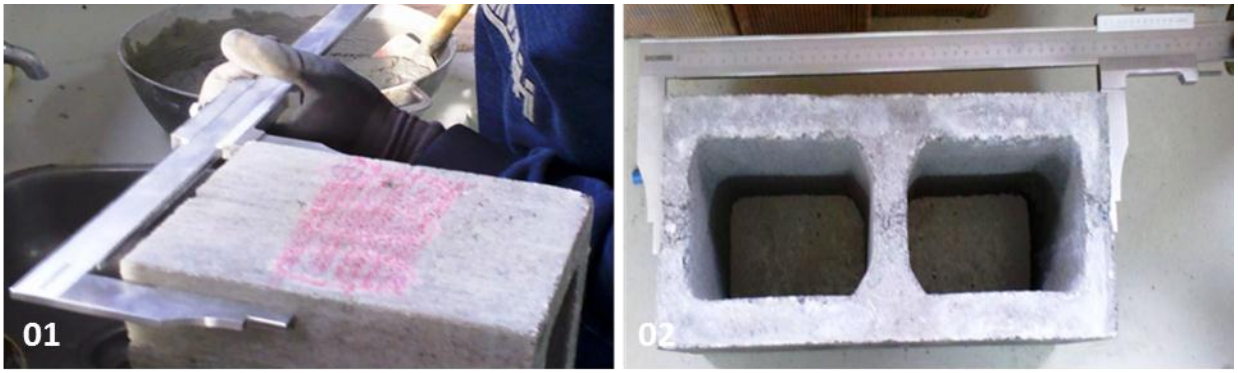
3.6 Ensaios Laboratoriais

3.6.1 Análise Dimensional

Conforme Sandes (2008), a dimensão do bloco é uma característica importante. Comprimento, altura, largura, espessura das paredes e mísulas devem atender aos valores mínimos especificados pela norma NBR 6136 (2014) para facilitar o assentamento, estética e desempenho da construção.

Para cada dimensão obtida foram realizadas três leituras em pontos distintos de cada face do bloco. A espessura mínima de parede equivale à média, de duas determinações da parede longitudinal e uma determinação na parede transversal da peça, representadas respectivamente pelas imagens 01 e 02 da Figura 22. As medidas devem ser tiradas na parte mais estreita (face de moldagem) (FERNANDES, 2008).

Figura 22- Medições das dimensões dos blocos



Fonte: Autoria própria (2014)

3.6.2 Absorção De Água

O ensaio de absorção de água nos blocos de concreto realizou-se conforme preconiza a NBR 12118 (2011) e NBR 6136 (2014), analisaram-se o comportamento de três corpos de prova de blocos de concreto por misturas, aos 7 e 28 dias. A determinação da absorção depende dos procedimentos de secagem e posteriormente saturação nos corpo de prova.

3.6.2.1 Secagem

O procedimento do ensaio iniciou-se com a chegada dos blocos de concreto ao laboratório, estes permaneceram no ambiente do laboratório por um período de 24 horas, em que foram pesados, suas massas anotadas (m_3) e numerados, confere-se as Figura 23 e Figura 24. Os corpos de prova conservaram-se em estufa com temperatura de 110±5 °C durante 24 horas, Figura 25, completando esse tempo, foram balanceados, as massas anotadas, e retornaram as estufa, nas mesmas condições, entretanto durante 2 horas.

Figura 23- Identificação dos corpos de prova

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 24- Pesagem das amostras em temperatura ambiente

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 25- Corpos de prova em estufa

Fonte: Autoria própria (2014)

Concluído o tempo, retirados e abalançados repetidamente, teve-se o cuidado de o bloco permanecer no máximo 10 minutos fora da estufa, portanto essa transferência não influenciou em sua massa durante a medida. Esse procedimento necessitou mais uma repetição, pois segundo a NBR 12118 (2011), esta sequencia atividades deve repetir-se até que o resultado do seu peso seja igual ou varie em 0,5% da sua massa anterior.

3.6.2.2 Saturação

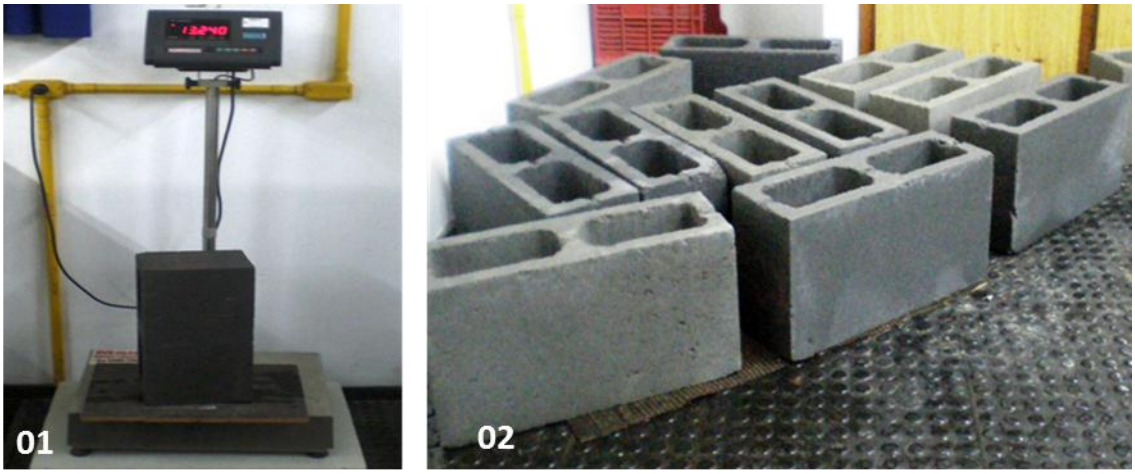
Adotado a metodologia da NBR 12118 (2011), apos a secagem, os corpos de prova permaneceram em temperatura ambiente para resfriamento natural, conforme Figura 26, posteriormente, imersos em água à temperatura 23 ±5 °C, onde mantiveram-se durante 24 horas.

Figura 26- Corpos de provas resfriando naturalmente

Fonte: Autoria própria (2014)

Passado este tempo, pesou-se os corpos de prova individualmente na condição saturado com superfície seca, ou seja, removeu-se a agua superficialmente visível com um pano, tomou-se nota de suas massas, conforme imagens 01 e 02 da Figura 27, em seguida, mergulhou-os novamente, sem modificações nas condições ambientais como representando na Figura 28, permanecendo durante 2horas. Esse procedimento repetiu-se duas vezes após a leitura das 24horas, obtendo o resultado do seu peso igual ou algumas amostras com variação 0,5% da sua massa anterior, anotou-se a sua massa saturada.

Figura 27- Pesagem dos blocos saturados com superfície seca



Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 28- Blocos submerso

Fonte: Autoria própria (2014)

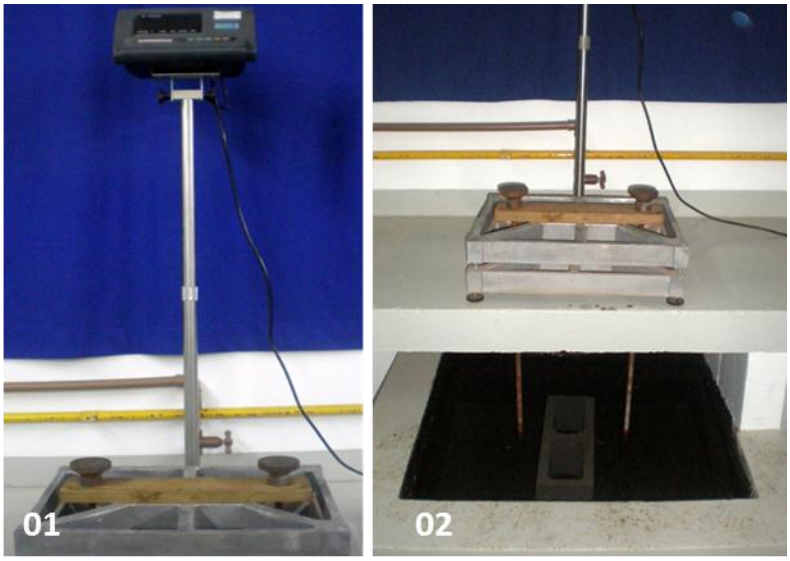
3.6.2.3 Área líquida

Fernandes (2008) destaca que existem duas formas usuais de se encontrar a área liquida de blocos de concreto, área liquida aparente e área liquida real, sendo que neste estudo utilizou-se o segundo desenvolvimento.

O mesmo autor considera este caso o mais interessante, pois o proposito do ensaio é justamente avaliar a área real do concreto, descontando inclusive os poros no interior da peça. O volume real do bloco foi calculo pelo conceito de empuxo, portanto, obtivemos a massa do bloco, ao ar livre e no estado completamente saturado de água.

Os ensaios nestes corpos de provas, foram realizados após a saturação em sua ultima leitura (m_2), sendo assim esta foi a massa do bloco ao ar livre, já, a segunda situação, a massa aparente (m_4), desvendou-se com o auxilio de uma balança que permite pesagens de corpos submersos. Na Figura 29, a imagem 01 representa apenas balança sobre a bancada preparada para a pesagem do blocos, a imagem 02, é a mesma balança porém no tanque.

Figura 29- Balança pesando os blocos submersos



Fonte: Autoria própria (2014)

3.6.3 Resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão realizaram-se conforme NBR 12118 (2010) e NBR 6136 (2007), que fixam as condições exigíveis para a aceitação de blocos vazados de concreto simples, confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, com ou sem inclusão de outros materiais, bem como estabelece métodos para a resistência a compressão dos blocos vazados de concreto simples destinados à execução de alvenaria estrutural.

As idades para que ocorram as rupturas foram estabelecidas conforme especificações conhecidas. Além da idade característica de 28 dias que a norma prevê, decidiu-se a idade de 7 dias, comparando os futuros resultados obtidos nestas idades. No desenvolvimento deste ensaio, adotou seis amostras distintas sem trincas ou quaisquer defeitos, provenientes do mesmo lote, correspondendo cada mistura.

Os procedimentos iniciaram com a secagem dos blocos ao ar, seguindo da pesagem e anotação da massa de cada corpo de prova. Deu-se continuidade nos laboratórios, como a retificação da superfície superior dos blocos, removendo as saliências, esfregou a esta face uma superfície áspera, seguido do capeamento.

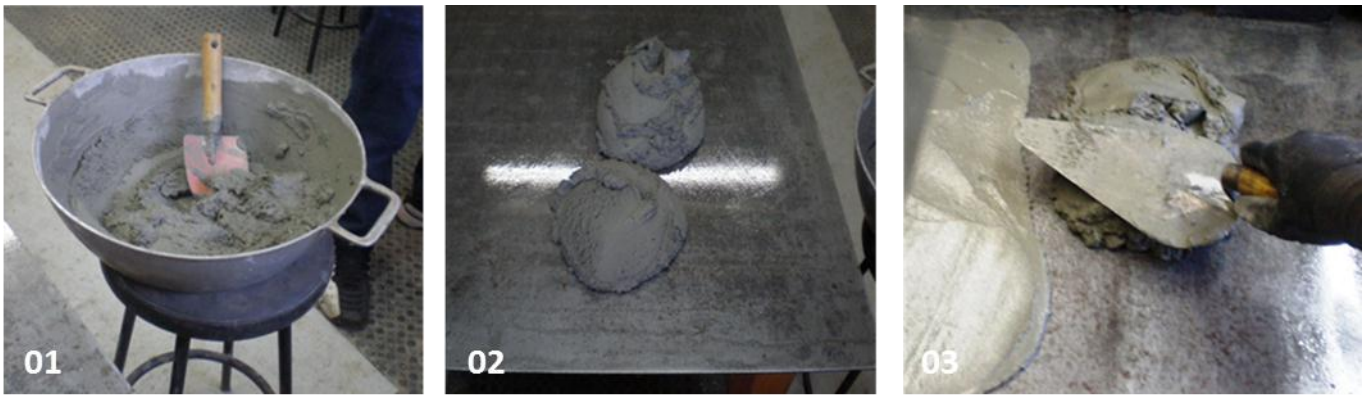
- Capeamento: é a maneira de garantir que a superfície do corpo de prova fique plana o suficiente que à aplicação da carga seja distribuída uniformemente por toda a aérea da peça durante o ensaio de resistência, quando isto não acontece, ou seja, feita irregularmente, a carga aplicada de maneira desigual, provocando uma carga pontual e diminuindo muito a resistência da peça ensaiada (Fernandes 2008).

Consiste na aplicação de uma argamassa no traço 1:2 (cimento e área fina), imagem 01 da Figura 30, em uma chapa de aço, imagem 02 da Figura 30. A argamassa, espalhada e nivelada e com uma espessura de 3mm, sequencia representada pelas imagens na Figura 31, aplicava-se o bloco sobre a chapa, sendo que a face que seria capeada era posta em uma forma com agua por alguns segundos, na intensão de umedecer esta aresta proporcionando maior aderência entre argamassa e corpo de prova.

