



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO

USO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E
AGREGADO RECICLADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE
ELEMENTOS DE ALVENARIA

Álvaro Chávez Porras

Campinas

2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO

Álvaro Chávez Porras

USO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E
AGREGADO RECICLADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS
DE ALVENARIA

Tese apresentada à Comissão de Pós-graduação da
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas,
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de Doutor em Engenharia Civil, na área de
concentração de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac

Co-orientadora: Profa. Dra. Dione Mari Morita

Campinas

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

C398u Chávez Porras, Álvaro
Uso de lodo de estação de tratamento de água e
agregado reciclado miúdo na fabricação de elementos de
alvenaria / Álvaro Chávez Porras.--Campinas, SP: [s.n.],
2007.

Orientadores: Ricardo de Lima Isaac; Dione Mari
Morita.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Resíduos. 2. Reciclagem - Indústria. 3. Lodo. 4.
Água - Estações de tratamento. 5. Blocos de concreto.
6. Desenvolvimento sustentável. I. Isaac, Ricardo de
Lima. II. Morita, Dione Mari. III. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Título em Inglês: Use of dry sludge of station water treatment plant and aggregate
debris recycled kid in the manufacture of bricks cement soil type
and blocks of concrete type.

Palavras-chave em Inglês: Waste from civil construction, Sludge plant for treating
the water, Waste recycling, Block of concrete,
Sustainable Development, Materials of construction.

Área de concentração: Saneamento e Ambiente.

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Denis Miguel Roston, Antonio Ludovico Beraldo, Bruno
Couracci Filho e Armando Lopes Moreno.

Data da defesa: 30/11/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

TÍTULO DO TRABALHO

**Uso de Lodo de Estação de Tratamento de Água e Agregado Reciclado Miúdo na
Fabricação de Elementos de Alvenaria**

Nome e Sobrenome do Autor
Alvaro Chávez Porras

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac
Presidente e Orientador FEC - UNICAMP**



**Prof. Dr. Denis Miguel Roston
FEAGRI - UNICAMP**



**Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI - UNICAMP**



**Prof. Dr. Renato Corraçcci Filho
FEC - UNICAMP**



**Prof. Dr. Armando Lopes Marcos Junior
FEC - UNICAMP**

Campinas, 30 de Novembro de 2007.

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho a minha filha Stephany, grande incentivadora de meu futuro, fonte maior da minha inspiração; ao meu irmão Fernando, pelo apoio, ajuda permanente, orientação e incentivo; a Liliana, Stefanni e Daniel pela paciência e carinho sem precedentes; à professor Dr. Ricardo Isaac, pela amizade e orientação profissional.”

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, que sempre esta ao meu lado, por seu hálito de vida e pela sua paciência. A minha filha, Stephany Michelle, pela compreensão nestes momentos de separação, que Deus lê de saúde e caminho de muitos anos de vida. A meus pais, Yeya e Aponcho, meus irmãos e minha família que me deram essa formação para afrontar dia a dia os obstáculos, me souberam compreender e apoiaram nos momentos da vida; especialmente a meu irmão Fernando, a minha cunhada, Liliana, e meus sobrinhos, Stefanni e Daniel.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac, por sue apoio, compreensão, por guardar sempre esperanças do meu futuro, amizade e tempo dedicado na minha formação profissional. À minha co-orientadora, Profa. Dra. Dione Morita, por sua amizade, apoio e compreensão, por guardar expectativa da minha vida profissional. A meus Professores Doutores Emilia, Egle, Carlos Gomes, Bruno, Edson, Feijão, Bresaola e outros docentes do Departamento de Saneamento e Ambiente. Ao corpo docente da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, alunos e colegas, para que este estudo possa servir posteriores pesquisas na área.

A meus colegas do Projeto BETA, Archimedes, Patrícia e Rafael pela oportunidade de compartilhar meus trabalhos e receber seus apoios. Também, à Mary, Betty, Solange, colegas do laboratório, estagiários e funcionários da área de Saneamento. À SANASA, COOPERBLOCOS, URM-São Caetano e Laboratórios BIOAGRI, seus funcionários e administradores, pela disposição, aceitação e trabalho, que para todos esta investigação tenha utilidade e aproveitamento. À Kleber Amendi, Gerente da Divisão Saneamento Ambiental - Clean Environment Brasil, pela disposição e colaboração neste trabalho. A toda sociedade científica e grupos pesquisadores empenhados na preservação do ambiente e os recursos naturais.

Aos meus amigos Rafael, Diego, Sidney, Sebastião, Eduardo e muitos outros pela ajuda na fase experimental. Ao Javier, Tonha e seus filhos, pela força e apoio.

E a muitas pessoas que sou grato, que contribuíram sobremaneira para a realização deste trabalho.

*"Sim, eu amo Deus. Ele é a fonte de
minha existência é meu Salvador. Ele me
mantém todo e cada dia. Sem Ele eu não
sou nada, mas com Ele eu posso todas
as coisas através de Jesus Cristo, que
me fortalece."*

Filipenses 4, 13

RESUMO

CHAVEZ, Porras Alvaro. **Uso de lodo de estação de tratamento de água e agregado reciclado miúdo na fabricação de elementos de alvenaria.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2007. 213p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2007.

Diante da grande quantidade de resíduos sólidos gerados, incluídos os resíduos da construção e demolição – RCD, na cidade de Campinas e da precariedade do sistema de planejamento e gestão dos aterros sanitários de algumas áreas da região, investigou-se a viabilidade técnica, econômica e ambiental do uso de lodo desaguado de Estação de Tratamento de Água (ETA) e de agregado miúdo reciclado do entulho na fabricação de elementos de alvenaria tipo concreto. Tais elementos da construção civil foram testados segundo as normas técnicas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tanto aquelas referentes às propriedades físico-mecânicas quanto às ambientais, considerando-se os períodos de fabricação e pós-consumo, quando ele virar entulho. Os lodos e entulhos afetam grandemente os ecossistemas onde são lançados. Com eles, como fonte alternativa de matéria-prima, produziram-se elementos de alvenaria, estruturais e de vedação, em diferentes proporções, que foram avaliados nas dimensões, à compressão simples e à absorção de água; também, os materiais foram avaliados ambientalmente. Os resultados mostraram que a umidade do lodo influenciou significativamente na qualidade dos tijolos tipo solo-cimento, sendo possível sua confecção somente com teor de umidade abaixo de 50% de sólidos totais, ST. Nenhum tijolo produzido nas condições propostas atendeu simultaneamente aos requisitos das normas brasileira de qualidade – dimensões, absorção de água e resistência à compressão. Referente aos blocos tipo concreto não estruturais (vedação), com até 3% de lodo seco ou 1% de lodo úmido, agregado de entulho nas duas matrizes avaliadas (concreto e cerâmica) e 10% de cimento, poderiam servir de base para uma produção industrial, sendo destinados à infra-estrutura urbana, já que se obtém evidentes ganhos econômicos e ambientais (propondo-se o uso de um passivo ambiental), sem perda da qualidade técnica dos produtos.

PALAVRAS CHAVE: resíduos; RCD; lodo de ETA; reciclagem de resíduos; bloco de concreto; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

CHAVEZ, Porras Alvaro. Use of dry sludge of station water treatment plant and aggregate debris recycled kid in the manufacture of bricks cement soil type and blocks of concrete type. Campinas: College of Civil Engineering - UNICAMP, 2007. 213p. Thesis (Ph. D.) - College of Civil Engineering, UNICAMP, 2007.

Given the large amount of solid waste generated in the city of Campinas, SP, Brazil and the precariousness of the system of landfills in the region, it is investigated the technical feasibility, economic and environmental use of dry sludge of station water treatment plant and aggregate debris recycled kid in the manufacture of bricks cement soil type and blocks of concrete type. Such components of the building have been tested according to the relevant technical standards of the Brazilian Association of Technical Standards, both those related to the physical-mechanical properties as those environmental, considering the periods of manufacturing and post-consumer. These wastes greatly affect the ecosystems where they are launched and today, will be increasingly seen as an alternative source of raw material. With these materials, structural components produced there and sealing in different traits, which were tested for compression simple, the absorption of water, and environmental dimensions. The results showed that the humidity of sludge significantly influence the quality of soil-cement bricks kind, and it is possible only with its confection moisture content below 50%. None brick produced in conditions studied attended both Brazilian standards of quality-size, absorption of water and resistance to compression. The tests showed that no structural blocks of concrete (seal), with up to 3% of dry sludge and 1% of wet sludge, debris aggregate of the two matrices evaluated (concrete and ceramic) and 10% of cement, could serve as the basis for a production industry, for urban infrastructure, as it has obvious economic and environmental gains (is itself making use of a huge environmental liabilities), without loss of technical quality of the products.

KEY WORDS: waste from civil construction; water treatment plant sludge; recycling; concrete type block; Sustainable Development; materials of construction.

LISTA DE FIGURAS

	página
FIGURA 1	Esquema de uma ETA convencional
FIGURA 2	Esquema dos mecanismos de adição e remoção de água em leito de secagem
FIGURA 3	Lodos desaguados por leito de secagem
FIGURA 4	Entulhos
FIGURA 5	ETL SANASA, Campinas, SP
FIGURA 6	URM São Caetano, Campinas, SP
FIGURA 7	Processo de quarteamento de materiais
FIGURA 8	Escala curva granulométrica ABNT 6502/95
FIGURA 9	Estação piloto de tratamento de lodos
FIGURA 10	Leito de secagem, UNICAMP, Campinas
FIGURA 11	Equipamento para preparação de tijolos
FIGURA 12	Prensa pneumática para fabricação de blocos
FIGURA 13	Blocos fabricados na COOPERBLOCOS