Figura 30- Argamassa para capeamento e mesa untada com óleo

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 31- Argamassa assentada e nivelada na mesa



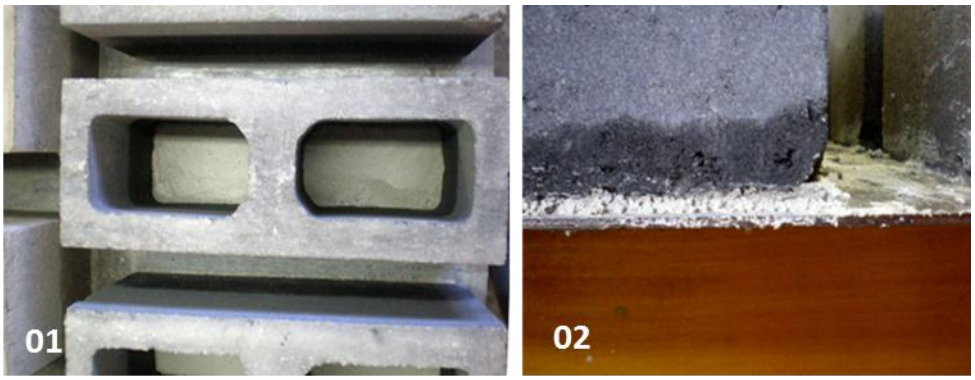
Fonte: Autoria própria (2014)

O assentamento do bloco era conferido com o nível, sendo que de uma peça a outra, eram deixados aproximadamente 3cm, como representado nas Figura 32 e Figura 33. Em cada superfície (superior e inferior), aplicou-se o capeamento, permanecendo 24 horas cada face sobre a chapa, a posteriori, adaptados para aplicação da carga. As imagens da Figura 32, representam a sequencia realizada no assentamento dos blocos. A Figura 33, na imagem 01 o bloco visto de cima e imagem 02, detalhamento da argamsassa.

Figura 32- Assentamento e nivelamento dos corpos de prova

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 33- Capeamento dentro do bloco e sua espessura



Fonte: Autoria própria (2014)

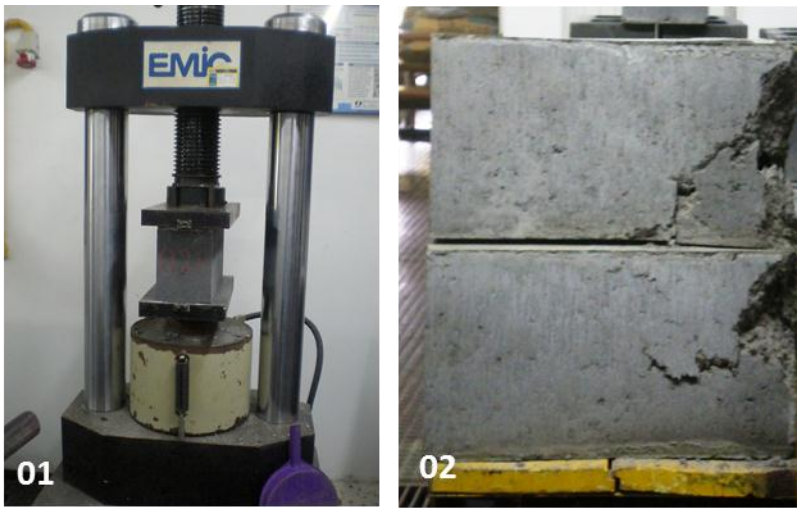
Antes de a argamassa ser aplicada sobre a chapa de aço, esta era untada com óleo. O preceito da aplicação do óleo é facilitar a desmoldagem do corpo de prova, retirando-o com a argamassa em sua face. Nesse procedimento, enfrentamos problemas, pois o óleo primeiramente utilizado dificultava a retirada do corpo de prova com a argamassa, ocorrendo descolamento entre eles, prendendo-a sobre a mesa e soltando apenas o bloco, impossibilitando a aplicação, pois não haveria uma aplicação uniforme. Desta maneira, se fez necessário refazer estes com outro óleo.

Figura 34- Descolamento da argamassa do bloco

Fonte: Autoria própria (2014)

Finalizado o processo de capeamento, seguiram-se os corpos de prova para a prensa hidráulica, adaptou-se o dispositivo de ruptura e zerar prensa com o pistão subindo. Centralizou o bloco no dispositivo inferior e baixou o superior até encostar-se ao bloco. Iniciou o carregamento e ajustou a velocidade para 0,05 Mpa/s (mantendo-a até a ruptura da peça). A Figura 35, na imagem 01, representa o bloco na prensa, e na 02, após ruptura.

Figura 35- Bloco recebendo carregamento e o pós-ruptura



Fonte: Autoria própria (2014)

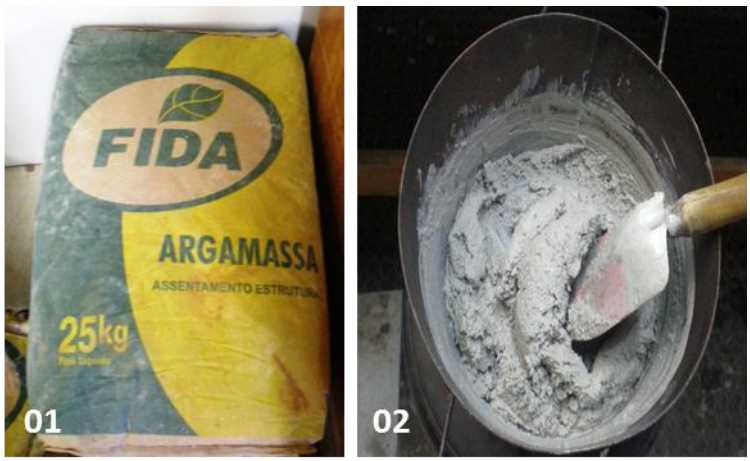
3.6.4 Resistência à Compressão de Prismas

O ensaio de resistência à compressão de prisma era regulamentado pela NBR 8215 (1983) sendo cancela, e substituída pela, NBR 15961 (2011).

O ensaio realizou-se com seis conjuntos de prismas de cada mistura, moldados no mesmo dia. Iniciaram os procedimentos de ensaio, com a medição das dimensões de cada corpo de

prova, seguindo ao capeamento em uma das faces de cada bloco, conforme procedimentos descritos no item 3.6.3, porém utilizando argamassa industrializada, com assentamento estrutural de 6MPa, representados nas imagens 01 e 02, da Figura 36.

Figura 36- Argamassa industrializada



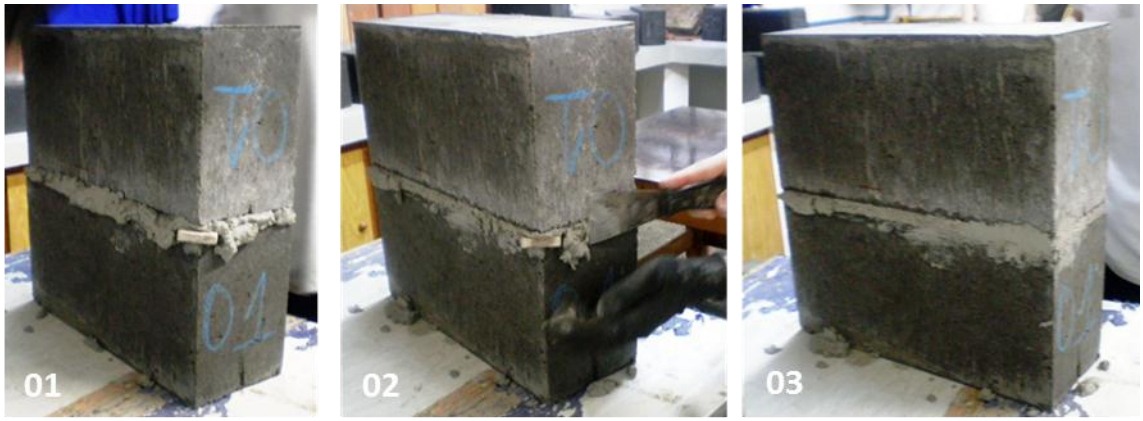
Fonte: Autoria própria (2014)

O assentamento dos blocos incisou-se após as 24 horas de cura do capeamento. Procedeu-se com a colocação da argamassa sobre um dos blocos, e nos seus quatro cantos, espaçadores de 1cm, representadas nas imagens da Figura 37, fixando a espessura da junta de assentamento, pois quando fixado sobre este o outro bloco, apenas retirou-se o excesso de argamassa tendo como referencia aos espaçadores, que posteriormente são retiradas, Figura 38.

Figura 37- Montagem de prima

Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 38- Acabamento da montagem de prisma



Fonte: Autoria própria (2014)

O rompimento dos primas, sucedeu-se aos 28 dias após sua confecção, representa-se na Figura 39, imagens 01 e 03 prismas na prensa, imagem 02 prisma após ruptura, amostras de prismas na prensa e seu estado após rompimento. Sendo este realizado com protótipos secos e ambiente natural. A tensão referente a cada mistura conheceu-se pela media entre as seis amostras de primas.

Figura 39- Rompimento e pós-rompimento de prismas

Fonte: Autoria própria (2014)

3.6.5 Microscopia Eletrônica De Varredura E Espectrometria De Energia Dispersiva De Raio-X– EDS

A técnica da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) permitiu uma observação das amostras ampliadas até 400 mil vezes, com boa resolução de imagens, proporcionando a caracterização morfológica dos constituintes na amostra do produto. A Energia Dispersiva (EDS)

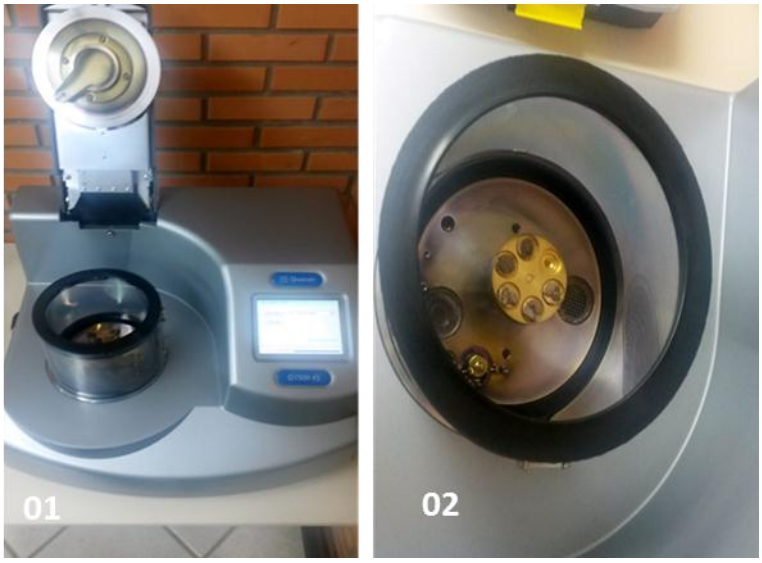
contribuiu significativamente na identificação da constituição química do material, permitindo uma analise elementar sem quantitativa. O uso em conjunto destas técnicas foi de grande importância, pois enquanto o MEV proporcionava nítidas imagens, o EDS possibilitou sua imediata identificação. Estes ensaios foram realizados na Universidade de Passo Fundo, localizada no município de Passo Fundo- RS.

A definição das amostras para a realização destes ensaios delimitou-se na mistura referência e com 10% de areia de fundição, devido a resultados satisfatórios de ensaios realizados até o momento. A preparação das amostras, se deve ao rompimento dos corpos de provas, aos 28 dias, retificando-as a tamanhos de 1cm³, estas foram postas em recipiente com álcool isopropilico objetivando interromper as reações do cimento.

Estas conservaram-se imersas neste condimento, até 48 horas antes do ensaio, quando forma postas em estufa à temperatura de 60ºC , permaneceram por 24 horas. Passado este tempo, retidas e realocadas em recipiente inerte à umidade.

A execução do ensaio considere-se simples, as amostras foram codificadas em um equipamento, sendo pulverizadas com pequenas quantidades de ouro, representados na Figura 40, imagem 01 equipamento e 02 as amostras, respectivamente, para a identificação dos elementos quando lançado o feixe de elétrons sobre elas, posteriormente encaminhadas ao MEV, conforme Figura 41, permanecendo durante o decorrer do ensaio.

Figura 40- Equipamento para pulverização do ouro no ensaio MEV



Fonte: Autoria própria (2014)

Figura 41- Microscópio para ensaio de MEV

Fonte: Autoria própria (2014)

3.6.6 Lixiviação

O ensaio de lixiviação realizou-se no Laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na cidade de Porto Alegre- RS. Este se referiu à NBR 10.005 (2004), a qual objetiva a "fixar os requisitos exigíveis para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando

diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10004 como classe I – perigosos - e classe II – não perigosos”.

Para esta norma, a lixiviação é conceituada como o processo para determinação da capacidade de transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes no resíduo sólido, por meio de dissolução no meio extrator.

As amostras de misturas de 10% de areai de fundição e 20% de areia de fundição, foram preparadas conforme especificações em norma, representadas nas imagens 1 e 2 da Figura 42.