LISTA DE TABELAS

	página
TABELA 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS LODOS DAS ETA-1 E ETA-2.	11
TABELA 2 VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS (mg/kg) NOS LODOS DAS ETAS ETA-1 E ETA-2.	12
TABELA 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS NA ETA ALTO COTIA, SP.	13
TABELA 4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO LODO SEGUNDO VÁRIOS AUTORES.	13
TABELA 5 RESULTADOS DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS NO LODO DO DECANTADOR E NA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS DA ETA RIO DAS VELHAS.	15
TABELA 6 COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO.	22
TABELA 7 ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.	24
TABELA 8 CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND CPV ARI PLUS.	27
TABELA 9 REQUISITOS DO SOLO PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO.	29
TABELA 10 CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS E DO AGREGADO MIÚDO. REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR.	30
TABELA 11 PROPORÇÕES LODO: AGREGADO RECICLADO: CIMENTO.	58
TABELA 12 TEOR CIMENTO, LODO E AGREGADO NOS BLOCOS AVALIADOS.	63

	página
TABELA 13 TEOR DE UMIDADE E pH DO LODO DA ETL.	72
TABELA 14 TEOR DE SÓLIDOS DO LODO NO LEITO DE SECAGEM AO LONGO DO TEMPO.	73
TABELA 15 GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS DE LODO.	74
TABELA 16 RESULTADOS DETERMINAÇÃO DA MASSA BRUTA. DO LODO	78
TABELA 17 VALORES DO TEOR DE UMIDADE E PH DOS AGREGADOS.	81
TABELA 18 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MISTURADO DE ENTULHO.	82
TABELA 19 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MATRIZ CERÂMICA.	83
TABELA 20 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MATRIZ CONCRETO.	84
TABELA 21 VALORES PERCENTUAIS RETIDOS NAS PENEIRAS PARA AGREGADO MIÚDO.	87
TABELA 22 RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS MATRIZES DE ENTULHO MIÚDO.	90
TABELA 23 MÉDIA EM mg/kg DOS METAIS AVALIADOS NOS AGREGADOS CAMPINA, SP.	93
TABELA 24 UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA CONTENDO 5% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DAS MATRIZES CERÂMICA E CONCRETO MISTURADAS.	93
TABELA 25 UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA CONTENDO 10% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DA MATRIZ CERÂMICA.	94

TABELA 26	UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA CONTENDO 10% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DA MATRIZ CONCRETO.	94
TABELA 27	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO PEDRISCO USADO NA COOPERBLOCO.	98
TABELA 28	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE PEDRA USADO NA COOPERBLOCOS.	99
TABELA 29	QUANTIDADES DE MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS CONTROLE.	100
TABELA 30	CÓDIGOS USADOS NOS BLOCOS PRODUZIDOS NA COOPERBLOCOS.	100
TABELA 31	MASSA DOS BLOCOS FABRICADOS NA COOPERBLOCOS.	101
TABELA 32	DIMENSÕES DOS BLOCOS FABRICADOS PARA VEDAÇÃO.	102
TABELA 33	DIMENSÕES DOS BLOCOS ESTRUTURAIS FABRICADOS.	103
TABELA 34	VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS FABRICADOS PARA VEDAÇÃO.	104
TABELA 35	VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS FABRICADOS TIPO ESTRUTURAL.	105
TABELA 36	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS FABRICADOS.	106
TABELA 37	PROPORÇÕES DE MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS.	107
TABELA 38	PROPORÇÕES UTILIZADOS PARA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS – LODO SECO EM ESTUFA.	107
TABELA 39	PROPORÇÕES DE MATERIAIS USADAS PARA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS COM LODO DESAGUADO NA ETL E SECO EM LEITO.	109

TABELA 54 QUANTIDADE DE AGREGADOS RECICLADOS INCORPORADOS
--

130

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.

AE – classe para elemento de alvenaria aparente ou lisa.

AG-CER-URM - agregado reciclado Matriz Cerâmica URM.

AG-CON-URM - agregado reciclado Matriz Concreto URM.

AG-MIS-URM - agregado reciclado Matriz Misturada URM.

APHA – American Public Health Association.

ASTM/ASA/USS - American Standard for Testing and Materials and American Supply Association.

AWWA – American Water Works Association.

AWWARF – American Water Works Association Research Foundation.

B1- mistura para blocos Proporções de 1% de lodo .

B2- mistura para blocos Proporções de 3% de lodo.

B3- mistura para blocos Proporções de 5% de lodo.

B4- mistura para blocos Proporções de 10% de lodo.

BA – Estado da Bahia.

BE – classe especial para blocos de alvenaria rústicos.

BIOAGRI – Laboratório para caracterizações. Piracicaba, SP.

CAP – Carvão Ativado em Pó.

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

CINVA-RAM - prensa manual para a fabricação de tijolos.

CONAMA - Conselho do Meio Ambiente.

COOPERBLOCOS – Cooperativa Fabricante de Blocos, Campinas, SP.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

DE – Diâmetro Efetivo.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

DQO – Demanda química de oxigênio.

EL – Bloco estrutural liso.