Figura 42- Amostras para ensaio de lixiviação

Fonte: Autoria própria (2014)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Analise Adimensional

Conforme especificado em norma, este ensaio realizou-se em mais de um ponto do mesmo corpo de prova, incluído a mais de um corpo de prova ensaiado. Com aos dados fornecidos dos ensaios, na Tabela 18, tornou-se possível a comparação deste à NBR 6136 (2014), ponderando que todas as dimensões adquiridas nos blocos enquadram-se dentre os parâmetros da norma.

Tabela 18- Resultado analise dimensional

Corpo de Prova	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura das paredes (mm)
Referência	389,42	139,53	190,33	25
10% A.F.	390,42	139,02	190	26
20% A.F.	389,68	139,25	190	25
30% A.F.	389,63	139,62	189,67	24

Fonte: Autoria própria (2014)

4.2 Absorção de Água

Como citado no capitulo anterior, o ensaio de absorção de água, seguiu os procedimentos descritos na NBR 12118 (2011), através da execução da secagem e saturação, tornou-se possível o calculo da absorção de água. Em sua determinação, o valor individual de absorção por corpo de prova expressa-se em porcentagem (%), calculado pela formula:

$$A = \left(\frac{m2 - m1}{m1}\right).100$$

A= é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m 1= é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas (g);

m 2= é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

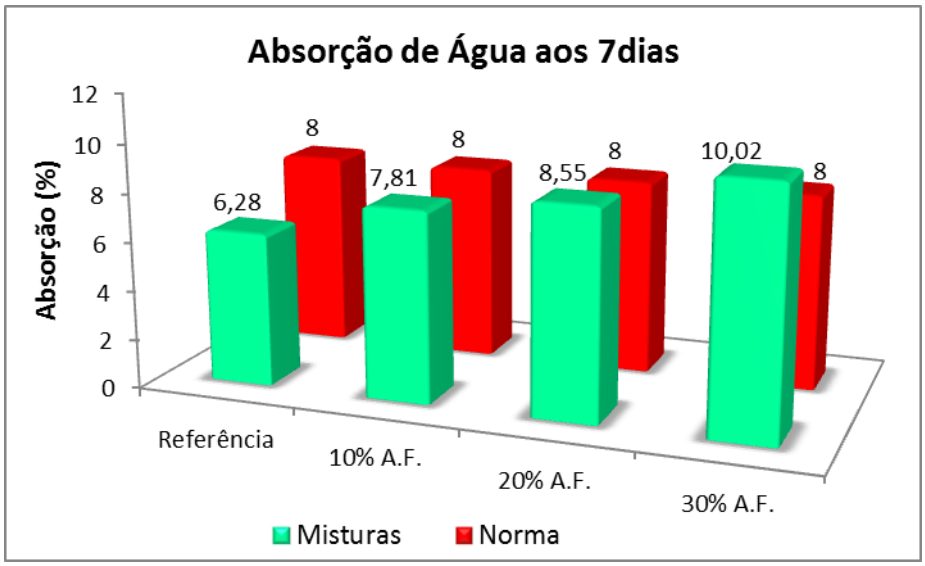
O resultado da absorção por mistura, resultou entre os três corpos de prova ensaiados, e este valor comparado aos parâmetros exigíveis de aceitação para blocos classe B, na NBR 6136

(2014). A comparação entre resultados e valores requisitados constam, na Figura 43 referente aos 7 dias e, Figura 44, apresenta aos 28 dias.

Analisando os resultados obtidos, nota-se, que as absorções 8,55% e 10,02%, das misturas com substituição em 20% e 30% de areia de fundição respectivamente, comparando-as à norma, 8%, encontram-se acima do percentual limite para blocos classe B.

Entre tanto, a mistura referencia e a 10% areia de fundição, concomitantemente atingiram 6,28% e 7,81% de absorção de agua, enquadrando-se aos percentuais exigíveis na NBR 6136 (2014).

Figura 43- Resultado do ensaio de Absorção de Água aos 7 dias



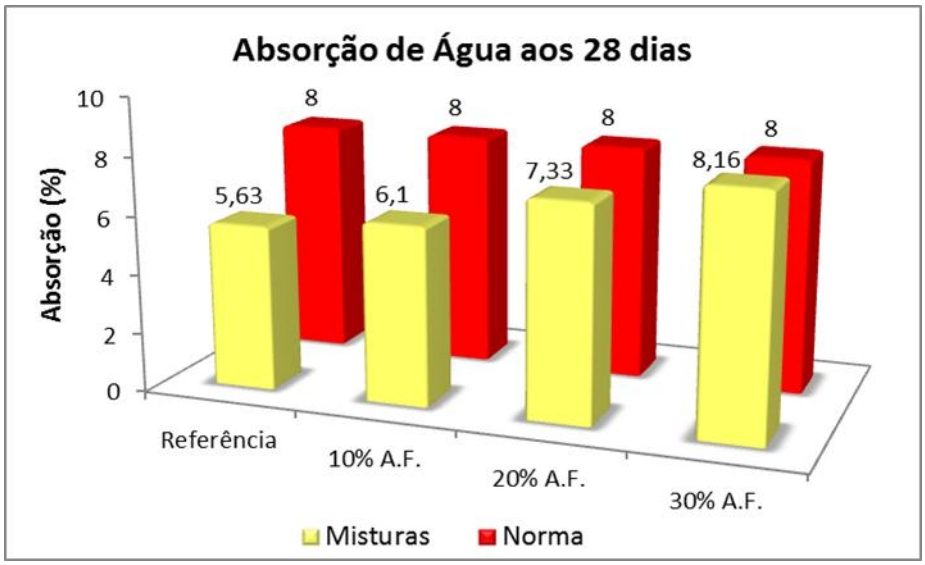
Fonte: Autoria própria (2014)

Realizando primeiramente uma analise dos dados fornecidos na Figura 44, é notório que apenas a mistura com 30% areia de fundição (8,16%) excedeu a porcentagem limite de absorção fixada em norma (8%), as demais misturas resultaram em bons percentuais, todos inferiores a este.

Confrontando os resultados entre as diferentes idades, Figura 43 e Figura 44, percebe-se que aos 28 dias todos os corpos de prova obtiveram uma redução em sua porcentagem de absorção em relevância aos 7 dias, tanto é que a mistura de 20% A.F., na segunda idade

enquadrou-se em norma, porém 30% A.F., continuou acima. Esta redução é o comportamento das reações características dos materiais na mistura.

Figura 44- Resultado do ensaio de Absorção de Água aos 28 dias



Fonte: Autoria própria (2014)

4.2.1 Área Líquida

Segundo a NBR6136(2014), a área líquida conceitua-se como a "área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios". Determinou-se a área liquida, aplicando dados fornecidos na formula a seguir, fazendo-se a média entre as três amostras por mistura.

$$Área\ líquida = \frac{(m2 - m4)}{h.\gamma} x1000$$

m_2= massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

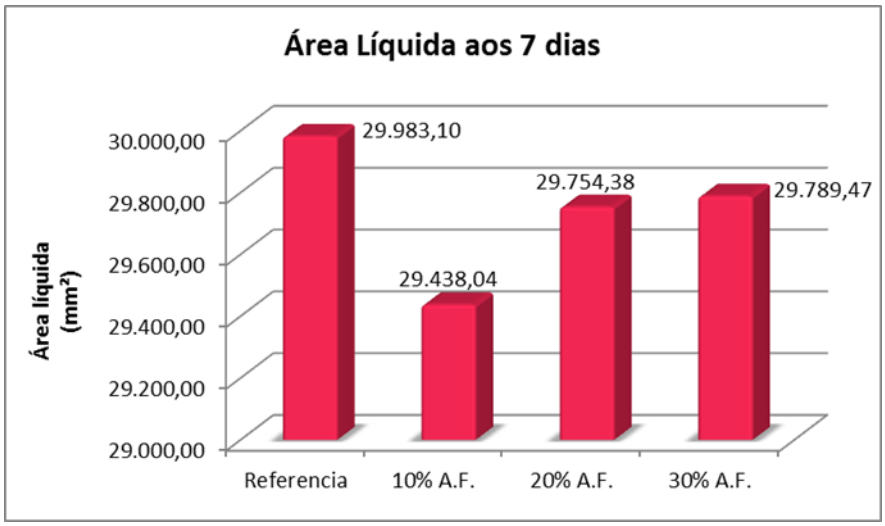
m_4 = massa aparente (g).

h= média da altura dos blocos individual (mm).

γ= massa específica de água utilizada no ensaio (g/cm³).

Para cada uma das três amostras ensaiadas determinou-se a área liquida, entre tanto, a determinação por mistura, se faz através da média entre estes corpos de prova. As Figuras 45 e 46, representam os resultados obtidos por mistura aos 7 e 28 dias, respectivamente.

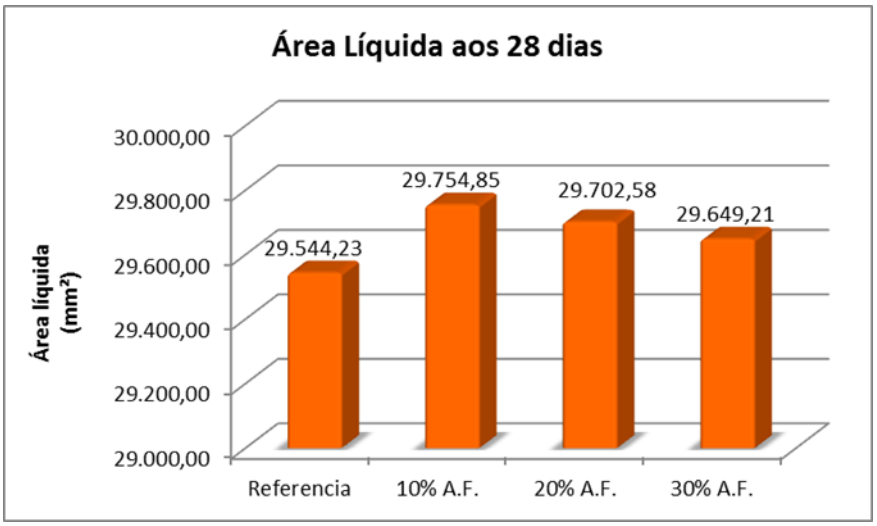
Figura 45- Resultados da área líquida das misturas aos 7 dias



Fonte: Autoria própria (2014)

Com os resultados obtidos percebe-se uma linearidade entre as áreas das misturas, apenas a mistura de 10% A.F., encontra-se com valor um inferior, mas dentro dos parâmetros.

Figura 46- Resultado da área líquida das misturas aos 28 dias



Fonte: Autoria própria (2014)

Na comparação das misturas, é perceptível que a variabilidade entre as áreas liquida é irrelevante, apresentando uma constância entre as misturas na produção dos blocos.

Quanto a diferença de área líquida entre as distintas idades, não deve-se considerar, pois como esta depende do peso do bloco, um necessariamente não terá o mesmo peso que outro, pois a maquina não é capaz de faze-los.

4.3 Resistencia à Compressão

Conforme execução, dos ensaios preconizado NBR 12118(2011), forneceram dados tornando-se possível a analise do desempenho dos corpos de prova quanto a sua resistência. O calculo da resistência especifica estimada, que será a resistência à compressão da mistura, consiste na aplicação dos valores dos corpos de prova atingidos na prensa, pela seguinte formula:

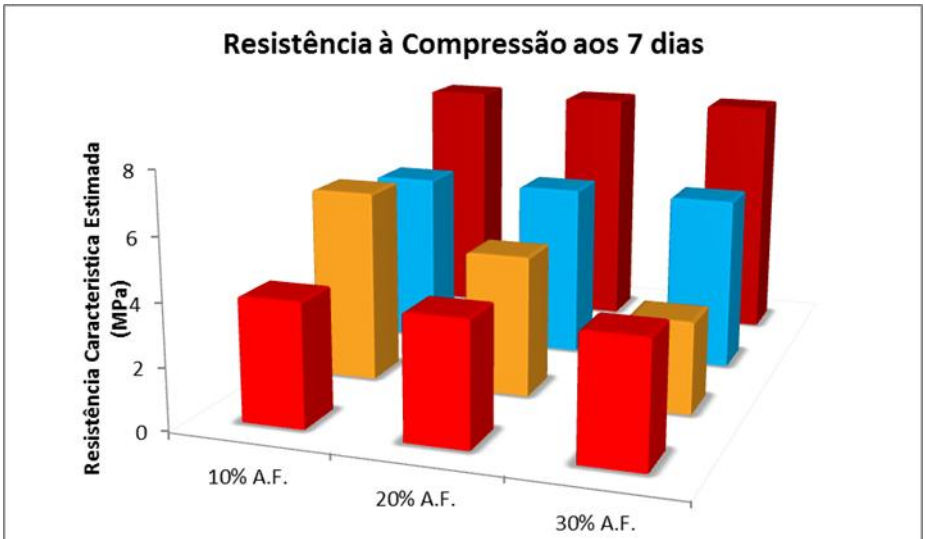
$$fbk1\ est = 2x\frac{fb1 + fb2 + \cdots + fb1 - 1}{i - 1} - fbi$$

Sendo preciso conferir se o valor esta em acordo, calculando o fbk, que o é fb1 x ψ (conforme a quantidade de amostras), que estabelece o limite inferior de resistência. Em comparação a estes dois valores calculados, o maior tornou-se a resistência da mistura e comparado ao exigido em norma, sendo que estes se encontram nas Figuras 47 e 48, analisando em relação às idades de 7 e 28 dias concomitantemente.