EPA – Environmental Protection Agency.

ER – Bloco estrutural rustico.

ETA – Estação de Tratamento de Água.

ETAs – Estações de Tratamento de Água.

ETEs – Estações de Tratamento de Esgoto.

ETL – Estação de Tratamento de Lodo.

EUA – Estados Unidos da América.

FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IP – Índice de plasticidade.

LABRES – Laboratório de Resíduos da FEC-Unicamp.

LL – Limite de liquidez.

LP – Limite de plasticidade.

NBR – Norma Brasileira.

ONU – Organização das Nações Unidas.

pH - Potencial hidrogeniônico .

PI - peso seco da amostra.

PF - peso molhado.

PMC - Prefeitura Municipal de Campinas.

RCD - Resíduos de construção e demolição.

RMC - Região Metropolitana de Campinas.

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A.

SP – Estado de São Paulo.

ST - sólidos totais.

STF - sólidos totais fixos.

STV - sólidos totais voláteis.

TYLER/ MESH – Serie estandar para peineiras.

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas.

URM - Unidade de Reciclagem de Materiais, São Caetano.

VL – Bloco vedação liso.

VR – Bloco vedação rústico.

WEF - Water Environment Federation.

LISTA DE SÍMBOLOS

A	a absorção do agregado miúdo na condição saturada, em %.
AE.....	Bloco classe para alvenaria aparente ou lisa.
BE	Bloco classe especial rústica.
cm	centímetros.
cm ²	centímetros quadrados.
cm ³	centímetros cúbicos.
g	grama.
g/cm ³	grama por centímetros cúbicos.
h	teor de umidade do agregado, em %.
hs	horas.
L	litros.
kg	quilograma.
kgf	quilograma força.
kg/hab.ano.....	quilograma por habitante por ano.
m	metro.
m ²	metro quadrado.
m ³	metro cúbico.
mg	miligrama.
mg/L	miligrama por Litro.
mm	milímetros.
mm ²	milímetro quadrado.
Mi	massas da amostra antes da lavagem.
Mf	massas da amostra depois da lavagem.

MPa Mega Pascal.

Mton/ano.....Milões de toneladas ano.

n° número.

N Newton.

P1 massa do material seco em estufa (105 °C a 110°C).

pH Potencial Hidrogeniônico.

s segundos.

t tonelada.

ts teor de sólido.

° graus.

°C graus Celsius.

% percentagem.

m/m relação mássica.

r^s massa unitária do agregado seco em estufa, em kg/dm^3 .

r^h massa unitária do agregado com h% de umidade, em kg/dm^3 .

(v/v) relação volumétrica.

Vh..... volume úmido.

Vo volume seco.

SUMÁRIO

	página
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	6
3.2 Características dos Resíduos.	8
3.2.1 O Lodo de ETA	8
Origem, Composição e Classificação	8
Tratamento do Lodo	16
3.2.2 Resíduos de Construção e Demolição Civil	21
3.2.3 Cimento	26
3.3 Tecnologias de Fabricação.	27
3.3.1 Elementos de Alvenaria Tipo Solo-Cimento	27
3.3.2 Elementos de Alvenaria Tipo Concreto	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Área de Estudo: Município de Campinas	41
Aspectos Gerais da Cidade	41
Abastecimento de Água e Produção de Lodo	42
Lodo dos Decantadores das ETAs	43
Desaguamento do Lodo na Estação de Tratamento de Lodo – ETL	44
Entulhos da Construção e Demolição Civil	45
4.2 Matérias-Primas dos Blocos e Tijolos	47

	página
4.3 Coleta e Preparação das Matérias-Primas	47
Quarteamento dos Materiais	47
Quarteamento das Amostras de Lodo da ETL	47
Quarteamento das Amostras de Agregados Reciclado	48
4.4 Caracterização dos Materiais	49
4.4.1 pH	50
4.4.2. Teores de Umidade e de Sólidos	50
4.4.3 Granulometria, Limites de Atterberg e Massa	
Específica dos Grãos	51
4.5 Ensaios Preliminares	53
4.6 Metodologia de Fabricação dos Elementos de Alvenaria	56
4.6.1 Fabricação dos Tijolos	56
Preparação das Matérias-Primas	56
Determinação da Umidade Ótima	57
Equipamentos e Materiais Utilizados	57
Proporções Investigadas	58
Procedimento	59
4.6.2 Fabricação dos Blocos	60
Preparação das Matérias-Primas	60
Determinação da Umidade Ótima	60
Equipamentos e Materiais Utilizados	60
Descrição da Metodologia Utilizada na COOPERBLOCOS	61
Proporções Investigadas	62
Procedimento	63
4.7 Avaliação dos Elementos de Alvenaria	65
4.7.1 Avaliações Estruturais para Tijolos	65
Determinação das Dimensões	65