Em analise, aos dados apresentados na Figura 47, primeiramente em comparação a NBR 6136 (2014), a resistência de 2,98 MPa referente à mistura 30% A.F., não atingiu o limite mínimo de 4Mpa exigível em norma. Deve-se, porém levar em consideração que as demais misturas enquadram-se entre os requisitos, 4MPa à 8 MPa de resistência característica à compressão aos blocos Classe B segundo esta norma.

Fazendo-se ainda, uma analise comparativa entre as misturas em estudo, fixa-se como parâmetro a amostra referencia, de resistência 5,67 Mpa, em comparação as amostras de 20% A.F. e 30% A.F., expõem-se como resistência superior, entretanto, em relação à amostra 10% A.F., torna-se inferior, pois esta atingiu uma resistência de 6,22 MPa.

Figura 47- Resultado das misturas de resistência à compressão aos 7 dias



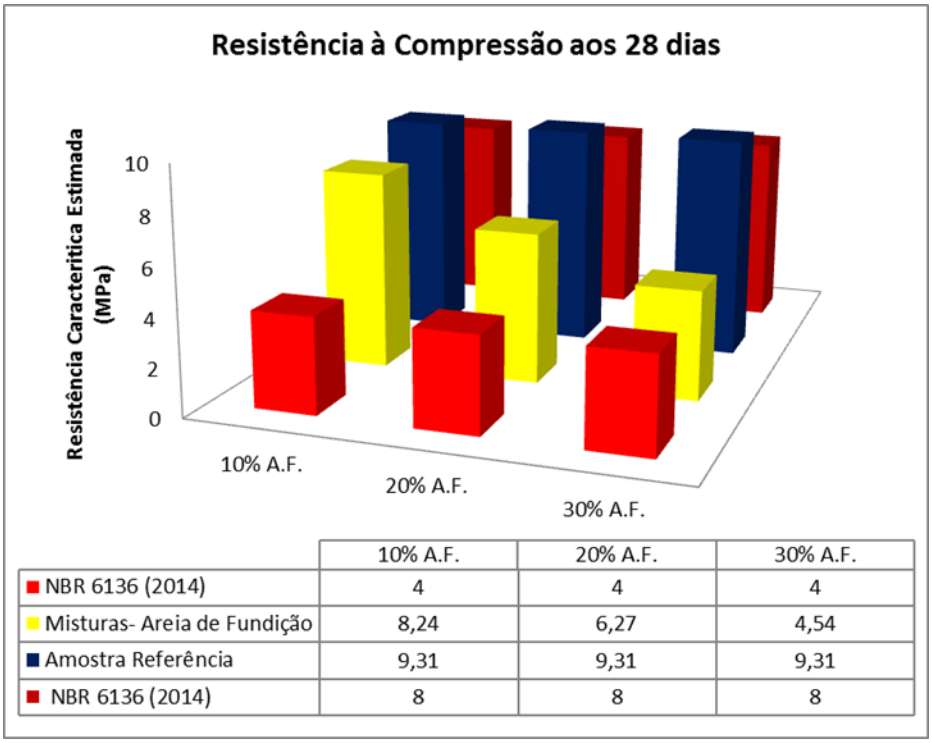
	10% A.F.	20% A.F.	30% A.F.
NBR 6136(2014)	4	4	4
Misturas- Areia de Fundição	6,22	4,56	2,98
Amostra Referência	5,67	5,67	5,67
NBR 6136(2014)	8	8	8

Fonte: Autoria própria (2014)

Analisando as resistências das misturas e da amostra aos 28 dias, conforme Figura 48, observa-se o enquadramento de todas as resistências aos limites preconizados em norma, salientando que a amostra referencia e mistura 10% A.F., apresentaram resistências superiores ao limite máximo de 8MPa.

A amostra referencia, torna-se um parâmetro em relação as demais misturas, pelos seus materiais constituintes, além de atingir alta resistência 9,31 MPa. Dentre as misturas, a 10% A.F. resultou em 8,24 MPa de resistência, superior às misturas 20% A.F. e 30% A.F.. Em comparação entre as maiores resistências, a amostra referência ressalta-se, ao contrario dos resultados obtidos as 7 dias, na Figura 47.

Figura 48- Resultado das misturas de resistência à compressão aos 28 dias



	10% A.F.	20% A.F.	30% A.F.
NBR 6136 (2014)	4	4	4
Misturas- Areia de Fundição	8,24	6,27	4,54
Amostra Referência	9,31	9,31	9,31
NBR 6136 (2014)	8	8	8

Fonte: Autoria própria (2014)

Em referência aos resultados das distintas idades, aos 28 dias todas as misturas assim como a amostra referência obtiveram um aumentou considerável em suas resistências em acareação aos 7 dias, isto se deve ao fato da influencia direta ao tempo maior de cura do cimento.

Também, enquadra-se a esta ponderação, que a amostra referencia obteve um aumento elevado em comparação a resistência aos 7 dias, e à mistura 10% A.F., tornando-se superior e esta.

4.4 Resistencia à Compressão de Prismas

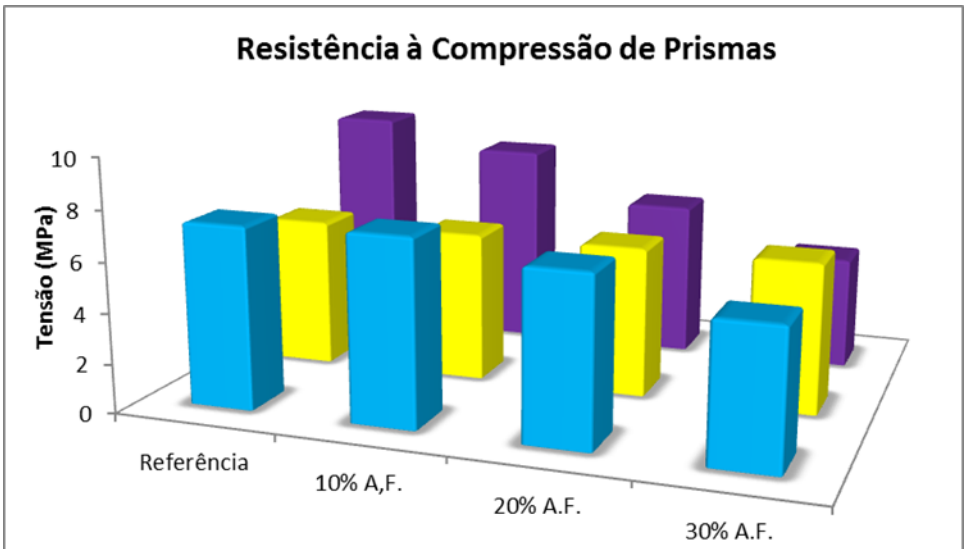
A resistência de prismas determina-se pela tensão que este é capaz de suporta na prensa hidráulica, comparando à argamassa de assentamento utilizada e à resistência dos blocos, de sua referente mistura.

A analise comparativa entre os resultados, encontra-se na Figura 49, estabelecendo que a amostra referência, e as misturas de 10% A.F. e 20% A.F., apresentam resistências em prisma superiores a resistência da argamassa, ocasionando primeiramente o rompimento do conjunto

prisma na argamassa. Considera-se que, os prismas da amostra referência e da mistura de 10% A.F. apresentam resistências inferiores ao bloco, comprovando a não ruptura deles elemento.

Ao contrario do caso acima, a resistência de prisma referente à mistura 30% A.F. apresentou-se baixo da resistência de 6MPa da argamassa, entretanto acima da resistência do bloco, ocasionando primeiramente a ruptura no bloco.

Figura 49- Resultados da resistência à compressão de prismas



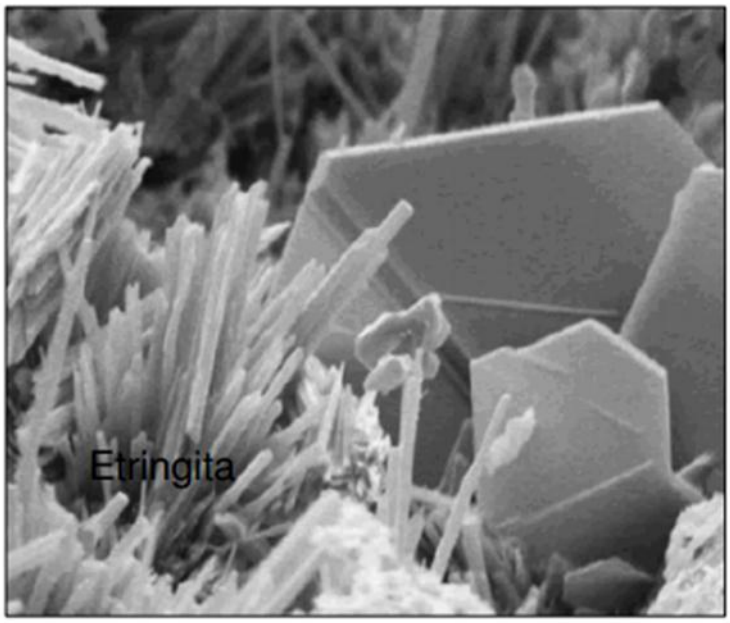
	Referência	10% A,F.	20% A.F.	30% A.F.
Prisma	7,31	7,45	6,73	5,48
Argamassa	6	6	6	6
Bloco	9,31	8,24	6,27	4,54

Fonte: Autoria própria (2014)

4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X– EDS

A microscopia eletrônica de varredura é um ensaio de extrema importância para à analisar a microestrutura do concreto, pois assim pode-se verificar as fases que se formam após a hidratação dos compostos cimentícios e os compostos formados. A Figura 50 apresenta a microscopia com do concreto com os compostos formados.

Figura 50- Microscopia do concreto com compostos formados

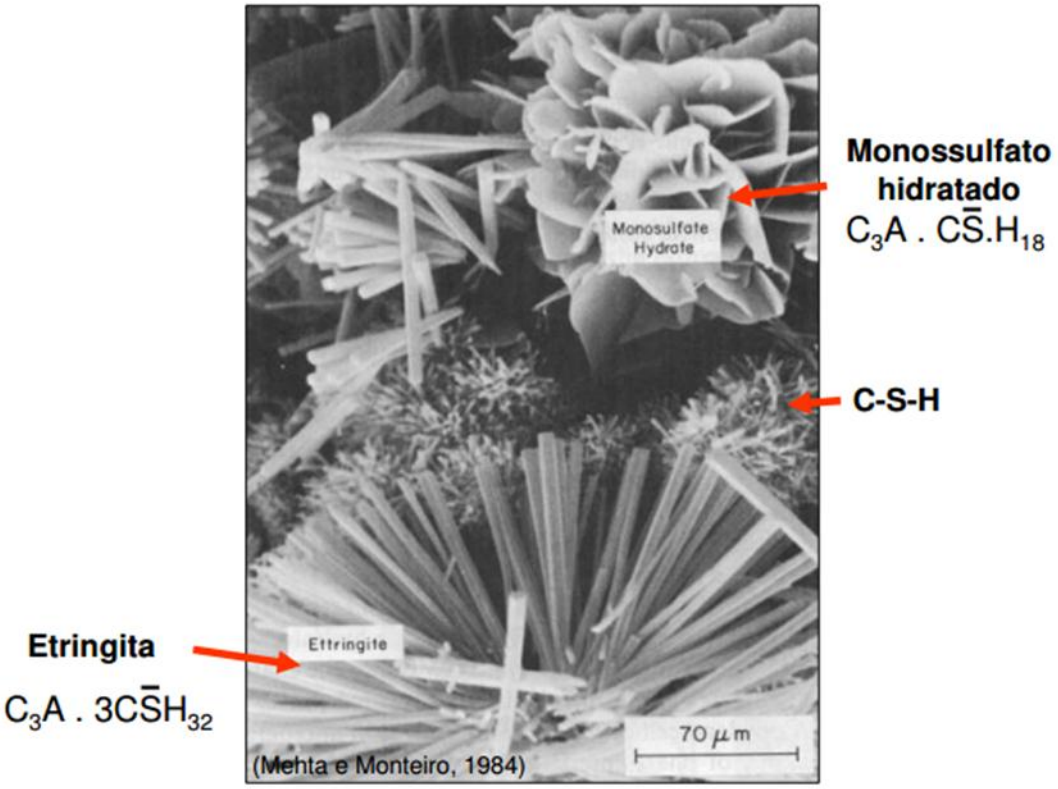


Fonte: Mehta e Monteiro (1984)

Dentre os principais compostos formados estão o Hidróxido de Cálcio (C-H) , são cristais de grande tamanho, com formas hexagonais, que ocupam 20 a 25% do volume de sólidos. Estes cristais são geralmente em formato de placas hexagonais e são os responsáveis pelo pH elevado da pasta (pH ≅ 13). É quimicamente muito reativo, são porosos com baixa resistência mecânica.

A etringita são cristais em formato de agulhas e formam-se nas primeiras horas de hidratação, sendo que as agulhas se intertravam e prendem muita água. Prejudicam a trabalhabilidade e causam falsa pega. As figuras 50 e 51 apresentam a etringita.