	página
Determinação da Absorção de Água	65
Determinação da Resistência à Compressão	66
4.7.2 Avaliação Estrutural para Blocos	66
Determinação das Dimensões	66
Determinação da Absorção de Água	67
Determinação da Resistência à Compressão	68
Teste de Durabilidade	68
4.7.3 Avaliação Ambiental	69
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1 Caracterização das Matérias-Primas Recicladas	71
5.1.1 Lodo das ETAS 3 E 4	71
Umidade e pH	71
Tratamento Complementar para Lodos	72
Granulometria e limites de Atterberg	74
Caracterização Química e Microbiológica	77
5.1.2 Caracterização dos Agregados da URM	81
Umidade e pH	81
Granulometria e limites de Atterberg	82
Avaliações Químicas e Microbiológica	88
5.2 Determinação da Umidade Ótima da Mistura	93
5.3 Avaliação dos Tijolos	95
Dimensões	95
Absorção de Água	96
Resistência à Compressão	96
5.4. Avaliação dos Blocos	97
5.4.1. Blocos sem Materiais Reciclados (Controle)	97
Caracterização das Matérias-Primas	97
Quantidades de Matérias-Primas Utilizadas nos Blocos	99

	página
Identificação dos Diversos Tipos de Blocos Produzidos na COOPERBLOCOS	100
Massa dos Blocos	101
Dimensões	102
Absorção de Água	103
Resistência à Compressão	104
5.4.2. Blocos com Materiais Reciclados	107
Confecção dos Blocos	107
Avaliações Estruturais dos Blocos	111
Massa dos Blocos	114
Dimensões dos Blocos	116
Absorção de Água	119
Resistência à Compressão	121
Durabilidade	124
5.5. Recomendações para a Implantação de uma Fábrica de Pequeno Porte de Blocos de Materiais Reciclados	125
5.6. Comparação de Custo de Produção de Blocos de Concreto sem e com Materiais Reciclados	127
5.7. Análise do Risco Ambiental da Incorporação do Lodo e Agregado Miúdo em Blocos Tipo Concreto	132
6. CONCLUSÕES	136
7. RECOMENDAÇÕES	139
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
9. ANEXOS	
ANEXO 1 – RESULTADO DAS AVALIAÇÕES DOS BLOCOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO.	150
ANEXO 2 – ESQUEMAS DO LEITO DE SECAGEM UTILIZADO NA PESQUISA.	168

	página
ANEXO 3 CURVAS GRANULOMÉTRICAS – PORCENTAGEM QUE PASSA EM CADA UNA DAS PEINEIRAS.	169
ANEXO 4 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE LODO E AGREGADO RECICLADO (MATRIZ CONCRETO E CERÂMICA) LAB. BIOAGRI.	170
ANEXO 5 CURVAS GRANULOMÉTRICAS – PORCENTAGEM QUE PASSA NO DIÂMETRO DE PARTÍCULAS.	181
ANEXO 6 RESULTADOS DOS TIJOLOS CONFECCIONADOS COM AGREGADOS E LODO DA ETL	184
ANEXO 7 QUANTIDADES E PREÇOS DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO. QUANTIDADES E CUSTOS DOS BLOCO FABRICADOS COM MATERIAL RECICLADO.	188

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização do município de Campinas, São Paulo (SP), nas últimas décadas, tem incrementado a demanda tanto de novas edificações quanto de reformas prediais, além de outras obras civis relacionadas à infra-estrutura urbana. O desenvolvimento de atividades dos setores secundário e terciário da economia, acompanhado de significativo crescimento populacional, acarretou um acréscimo na demanda de água potável e, conseqüentemente, da quantidade de resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs), notadamente o lodo dos decantadores. Tais resíduos, quando lançados diretamente no ambiente, causam significativos impactos, comprometendo ainda mais a qualidade da água dos mananciais das bacias hidrográficas em que se inserem. Esse crescimento também tem acarretado a produção de uma grande quantidade de resíduos sólidos, entre eles, o entulho da construção civil e demolição, o qual vem sendo lançado sistematicamente no ambiente, muitas vezes em áreas inapropriadas, com conseqüente degradação ambiental.

A cidade está inserida na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, que têm hoje restrita disponibilidade hídrica, considerada crítica quanto ao atendimento das múltiplas demandas existentes e futuras. Além disso, os mananciais superficiais da região apresentam-se com qualidade comprometida pelo lançamento de esgoto doméstico *in natura*, águas residuárias industriais, resíduos sólidos e o escoamento superficial das áreas rurais.

A Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. – SANASA – empresa de economia mista, criada em 1973 para prestar serviços de abastecimento de água e esgotamento

sanitário no município de Campinas, inaugurou, no segundo semestre de 2004, uma Estação de Tratamento de Lodo (ETL) junto às ETAs 3 e 4, que trata água do Rio Atibaia e respondem por 75% da água distribuída pelo sistema público em Campinas.

O lodo dos decantadores dessas ETAs era descartado *in natura* através de sistema de drenagem de águas pluviais na cabeceira do Ribeirão dos Pires, contribuindo com a poluição do Rio Atibaia. Atualmente, como resultado deste tratamento, é gerada uma quantidade equivalente a 50 t/dia de lodo desaguado, com teor de sólidos na faixa de 25% a 35%. O lodo é transportado e disposto em aterro sanitário privado localizado em Paulínia (SANASA, 2007).

A Prefeitura Municipal de Campinas (PMC) implantou, no ano de 2004, a Usina de Reciclagem de Materiais São Caetano, onde são gerados agregados reciclados de diferentes granulometrias, utilizados pela própria Prefeitura em obras de manutenção da cidade. Em geral, o entulho é lançado em encostas, podendo ocasionar deslizamentos; em baixadas, junto a redes de drenagem e canais que obstruem o escoamento de águas pluviais e provocam inundações. Sua disposição em aterros sanitários, embora mais adequada se comparada às formas anteriores, compete por espaço com o resíduo domiciliar.

No Brasil, o problema do atendimento às necessidades mínimas de habitação para as camadas da população de baixa renda não foi ainda solucionado, havendo uma demanda da ordem de 6 milhões de moradias destinadas a famílias com renda mensal inferior a cinco salários mínimos (WATANABE, 2000). Uma das soluções desse problema requereria a aplicação de tecnologias alternativas, que utilizem matérias-primas naturais, renováveis ou não, e também resíduos sólidos industriais e urbanos, compatíveis com a situação socioeconômica do País (CALMON *et al.*, 1998). Em geral, esses programas em países em desenvolvimento procuram adotar alternativas tecnológicas de menor custo, regimes de autoconstrução ou de ajuda mútua, os quais são efetivados por iniciativas do governo, contendo com a participação de associações comunitárias.

Segundo CYBIS & DOS SANTOS (2001), a indústria da construção civil caracteriza-se pelo elevado desperdício de materiais, entre outros, e hoje trabalha-se muito na prevenção da poluição com ganhos econômicos e ambientais na aplicação das Técnicas de Produção Mais Limpas no setor.

Segundo PINTO (1997), o aproveitamento do entulho pelo mesmo setor que o gera, a construção civil, facilita a reciclagem, contribui para minimizar os prejuízos dos descartes irregulares em cursos d'água ou vias públicas e prolonga a vida útil das áreas destinadas à sua deposição. Além da viabilidade tecnológica e das vantagens sociais e ambientais, é necessário destacar a importância da viabilidade econômica da reciclagem de entulho. Considerando o menor preço do agregado reciclado, possibilita-se a redução dos custos das obras civis e a ampliação da oferta pública de moradias populares, além de outros benefícios sociais, tais como a geração de emprego e renda.

Para autores como PINTO (1997), o custo do agregado reciclado em uma usina de Salvador-BA, com gastos na reciclagem, transporte do material e impostos, foi estimado em R\$ 10,00 por tonelada, contra o preço médio de R\$ 20,00 por tonelada dos agregados naturais; em São Paulo, de acordo com a Prefeitura Municipal, na Usina de Itatinga, o custo, no primeiro ano de operação, foi de R\$ 5,10 por tonelada e o preço para venda atingiu cerca de R\$ 6,70 por tonelada. Segundo BRITO (1999) *apud* CARNEIRO (2001), o custo da reciclagem de entulho em São Paulo variava entre R\$ 4,00 e R\$ 6,00 por tonelada ou, aproximadamente, R\$ 5,20 a R\$ 7,80 por metro cúbico, cerca de 67% do preço dos agregados naturais na região.

No presente estudo, pretendeu-se avaliar o aproveitamento conjunto do agregado reciclado miúdo, obtido da britagem do entulho, e lodo desaguado na ETL, tendo por premissa o conceito de “desenvolvimento sustentável”, sendo proposta a fabricação de blocos tipo concreto. Estes produtos foram testados segundo as normas técnicas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT, tanto aquelas aplicáveis aos elementos de alvenaria obtidos através das

tecnologias “do concreto” no que se refere às suas propriedades físico-mecânicas, quanto às aquelas de resíduos sólidos, notadamente no que se refere às suas propriedades químicas (Anexo 1).

Na avaliação da viabilidade econômica, para uma contabilidade mais ampla, isto é, que inclua custos ambientais, foram cotejados, entre outros, itens tais como: a redução de custo da matéria-prima para o fabricante de blocos, a eliminação do custo referente à disposição final em aterro sanitário e a redução de custos indiretos pertinentes aos passivos ambientais que representariam para a companhia de saneamento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da proposta foi o de avaliar a viabilidade técnica, ambiental e econômica do uso conjunto de agregado reciclado miúdo (oriundo do processamento de entulho da construção civil e demolição) e o lodo desaguado de ETA (originário do processo de coagulação–floculação–decantação na ETA e desaguados na ETL) para confecção de elementos de alvenaria, tijolos e blocos, tipo solo-cimento e tipo concreto.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do estudo foram:

- caracterização dos materiais usados na fabricação dos elementos de alvenaria tipo solo-cimento e tipo concreto;
- estabelecimento da proporção ótima cimento: agregado: lodo: água;
- avaliação da viabilidade estrutural e ambiental;
- avaliação da viabilidade econômica da proposta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

O desenvolvimento sustentável foi concebido para permitir à humanidade usufruir os recursos naturais atuais sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras também possam fazê-lo (ONU, 1987). Com esta idéia inicial, a adequada disposição dos resíduos constitui um problema ambiental que deve ser resolvido. Geralmente, o destino final destes são os aterros sanitários, o que não é considerado atualmente, como sendo a melhor solução. Segundo DIJKEMA *et al.* (2000), vem nascendo um novo paradigma para o gerenciamento: o conceito de resíduo vem sendo redefinido no sentido de entendê-lo como matéria-prima de um novo processo. Um produto é considerado resíduo quando não tenha sido usado em todo seu potencial.

Com este novo conceito, poder-se-á, por exemplo, no futuro, eliminar aterros ou passivos ambientais que contêm materiais poluidores para os ecossistemas e contribuir com sua conservação. Este paradigma traz consigo a implementação e o desenvolvimento sustentável de novas tecnologias, uma integralização dos recursos e um sistema decisório que dará suporte de informação para novas opções tecnológicas e ambientais.

Os profissionais de meio ambiente propõem diversas alternativas visando reduzir as ameaças à sobrevivência da humanidade, buscando tornar viável o desenvolvimento e interromper o ciclo causal e cumulativo entre subdesenvolvimento, condições de pobreza e problemas

ambientais. A Agenda 21 constitui-se de um plano de ação para alcançar este desenvolvimento no médio e longo prazo, com objetivos, atividades, instrumentos e necessidades de recursos humanos e institucionais. As bases para a obtenção de melhores condições ambientais são: o desenvolvimento com suas dimensões econômicas e sociais, a conservação e gerenciamento de recursos; os grupos sociais na organização e fortalecimento da sociedade e ,finalmente, os meios de implementação das iniciativas e projetos para a sua efetivação.

A produção mais limpa é uma técnica que busca a minimização de uso de insumos materiais, através de ações entre o processo industrial e o meio ambiente. Avaliam-se as quantidades e tipos de matérias-primas utilizadas e a origem do desperdício (resíduos e emissões) ou da parcela sub-utilizada.

Minimizando a quantidade de resíduos, os custos de tratamento e disposição são menores; desta forma, diminui-se a quantidade de matéria-prima utilizada na produção e dos insumos de energia necessários. Assim, reduzem-se a quantidade de material extraída do meio ambiente nas jazidas, os custos nas indústrias e os passivos e impactos ambientais (ECOPROFIT, 1998 *apud* CYBIS & DOS SANTOS, 2001). Estas políticas de produção mais limpa integram os objetivos ambientais aos dos processos produtivos, propondo um crescimento econômico sustentável, com uma excelente proposta ambiental e constituindo-se um bom negócio para as indústrias.

Segundo CYBIS & DOS SANTOS (2001), entre as indústrias em nível mundial, a construção civil é uma das mais importantes, acarretando grandes quantidades de perdas em seus processos. O uso dos resíduos e desperdícios, próprios e de outras indústrias, torna-se um desafio para seus administradores, que tentam minimizar os custos de materiais e insumos a serem usados nos projetos. Para ÂNGULO *et al* (2000), a reciclagem de resíduos fazem parte do Desenvolvimento Sustentável na construção civil.

Estes resíduos de construção e demolição (RCD) representam valores perto de 60% do volume total de resíduos gerados nas cidades brasileiras; segundo VALVERDE (2003) *apud* BUTTLER (2007), a disponibilidade de matérias-primas naturais está declinando pela falta de planejamento, pelo mau uso dos solos, pela deficiência no ordenamento e pelos problemas ambientais. Em 2004, entrou em vigor a Resolução N° 307 do CONAMA (Brasil, 2002), tratando da regulação para o gerenciamento e deposição dos resíduos de construção.

3.2 Características dos Resíduos

3.2.1 O Lodo de ETA

Origem, Composição e Classificação.

Para KNOCKE *et al.*, (1987) *apud* WU & HUANG (1997), YUZHU (1996) e RICHTER (2001), as características do lodo dependem dos processos e dos tipos de produtos químicos usados no tratamento; a porcentagem removida encontra-se na faixa de 0,2% a 5% do volume total de água tratada nos decantadores. Deve-se incluir, também, a parcela de água de lavagem dos filtros, a qual, dependendo do processo, corresponde a 5% a 10% do volume total tratado. O volume de lodo proveniente dos decantadores na ETA varia de 60% a 95% do total de resíduos gerados e a água de lavagem dos filtros, 5% a 40%. Estes contêm sais de alumínio ou ferro, usados na coagulação química, sendo o hidróxido resultante seu principal constituinte; são considerados fluidos tixotrópicos (não-newtonianos), gelatinosos em repouso e líquidos em movimento; devido ao teor de água de hidratação presa nos flocos seu desaguamento se mostra dificultoso.