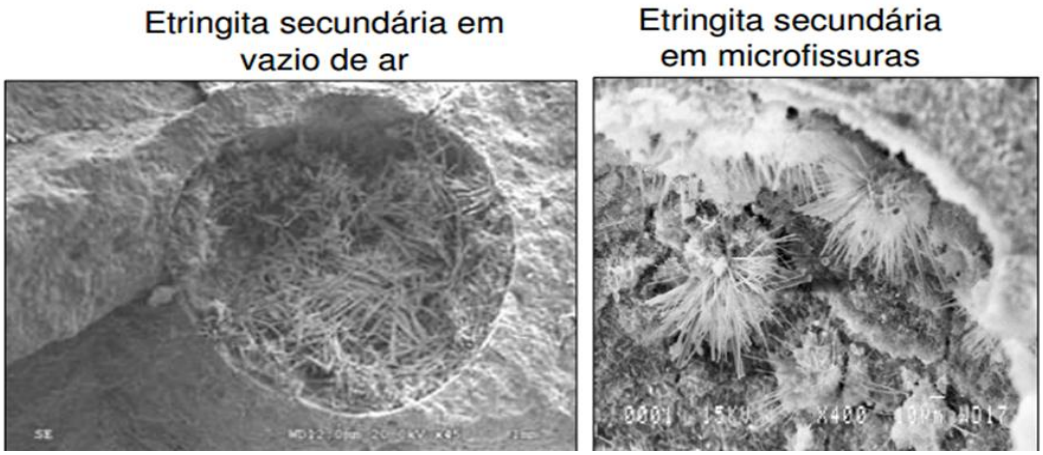
Figura 51- Microscopia do concreto



Fonte: Mehta e Monteiro (1984)

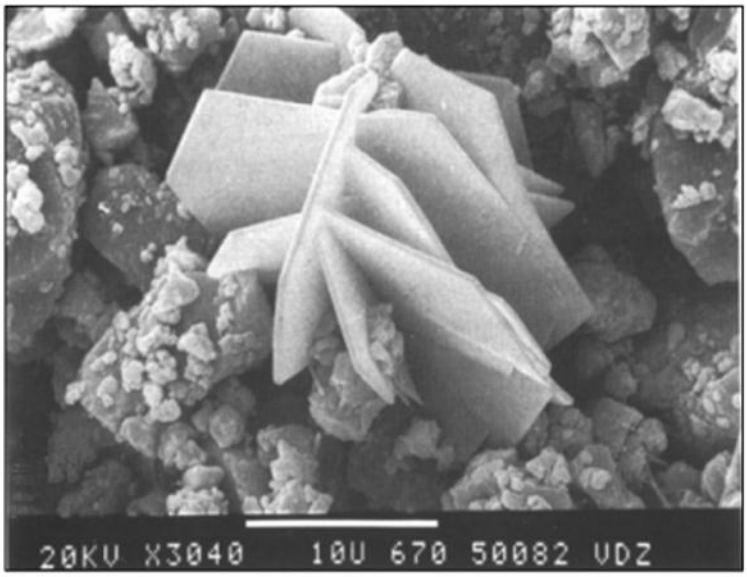
A etringita secundária forma-se na presença de umidade no concreto já endurecido, pois recristaliza-se em cristais maiores dentro dos vazios. A figura 52 apresenta a etringita secundária. A etringita é instável, transformando-se em cristais de monossulfato, conforme a figura 53.

Figura 52- Microscopia do concreto- entringita secundária



Fonte: Heumann e Moraes (2005)

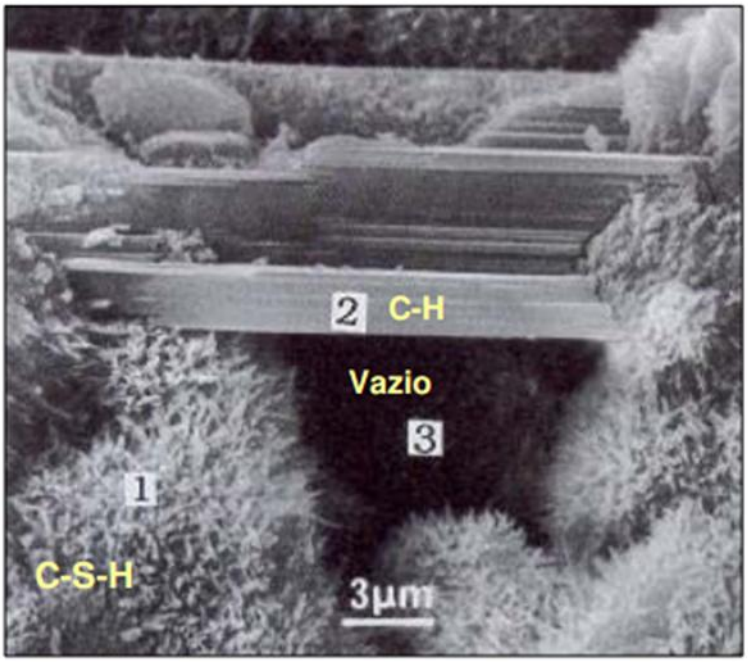
Figura 53- Microscopia do concreto- Monossultafo



Fonte: Griesser (2002)

Os silicatos de cálcio hidratado (C-S-H) são estruturas unidas através de ligações de Van Der Waals, possuem excelente resistência mecânica e química e ocupam 50 % a 60% do volume da pasta. A figura 54, apresenta a microscopia do concreto – C-S-H.

Figura 54- Microscopia do concreto- C-S-H

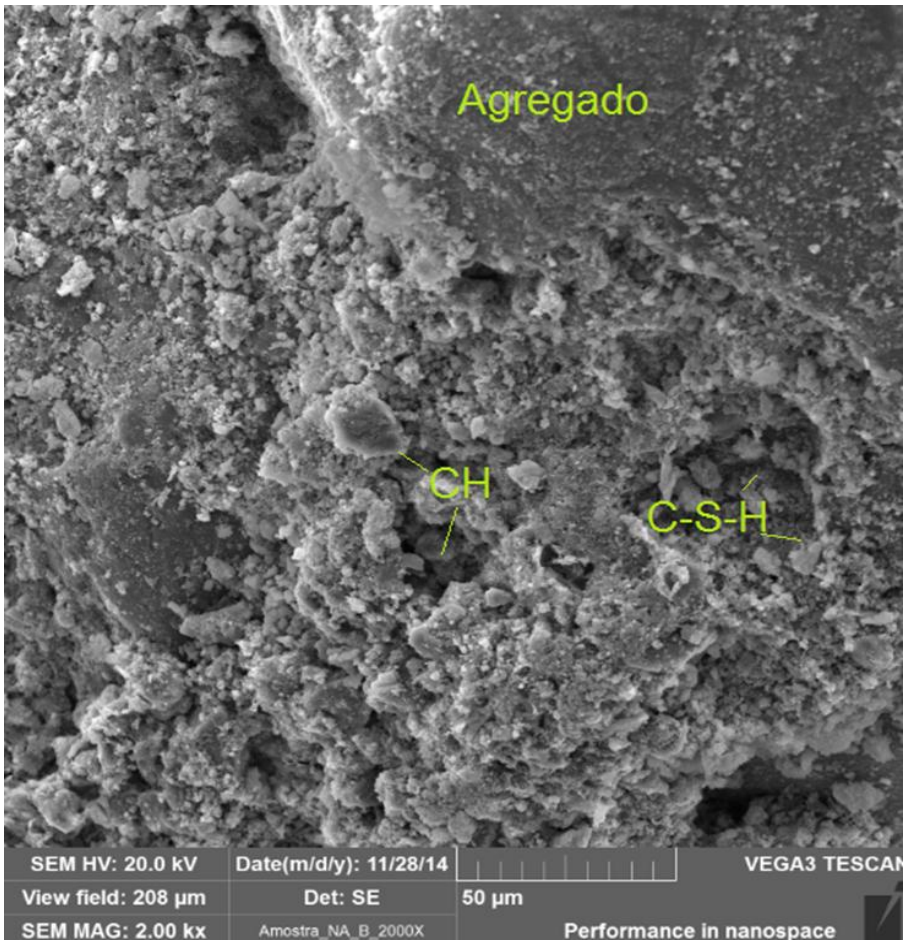


Fonte: Moranville (1992)

Em referência as analises da amostra referencia, bloco de concreto 100% cimento e mistura 10% A.F., bloco 10% de areia de fundição, obteve-se as seguintes constatações.

Os principais compostos do cimento são o C3S, C2S, C3A e C4AF. No momento que adiciona-se água ao cimento, o primeiro composto a reagir é o C3A, que age como fundente na mistura. O C3A, que é o responsável pela resistência em idades iniciais, irá reagir de maneira predominante até os 7 dias, sendo que devem-se tomar precauções em cimentos com elevados teores de C3S, visto que o calor de hidratação é muito elevado e pode gerar fissuras. Após os 28 dias a reação química predominante é a do C2S, responsável pelas resistências em idades mais elevadas. O C4AF atua na fase intersticial do clínquer. O gesso, que é um quinto elemento no cimento, atua como regulador de pega. A figura 56, apresenta a microscopia na ampliação 50 µm do NA-B aos 28 dias.

Figura 55- Microscopia do concreto – Amostra referência, 50 µm aos 28 dias

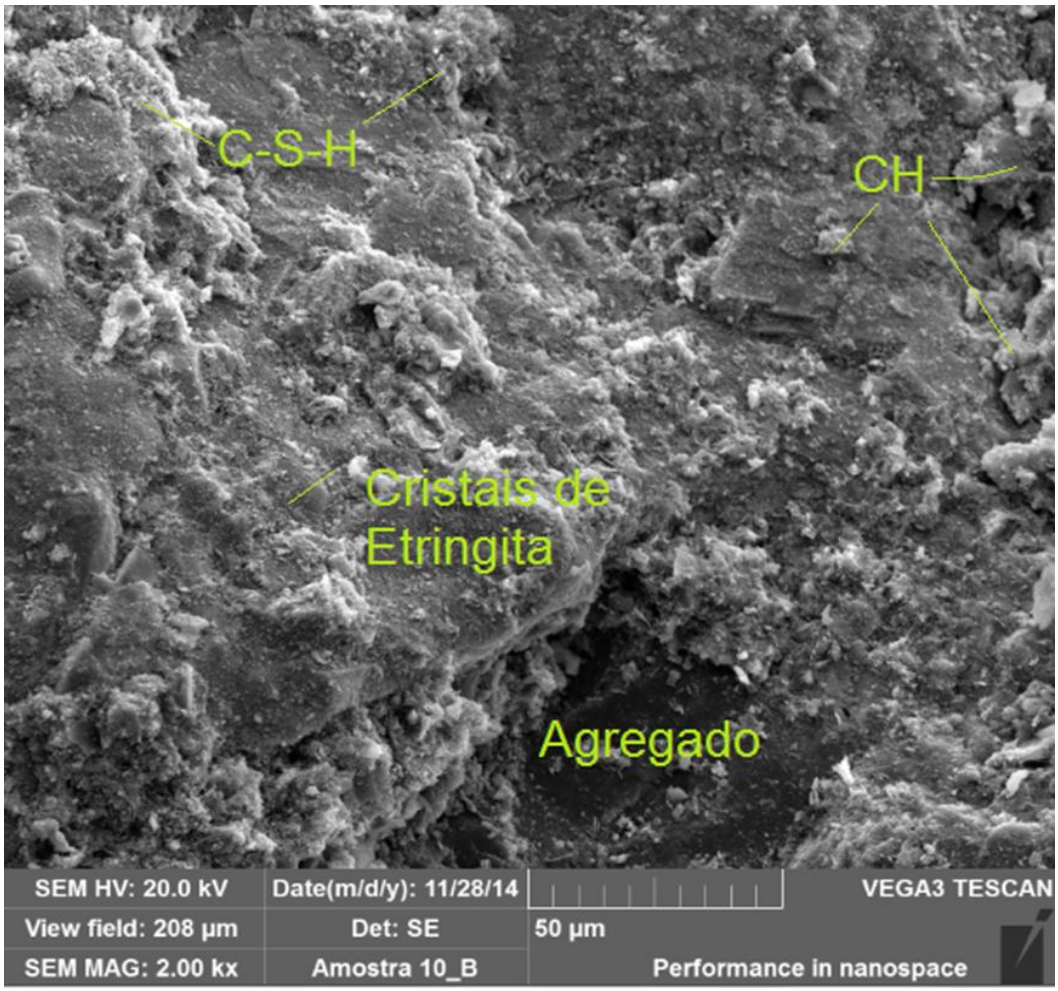


Fonte: Autoria própria (2014)

Através da Figura 55, observa-se, em função da escala de ampliação, o agregado e o C-S-H, e o CH. Como os ensaios ocorreram aos 28 dias, não houve a de maneira significativa a parcela de contribuição do C2S na formação do C-S-H. Em função do grau de ampliação utilizado, não pode-se verificar detalhadamente os cristais individuais, apenas os grupos apresentados na Figura 55.

A Figura 56 apresenta a microscopia na ampliação 50 μm do 10-B, ou seja, com 10% de areia de fundição. Observa-se que em relação à Figura 55, houve um refinamento da pasta, com formação de um número mais elevados de cristais, principalmente grumos de C-S-H. Esse aumento dos cristais elevou os níveis de resistência a compressão pois houve reação entre a areia de fundição e o CH, promovendo a criação de C-S-H secundários.

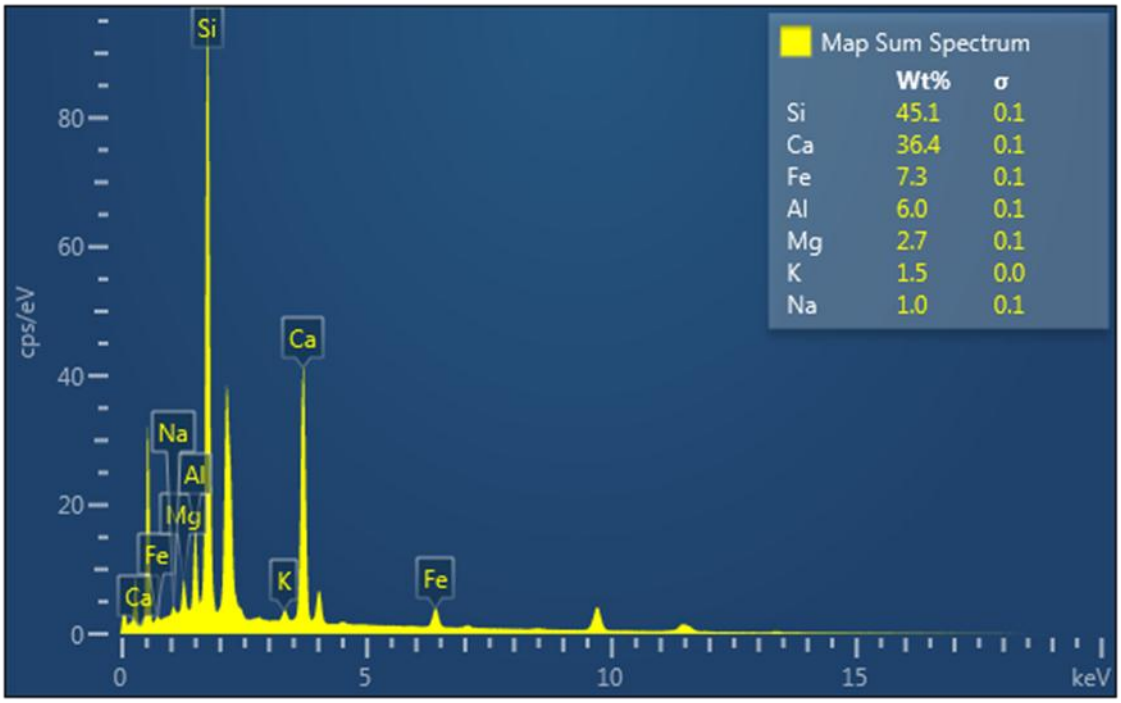
Figura 56- Microscopia do concreto – 10-B, 50 μm



Fonte: Autoria própria (2014)

A Figura 57 apresenta o Espectrometria De Energia Dispersiva De Raio-X (EDS) para a amostra referência, aos 28 dias. Através da Figura 57 observa-se que os picos máximos foram de Sílicio e Cálcio, respectivamente. Como os picos são estreitos e longos, trata-se de uma microsestrutura. Caso os picos fossem largos e estreitos, seria uma nanoestrutura.

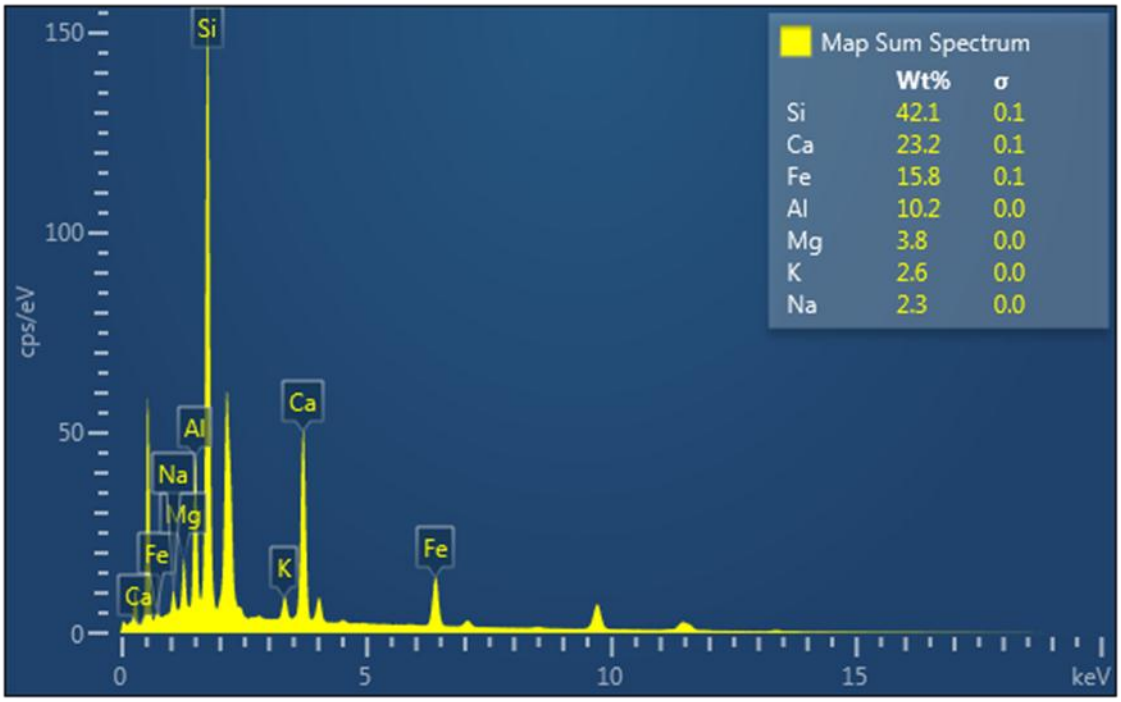
Figura 57- EDS – Amostra referência



Fonte: Autoria própria (2014)

A Figura 58 apresenta o EDS para a mistura 10% A.F., aos 28 dias. Analisando-se as Figuras 57 e 58, observa-se que a presença de cálcio e sílicio aumentaram significativamente da amostra referência, para a mistura 10% A.F.. Como as reações dfe, as hidratações, foram mais intensas para a mistura 10% A.F., que apresentou as maiores resistências, os picos de silício e cálcio foram maiores, pois estes representam respectivamente os C-S-H e CH.

Figura 58- EDS- Mistura 10% A.F.



Fonte: Autoria própria (2014)

4.6 Lixiviação

O ensaio realizou com as misturas de 10% A.F. e 20% A.F., procedimentos especificados na NBR 10005 (2004), cada resultado de elementos presentes na mistura e analisados, comparados com os parâmetros estabelecidos na NBR 10004 (2004).

Nas misturas de blocos de concreto analisadas, nenhum dos elementos presentes ultrapassaram o limite máximo indicado pela norma técnica, classificando-se desta forma como Resíduo Não Perigoso- Classe II.

Os elementos presentes nestas misturas, assim como suas quantidades, especificam-se no laudo técnico, em Anexo D, sendo que a amostra 2, Areia verde 20% BC, refere-se à mistura 20% A.F. e a amostra 8, Areia verde 10%, em laudo, referencia-se a mistura 10% A.F..

5 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou avaliar tecnicamente e ambientalmente a possibilidade da reutilização de areia de fundição na substituição total de granilha na fabricação de blocos de concreto. Analisando os teores de 10% A.F., 20% A.F. e 30% A.F. em comparação a amostra referencia, e a parâmetros determinados em normas. Esta analise, efetivou-se através de ensaios normativos, capazes de indicar a mistura ideal, sendo apresentadas as seguintes conclusões.

Em relação ao ensaio de absorção de água, foi percebida a diminuição da porcentagem absorvida em todas as misturas, em analise dos 7 para os 28 dias. Os resultados obtidos pelas misturas de 10% A.F. (6,10%) e 20% A.F. (7,33%), considera-se bons, estabelecendo-se abaixo do limite fixado em norma. A absorção é um indicativo na definição do potencial de aderência entre o bloco, à argamassa e o revestimento, sendo que, quanto menor a porcentagem de absorção melhor será a aderência, portanto, representada pela mistura 10% A.F.

Em oposição ao caso da absorção, na resistência à compressão, com o passar do tempo, tende a ocorrer um ganho na resistência, perceptível nos ensaios, significando a cura deste elemento. Através da analise dos resultados obtidos, a mistura 10% A.F., se sobressaiu entre as demais, atingindo uma resistência de 8,24 MPa, acima do limite superior fixado em norma. Um ponto positivo apresentado por esta mistura, foi projetada para 6MPa e sobressaiu-se, isso significa um ganho de resistência com quantidade reduzida de materiais.

A avaliação quanto ao desempenho por meio de ensaios mecânicos, foi finalizada com resistência à compressão de prismas. As misturas, 10% A.F. e 20% A.F., resultaram em uma resistência superior à argamassa, significando que mesmo esta rompida, o prisma teve resistência suficiente para suportar a aplicação de novas tensões à compressão. É explicito, que em comparação, a mistura 10% A.F., teve um melhor desempenho, pois o fck do bloco desta mistura é inferior ao da amostra referência, no entanto o fck apresentado pelo prisma da mistura é superior, promulgando que o conjunto bloco mais argamassa com 10% A.F. é superior à amostra referência.

Quanto as conclusões obtidas no ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X, a mistura 10% A.F. em relação a amostra

referência, obteve um refinamento da pasta, com uma abrangente formação de cristais, elevando os níveis de resistência a compressão, devido a reação entre a areia de fundição e o CH, considerando ainda, que a mistura com o resíduo, obteve hidratações mais intensas. Perante estas considerações, se comprova que o resíduo incorporado na mistura do bloco de concreto, não se tornou prejudicial à microestrutura do concreto, nem em suas reações, muito menos nas propriedades mecânicas, ao contrario, ajudou na hidratação, e por fim tendo influencias positivas na elevação da resistência.

O desfecho dos ensaios culmina com a de lixiviação da mistura, quanto à sua comparação com a lixiviação da areia de fundição, evidenciando que os elementos presentes no resíduo ficam inertes na mistura, pois, o extrato lixiviado apenas do resíduo, apresenta o elemento alumínio acima dos níveis permitidos em norma, contrariamente à lixiviação da mistura, estando todas dentro dos parâmetros. Tanto a mistura 10% A.F. quanto a 20% A.F, não apresentam riscos ao ambiente, se aferindo quimicamente a possibilidade de incorporação do resíduo areia de fundição em blocos de concreto.

Diante a todas as conclusões de cada ensaio, a mistura 10% A.F. é a mistura ideal, pois, sua resistência se elevou em função dos elementos constituintes em sua composição reagindo com os compostos do cimento, considerando que a composição de sua mistura não é prejudicial ao meio ambiente, se tornando assim um resíduo Classe II. Também, levando-se se considera, ao mercado de trabalho, ocorrerá aceitação desta mistura, em virtude do resíduo em 10% não obter uma influência expressiva sobre a coloração das peças, além disto, quanto à produção, esta porcentagem, facilita o manuseio dos equipamento de pesagem na produção.

Como sugestões para continuidade dos estudos, sugiro a realização do ensaio de compressão diagonal, é empregado para determinar a resistência ao cisalhamento de paredes. Ele oferece também informações sobre a resistência à tração e a capacidade resistente de paredes de edifícios frente a ações de esforços laterais de sismo ou vento, assim como, a analise econômica entre blocos de amostra referencia em comparação com blocos incorporados com resíduos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANTARIA E AMBIENTAL. **Os cinco tipos de resíduos**. Disponível em: < http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-das-noticias/pt-br/ler/4110/os-cinco-tipos-de-residuos>.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7217:** Agregados- Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987. 3p.

_____. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011. 13p.

_____. **NBR 6136:** Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria- Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 10 p.

_____. **NBR 8215:** Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural- Preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1983. 2p.

_____. **NBR 10005:** Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 16p.

_____. **NBR 10006:** Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 3p.

_____. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.

ASTM C944: Método de Teste Padrão para resistência à abrasão de betão ou argamassa Superfícies pelo Método Rotating-Cortador. 2012.

ASTM C779: Método de Teste Padrão para resistência à abrasão das superfícies de betão horizontais. 2012.

ASTM C1138: Método de Teste Padrão para resistência à abrasão do concreto. 1997.

AGUILAR, Maria Teresa Paulino; ZUZA, Cristina de O.G.; PÁDUA, Paula G. L.; BEZERRA, Augusto C.S. **O Reuso de Materiais de Construção: a Experiência de Uberlândia.** 2008. 12 p. Experimental (Artigo cientifico)- Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

ALCATARA, Cicero Alves de. **Reutilização de Resíduos Sólidos da Construção Civil.** 2005. 83 p. Experimental (Graduação em Engenharia Civil com ênfase em Engenharia Ambiental)- Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

BIOLO, Simone Maríndia. **Reuso do resíduo de fundição areia verde na produção de blocos cerâmicos.** 2005. 162 p. Experimental (Mestrado Acadêmico em Engenharia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005, Porto Alegre.

CARNIN, Raquel Luísa Pereira; SILVA, Cláudio Oliveira; POZZI, Ricardo José; JUNIOR, Dirceu Cardoso; FOLGUERAS, Marilena Valadares; MALKOWSKI, Wendel. **Desenvolvimento de peças de concreto (Paver) contendo areia descartada de fundição para pavimento intertravado.** 2010. 12 p. Experimental (Artigo Técnico).

Concrete Plant International. **Disponível em** < http://www.cpi-worldwide.com/>. **Acesso em**: 19 de maio de 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS METALURGICOS. **Brasil é o 7º maior produtor de fundidos do mundo.** Disponível em: http://www.cnmcut.org.br/conteudo/brasil-e-o-7o-maior-produtor-de-fundidos-do-mundo.

CORÓ, Angela Ghisleni. **Investigação das propriedade mecânicas de concreto reforçados com fibras PET.** 2002. 64 p. Experimental (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2002.

FARIA, Caroline. **Classificação e tipos de resíduos sólidos.** Disponível em < http://www.infoescola.com/ecologia/residuos-solidos>.

Fepam revista: Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler, Porto Alegre, 2008/ v.2. Disponível em:< http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/downloads/Revista_2008_BAIXA.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 20014.

FERNANDES, Idário Domingues. **Blocos e pavers**- produção e controle de qualidade. 1. ed. Ribeiro Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2008. 120 p.

FORTES, Ernesto Silva. **Influencia do Capeamento e caracterização das resistências a compressão de alvenaria estrutural de blocos de concreto.** 2012. 3003 p. Experimental (Pós-graduação em estruturas e construção civil)- Universidade Federal de São Carlos, 2012, São Carlos.

FRANCO, Janaina de Melo. **Produção de blocos de concreto para pavimentação (bcp) utilizando resíduos de galvanoplastia.** 2011. 152p. Experimental (Pós-graduação em Engenharia Urbana)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

ISO 14000. Sete Lagoas, 2010. 4p. **Disponível em:**
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA01oAJ/iso-14000>

JAQUES, Jeovani Rodrigues. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland.** 2013. 63 p. Experimental (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Regional do Noroeste do Estad do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

LIMA, Geannina dos Santos; AMARAL, Mariana Bamberg; GHISLENI, Geisiele; Pufal, Lucas; POZZOBON, Cristina Eliza; DONATO, Luiz. Estudo da utilização de areia de fundição em blocos de pavimentos intertravados. In: SALÃO DO CONHECIMENTO, 21, 2013, Ijuí. **Anais.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

MANSOR, Maria Teresa Castilho; CAMARÃO, Teresa Cristina Ramos Costa; CAPELINI, Márcia; KOVACS, André; FILET, Martinus; SANTOS, Gabriela de Araújo; SILVA, Amanda Brito. Cadernos de Educação Ambiental. **Resíduos sólidos,** São Paulo, 2010.

MELLO, Osmar João de. **Estudo da viabilidade da reutilização de resíduos de areia verde de fundição em argamassa colante- enfoque ambiental.** 2004. 160 p. Experimental (Mestrado no curso de Engenharia Ambiental)- Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau, 2004, Blumenau.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A política dos 5 R's**. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p/eixos-tematicos/gest%C3%A3o-adequada-dos-res%C3%ADduos/item/9410>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>.

NBR NM 248: Agregados- Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

PAGNUSSAT, Daniel Tregnago. **Utilização de Escória Granular de Fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação.** 2004. 148 p. Experimental (Pós-graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004, Porto Alegre.

Se liga no lixo. **Disponível em** http://seliganolixo.wordpress.com/o-que-fazer-com-o-lixo/os-quatro-rs/. **Acesso em:** 18 de abril de 2014.

SOUZA, Carla Adriana de. **Utilização de Resíduo de Concreto como Agregado Miúdo para Argamassa de Concretos Estruturais Convencionais.** 2006. 101 p. Experimental (Programa de Pós-Graduação em Construção Civil)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

Sustentabilidade. **Disponível em** <http://www.tepeng.com.br/site/sustentabilidade>. **Acesso em:** 25 de abril de 2014.

VIAPIANA, Rafael. **Analise da resistência de prisma de blocos cerâmicos e de blocos de concreto com função estrutural.** 2009. 71 p. Experimental (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009, Ijuí.

ANEXO A

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas	**RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº.** 8843/2013-1.0 **Ficha de Coleta Código nº.** 168901 **Processo Comercial nº.** 1294/2013.2

Dados do Interessado:

Interessado:	FUNDIMISA FUNDIÇÃO E USINAGEM LTDA
Endereço:	Rua Girua, 50 - Distrito Industrial - Santo Ângelo/RS

Dados da Amostra:

Local de coleta: Ponto 2	
Material coletado: Resíduo - Areia	
Data de coleta: 15/5/2013	**Data de recebimento:** 07/06/13 13:24:26
Responsável pela coleta: Interessado	
Observações: Classificar amostra segundo NBR 10.004/2004	
Período de análise: 07/06/13 13:24:26 à 25/06/13 10:14:38	
Data da publicação: 28/06/13 16:55:39	**Data de emissão do relatório:** 28/06/13 17:08:42

1. **Origem do Resíduo**
   O resíduo é proveniente dos exaustores do setor de moldagem e do setor de acabamento.

2. **Descrição do processo de segregação e seus constituintes principais**
   O pó é segregado em caçambas fechadas e a areia de desmoldagem em caixas e/ou bag e caçambas. As matérias-primas utilizadas para fazer os moldes (resíduo gerado) são: areia, bentonita e carvão mineral. Podem conter metais oriundos do vazamento do ferro fundido nos moldes das peças.

3. **Inflamabilidade**
   Não produz fogo em condições normais de temperatura e pressão nem sob fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas.

4. **Corrosividade**
   pH 1:1 = 5,5
   Não corrosivo, pois o pH situa-se acima de 2,0 e abaixo de 12,5.

5. **Patogenicidade**
   Não avaliado.

Resultados da amostra

Tipo de Amostra: Resíduo Sólido - NBR 10.004 - Massa Bruta

—					
Parâmetros	**Unidade**	**Resultados**	**LD**	**VR NBR 10.004:2004**	**M**
Fenol	mg Fenol/Kg	< 0,025	0,025	—	83

NBR 10.004/2004 - Massa bruta					
Parâmetros	**Unidade**	**Resultados**	**LD**	**VR NBR 10.004:2004**	**M**
Cianeto	mg CN/Kg	< 0,004	0,004	250	21
pH Solução 1:1	-	5,50	-	—	227
Sulfeto	mg S-2/Kg	0,87	0,10	500	70
Umidade	%	0,26	0,0001	—	25

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratorio greenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8843/2013-1.0
Ficha de Coleta Código nº. 168901
Processo Comercial nº. 1294/2013.2

Massa Bruta: De acordo com a NBR 10.004:2004 - Classificação de resíduos sólidos - item Massa bruta: O(s) parâmetro(s) satisfazem os limites permitidos.

Tipo de Amostra: Resíduo Sólido - NBR 10.006 - Lixiviado

NBR 10.005/2004 - Lixiviado					
Parâmetros	**Unidade**	**Resultados**	**LD**	**VR NBR 10.005:2004**	**M**
Arsênio	mg As/L	0,021	0,0060	1,0	242
Bário	mg Ba/L	0,543	0,0010	70,0	242
Cádmio	mg Cd/L	< 0,001	0,0010	0,5	242
Chumbo	mg Pb/L	0,0979	0,0060	1,0	242
Cromo	mg Cr/L	0,265	0,0020	5,0	242
Fluoreto	mg F/L	0,51	0,05	150	58
Mercúrio	mg Hg/L	< 0,0002	0,0002	0,1	242
pH à 25ºC	-	4,79	-	—	98
Prata	mg Ag/L	< 0,005	0,0050	5,0	242
Selênio	mg Se/L	< 0,0005	0,0005	1,0	242

Lixiviado: De acordo com a NBR 10.005:2004 - Classificação de resíduos sólidos - item Lixiviado - anexo F.: O(s) parâmetro(s) satisfazem os limites permitidos, portanto o resíduo apresentou-se como NÃO TÓXICO.

Tipo de Amostra: Resíduo Sólido - NBR 10.006 - Solubilizado

NBR 10.006/2004 - Solubilizado					
Parâmetros	**Unidade**	**Resultados**	**LD**	**VR NBR 10.006:2004**	**M**
Alumínio	mg Al/L	0,253	0,0060	0,2	242
Arsênio	mg As/L	< 0,006	0,0060	0,01	242
Bário	mg Ba/L	0,016	0,0010	0,7	242
Cádmio	mg Cd/L	< 0,001	0,0010	0,005	242
Chumbo	mg Pb/L	< 0,006	0,0060	0,01	242
Cianeto	mg CN/L	< 0,004	0,004	0,07	21
Cloreto	mg Cl/L	11,3	5,00	250	108
Cobre	mg Cu/L	0,012	0,0050	2,0	242
Cromo	mg Cr/L	< 0,002	0,0020	0,05	242
Fenóis Totais	mgFenol/L	< 0,003	0,003	0,01	83
Ferro	mg Fe/L	0,273	0,0050	0,3	242
Fluoreto	mg F/L	< 0,05	0,05	1,5	58
Manganês	mg Mn/L	0,042	0,0005	0,1	242
Mercúrio	mg Hg/L	< 0,0002	0,0002	0,001	242
Nitrato	mg N-NO3/L	< 0,20	0,20	10,0	48
pH à 25ºC	-	5,94	-	—	98
Prata	mg Ag/L	< 0,005	0,0050	0,05	242
Selênio	mg Se/L	< 0,0005	0,0005	0,01	242
Sódio	mg Na/L	26,8	0,118	200	242

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

GREEN LAB 18 anos
Análises Químicas e Toxicológicas

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8843/2013-1.0
Ficha de Coleta Código nº. 168901
Processo Comercial nº. 1294/2013.2

Tipo de Amostra: Resíduo Sólido - NBR 10.006 - Solubilizado

NBR 10.006/2004 - Solubilizado					
Parâmetros	**Unidade**	**Resultados**	**LD**	**VR NBR 10.006:2004**	**M**
Sulfato Total	mg SO4/L	69,3	4,00	250	60
Surfactantes	mg MBAS/L	< 0,1	0,10	0,5	59
Zinco	mg Zn/L	0,027	0,0050	5,0	242

Solubilizado: De acordo com a NBR 10.006:2004 - Classificação de resíduos sólidos - item Solubilizado - anexo G.: O(s) parâmetro(s) Alumínio ultrapassam os limites máximos permitidos.

Classificação: Em função dos resultados obtidos, o resíduo apresentou-se como NÃO PERIGOSO - CLASSE II A - NÃO INERTE.

Legendas:

L.D. – Limite de Detecção.
N.A. – Não se aplica.
N.D. – Não Detectado.
VR – Valor de Referência.
(***) : Análise prejudicada em função da característica da amostra.
(M): Métodos de Referência

Métodos de Referência (M)

21	SM 4500 CN E
25	Gravimétrico
48	Salicilato
58	SM 4500 F-D
59	SM 5540 C
60	SM 4500 SO4 E
70	Azul de Metileno
83	SM 5530 D
98	NBR 14339:1999
108	SM 4500 Cl-C
227	ABNT NBR 10004:2004
242	PP.TEC.POP 55 conforme EPA Método 200.7/2001

Bibliografia:

APHA : American Public Health Association.
EPA : Environmental Protection Agency.
Farmacopéia Brasileira 5ª edição-2010 / Método Cinético Turbidimétrico.
NBR: Norma Brasileira.
SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 22nd edition:2012

Observações:

- Para amostras sólidas: os resultados são expressos em base seca.
- Cadastro na FEPAM Nº 00070/2011-DL válido até 22/11/2013
- Os dados brutos referentes à amostra são armazenados em arquivo físico pelo prazo de 5 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os Relatórios de Análise referentes à amostra serão armazenados eletronicamente pelo prazo de 10 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os resultados contidos neste Relatório de Análise aplicam-se somente a amostra ensaiada.
- Padrão de Emissão: Padrão de emissão conforme Portaria/Resolução/Norma.

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-0129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

GREEN LAB®
Análises Químicas e Toxicológicas

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8843/2013-1.0
Ficha de Coleta Código nº. 168901
Processo Comercial nº. 1294/2013.2

- Período de análise: Conforme Procedimento interno PP.COL.POP1 - Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras.
- Proibida a reprodução parcial deste documento.
- Coleta: Coletas realizadas pelo Green Lab seguem os seguintes procedimentos internos disponíveis em nosso site:
- PP.COL.POP1 – Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras
- PP.COL.POP2 – Rev. 10 - Coletas
- PP.COL.IT2 – Rev. 8 - Coleta de Efluentes e Águas Gerais
- PP.COL.IT5 – Rev. 10 - Coleta de Água de Diálise
- PP.COL.IT6 – Rev. 9 - Coleta de Águas Superficiais
- PP.COL.IT7 – Rev. 8 - Coleta de Águas Subterrâneas (Poços de Monitoramento e Piezômetros)
- PP.COL.IT8 – Rev. 8 - Coleta de Resíduo Sólido
- PP.COL.IT9 – Rev. 8 - Coleta de Águas Nobres
- PP.COL.IT10 – Rev. 8 - Coleta de Solos

"As coletas realizadas pelo interessado seguem conforme os procedimentos disponibilizados pelo Green Lab ou procedimentos internos do cliente, neste caso, a veracidade das informações é de responsabilidade do mesmo."

Responsável Técnico

Ana Rodorauch Tabiemk
Gerente Técnico - CRQ-V 06201671

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

ANEXO B

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8838/2013-1.0

Ficha de Coleta Código nº. 168906

Processo Comercial nº. 1294/2013.2

Dados do Interessado:	
Interessado:	FUNDIMISA FUNDIÇÃO E USINAGEM LTDA
Endereço:	Rua Giruá, 60 - Distrito Industrial - Santo Ângelo/RS

Dados da Amostra:			
Tipo de amostra:	Extrato Lixiviado		
Local de coleta:	Ponto 2		
Coordenadas:	Não Informado		
Data de coleta:	15/05/13	Data de recebimento:	07/06/13
Condições climáticas:	Não Informado		
Responsável pela coleta:	Interessado		
Observações:	Coleta composta de 10/05/13 à 15/05/13		
Período de análise:	07/06/13 à 28/06/13	Data da publicação:	28/06/13

ANÁLISES REALIZADAS

Parâmetros	Unidade	Resultado	LD	VMP ABNT NBR 15.702/2009	(M)
Arsênio	mg As/L	0,021	0,0060	0,50	242
Bário	mg Ba/L	0,543	0,0010	10,0	242
Cádmio	mg Cd/L	< 0,001	0,0010	0,10	242
Chumbo	mg Pb/L	0,0979	0,0060	0,50	242
Cromo Total	mg Cr/L	0,265	0,0020	0,50	242
Mercúrio	mg Hg/L	< 0,0002	0,0002	0,02	242
Selênio	mg Se/L	< 0,0005	0,0005	0,10	242
Sólidos Suspensos Totais Voláteis	mg Sól. Suspensos Totais Voláteis/L	24,0	2,00	---	206

Conclusões Técnicas:

De acordo com a ABNT NBR15.702/2009 - Resíduo de fundição - extrato lixiviado: O(s) parametro(s) satisfazem os limites permitidos.

Legenda:

epm - ‰
L.D. – Limite de Detecção
N.A. – Não se aplica
N.D. – Não Detectado
V.M.P. – Valor Máximo Permitido conforme Portaria/Resolução/Norma
Padrão de Emissão: Padrão de emissão conforme Portaria/Resolução/Norma.
(*) : Análise prejudicada em função da característica da amostra
(M): Métodos de Referência

Métodos de Referência (M)

206	SM 2540 E
242	PP.TEC.POP 55 conforme EPA Método 200.7/2001

Bibliografia:

APHA : American Public Health Association
EPA : Environmental Protection Agency
Farmacopéia Brasileira 5ª edição-2010 / Método Cinético Turbidimétrico.
NBR: Norma Brasileira
SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 22nd edition:2012

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas	RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8838/2013-1.0 Ficha de Coleta Código nº. 168906 Processo Comercial nº. 1294/2013.2

Análises reconhecidas pela Rede Metrológica RS, segundo Certificado nº. 8401:

Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio, Selênio

Observações:

- Para amostras sólidas: os resultados são expressos em base seca.
- Cadastro na FEPAM Nº 00070/2011-DL válido até 22/11/2013
- Os dados brutos referentes à amostra são armazenados em arquivo físico pelo prazo de 5 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os Relatórios de Análise referentes à amostra serão armazenados eletronicamente pelo prazo de 10 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os resultados contidos neste Relatório de Análise aplicam-se somente a amostra ensaiada.
- Período de análise: Conforme Procedimento Interno PP.COL.POP1 - Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras.
- Proibida a reprodução parcial deste documento.
- Coleta: Coletas realizadas pelo Green Lab seguem os seguintes procedimentos internos disponíveis em nosso site:
- PP.COL.POP1 – Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras
- PP.COL.POP2 – Rev. 10 - Coletas
- PP.COL.IT2 – Rev. 8 - Coleta de Efluentes e Águas Gerais
- PP.COL.IT5 – Rev. 10 - Coleta de Água de Diálise
- PP.COL.IT6 – Rev. 9 - Coleta de Águas Superficiais
- PP.COL.IT7 – Rev. 8 - Coleta de Águas Subterrâneas (Poços de Monitoramento e Piezômetros)
- PP.COL.IT8 – Rev. 8 - Coleta de Resíduo Sólido
- PP.COL.IT9 – Rev. 8 - Coleta de Águas Nobres
- PP.COL.IT10 – Rev. 8 - Coleta de Solos

"As coletas realizadas pelo interessado seguem conforme os procedimentos disponibilizados pelo Green Lab ou procedimentos internos do cliente, neste caso, a veracidade das informações é de responsabilidade do mesmo."

Graciela Farmão Pollini
Responsável Técnica - CRQ/V 03/06/421

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

ANEXO C

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8838/2013-2.0

Ficha de Coleta Código nº. 168907

Processo Comercial nº. 1294/2013.2

Dados do Interessado:	
Interessado:	FUNDIMISA FUNDIÇÃO E USINAGEM LTDA
Endereço:	Rua Giruá, 60 - Distrito Industrial - Santo Ângelo/RS

Dados da Amostra:			
Tipo de amostra:	Extrato Aquoso		
Local de coleta:	Ponto 2		
Coordenadas:	Não Informado		
Data de coleta:	15/05/13	Data de recebimento:	07/06/13
Condições climáticas:	Não Informado		
Responsável pela coleta:	Interessado		
Observações:	Coleta composta de 10/05/13 à 15/05/13		
Período de análise:	07/06/13 à 28/06/13	Data da publicação:	28/06/13

ANÁLISES REALIZADAS

Parâmetros	Unidade	Resultado	LD	VMP ABNT NBR 15.702/2009	(M)
Cianeto	mg CN/L	< 0,004	0,004	2,0	21
Cloreto	mg Cl/L	25,1	5,00	2500	108
Cobre	mg Cu/L	< 0,005	0,0050	2,5	242
Fenol	mg/L	< 0,003	0,003	3,0	83
Ferro	mg Fe/L	4,477	0,0050	15,0	242
Fluoreto	mg F/L	< 0,05	0,05	14,0	58
Manganês	mg Mn/L	0,027	0,0005	0,5	242
Níquel	mg Ni/L	0,013	0,0010	2,0	242
Sódio	mg Na/L	10,4	0,118	2500	242
Sólidos Dissolvidos Totais	mg Sól.Dissolvidos Totais/L	122	2,00	5000	26
Sulfato	mg SO4/L	< 4,0	4,00	2500	60
Sulfeto	mg S-2/L	< 0,002	0,002	5,0	213
Zinco	mg Zn/L	0,013	0,0050	25,0	242

Conclusões Técnicas:

De acordo com a ABNT NBR 15.702/2009 - Resíduo de fundição - extrato aquoso: O(s) parametro(s) satisfazem os limites permitidos.

Legenda:

epm - ‰
L.D. – Limite de Detecção
N.A. – Não se aplica
N.D. – Não Detectado
V.M.P. – Valor Máximo Permitido conforme Portaria/Resolução/Norma
Padrão de Emissão: Padrão de emissão conforme Portaria/Resolução/Norma.
(*) : Análise prejudicada em função da característica da amostra
(M): Métodos de Referência

Métodos de Referência (M)

21	SM 4500 CN E
26	SM 2540 C
58	SM 4500 F-D
60	SM 4500 SO4 E
83	SM 5530 D
108	SM 4500 Cl-C
213	SM 4500 S2 D
242	PP.TEC.POP 55 conforme EPA Método 200.7/2001

Rua Felipe de Oliveira, 293 - Bairro Santa Cecília - CEP 90630-000 - Porto Alegre – RS - Fone/Fax: (51) 3333-9129 / 3388-5301/ 3388-7717
www.laboratoriogreenlab.com.br / e-mail: greenlab@analises.com.br

GREEN LAB® Análises Químicas e Toxicológicas	**RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 8838/2013-2.0** **Ficha de Coleta Código nº. 168907** **Processo Comercial nº. 1294/2013.2**

Bibliografia:

APHA : American Public Health Association
EPA : Environmental Protection Agency
Farmacopéia Brasileira 5ª edição-2010 / Método Cinético Turbidimétrico.
NBR: Norma Brasileira
SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 22nd edition:2012

Análises reconhecidas pela Rede Metrológica RS, segundo Certificado nº. 8401:

Cobre, Ferro, Manganês, Níquel, Sódio, Zinco

Observações:

- Para amostras sólidas: os resultados são expressos em base seca.
- Cadastro na FEPAM Nº 00070/2011-DL válido até 22/11/2013
- Os dados brutos referentes à amostra são armazenados em arquivo físico pelo prazo de 5 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os Relatórios de Análise referentes à amostra serão armazenados eletronicamente pelo prazo de 10 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os resultados contidos neste Relatório de Análise aplicam-se somente a amostra ensaiada.
- Período de análise: Conforme Procedimento Interno PP.COL.POP1 - Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras.
- Proibida a reprodução parcial deste documento.
- Coleta: Coletas realizadas pelo Green Lab seguem os seguintes procedimentos internos disponíveis em nosso site:
- PP.COL.POP1 – Rev. 16 - Guia de Coleta e Preservação de Amostras
- PP.COL.POP2 – Rev. 10 - Coletas
- PP.COL.IT2 – Rev. 8 - Coleta de Efluentes e Águas Gerais
- PP.COL.IT5 – Rev. 10 - Coleta de Água de Diálise
- PP.COL.IT6 – Rev. 9 - Coleta de Águas Superficiais
- PP.COL.IT7 – Rev. 8 - Coleta de Águas Subterrâneas (Poços de Monitoramento e Piezômetros)
- PP.COL.IT8 – Rev. 8 - Coleta de Resíduo Sólido
- PP.COL.IT9 – Rev. 8 - Coleta de Águas Nobres
- PP.COL.IT10 – Rev. 8 - Coleta de Solos

"As coletas realizadas pelo interessado seguem conforme os procedimentos disponibilizados pelo Green Lab ou procedimentos internos do cliente, neste caso, a veracidade das informações é de responsabilidade do mesmo."

Graciela Farmer Pellini
Responsável Técnica - CRQ IV 03206428

ANEXO D

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Materiais

Laboratório de Materiais Cerâmicos

LAUDO TÉCNICO

MATERIAL: Formulações com resíduo de areia de fundição (ADF)

Amostras:

1. **Macharia 50%**
2. **Areia verde 20% BC**
3. **Areia verde**
4. **Areia verde 50% QC**
5. **Areia de macharia**
6. **Areia pó de exaustor**
7. **Areia de IMF**
8. **Areia verde 10%**

ENSAIO REALIZADO: Lixiviação: ABNT NBR 10005/ 2004

Parâmetros: ABNT NBR 10004/2004 (Anexo F)

Fone: (051) 33083837 fax: (051) 3308 3405
CEP 90035-190
Av. Osvaldo Aranha, 99 - sala 709
Centro - Porto Alegre - RS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Materiais

Laboratório de Materiais Cerâmicos

Resultados:

	Elementos analisados							
	Cd	Cr total	Pb	As	Se	Ag	Ba	Hg
	Limite Máximo NBR 10.004 (mg/L)							
	0,5	5,0	1,0	1,0	1,0	5,0	70,0	0,1
Amostras	Valores medidos (mg/L)							
Macharia 50%	< 0,002	0,06	< 0,01	< 0,02	0,04	0,02	0,51	0,000489
Areia verde 20% BC	< 0,002	0,02	< 0,01	< 0,02	0,03	0,03	0,24	ND
Areia verde	< 0,002	< 0,004	< 0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	0,04	0,000243
Areia verde 50% QC	< 0,002	0,05	< 0,01	< 0,02	0,04	0,02	0,44	ND
Areia de Macharia	< 0,002	< 0,004	< 0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	0,06	ND
Areia Pó de Exaustor	< 0,002	< 0,004	< 0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	0,09	0,000319
Areia de IMF	< 0,002	< 0,004	< 0,01	< 0,02	< 0,03	< 0,01	0,01	ND
Areia verde 10%	< 0,002	0,07	< 0,01	< 0,02	0,04	0,03	0,25	ND

ND = Não detectado

Comentários: Nenhum dos elementos analisados ultrapassou o limite máximo indicados pela norma técnica ABNT NBR 10004. Classifica-se desta forma como **Resíduo Não Perigoso Classe II.**

Entretanto, para uma classificação final em relação a **Resíduo Não Inerte Classe II**, é necessário proceder ao ensaio de solubilização de acordo com a norma **ABNT NBR 10006.**

Prof. Dr. Carlos Pérez Bergmann
Chefe do Laboratório de Materiais Cerâmicos
LACER-DEMAT-EE-UFRGS

Fone: (051) 33083637 fax: (051) 3308 3405
CEP 90035-190
Av. Osvaldo Aranha, 99 - sala 709
Centro - Porto Alegre - RS