Geralmente, as ETAs no Brasil usam o sistema de tratamento convencional (Fig.1), que emprega a coagulação química, seja com sais de alumínio ou de ferro. Dependendo da qualidade

da água bruta captada para tratamento, são adicionados outros elementos, tais como o carvão ativado, agentes oxidantes e polímeros auxiliares de coagulação (REALI, 1999).

Geralmente, os lodos são formados por areia, argila, silte, produtos químicos usados na coagulação, substâncias húmicas e organismos, tais como bactérias, vírus, algas, entre outros. No caso de lançamentos nos córregos ou rios, estas impurezas podem provocar elevação da DQO, inibição da atividade biológica, mudanças de cor e turbidez e aumento da concentração de sólidos do corpo receptor, além de influir negativamente em áreas de criação e desova de peixes (BARBOSA *et al.*, 2001). Na ausência de uma contaminação significativa da água bruta, apresenta-se um lodo com fração orgânica pequena, bastante estável e não putrescível; para períodos de chuvas, o teor de matéria orgânica se eleva (DI BERNARDO, 1999; GRANDIN *et al.*, 1993).

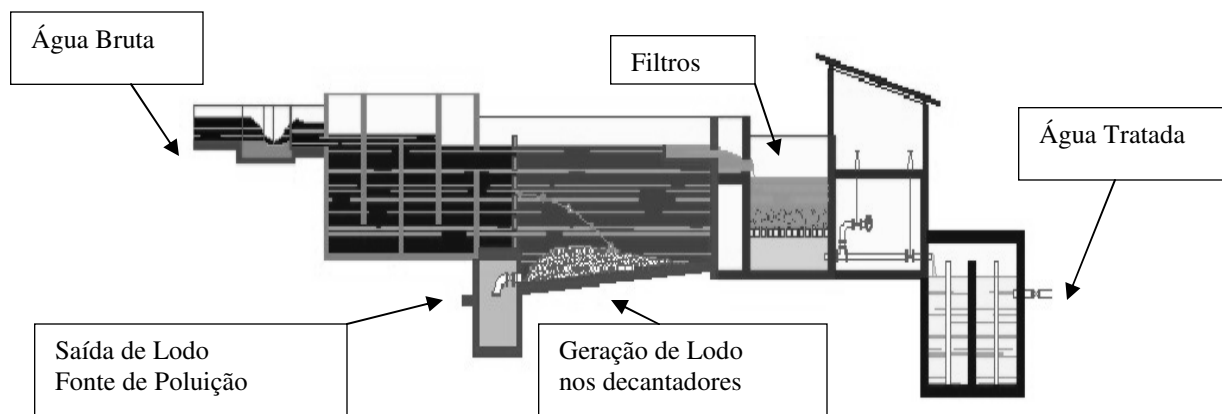


FIGURA 1 : ESQUEMA DE UMA ETA CONVENCIONAL.

Fonte: FEC-UNICAMP <http://www.fec.unicamp.br/bibdta/eta.html>

De acordo com AWWA (2001), o lodo possui características similares aos solos. Essas podem variar em função da qualidade da água do manancial e da tecnologia usada no tratamento (SARON & LEITE, 2001).

Para SILVA *et al.* (2000) *apud* PORTELA *et al.* (2003), nos lodos, o teor de sólidos depende dos produtos químicos utilizados no processo de tratamento. CORDEIRO (1999) indicou que, além dos parâmetros tradicionais do saneamento, para a caracterização do lodo de ETA, devem ser considerados também a concentração, o tipo e o tamanho das partículas.

Para GARCÉS *et al.* (1996), YUZHU (1996), REALI (1999) e BARBOSA *et al.*, (2001), o volume de lodo representa de 6% a 25% do volume de água tratada. O teor de sólidos do lodo dos decantadores apresenta valores na faixa de 0,1% a 4,0% (sendo 1,0% o valor mais encontrado), dependendo do sistema de remoção de lodo utilizado. A água de lavagem dos filtros tem uma variação na faixa de 0,01% a 0,1%.

As Tabelas 1 e 2 mostram as características dos lodos estudados por BARBOSA *et al.* (2001) de duas ETAs no Estado de São Paulo; a ETA-1, em Araraquara, na qual se usa o cloreto férrico como coagulante e a ETA-2, em São Carlos, na qual se usa o sulfato de alumínio. No período chuvoso, pode-se observar que a água bruta apresentou maiores valores nos teores dos parâmetros avaliados, tais como concentrações de sólidos. O Al, Fe e Mn tiveram suas concentrações elevadas neste período de chuvas em relação ao de estiagem, devido ao aumento da dosagem de coagulantes usados.

No estudo, verificou-se que o lodo de ETA apresentou indícios de toxicidade aguda aos organismos-teste. Eles também causaram toxicidade crônica, o que causava prejuízos à biota aquática e degradação da qualidade das águas e do sedimento. Os principais parâmetros que aumentavam a degradação dos corpos receptores eram: a alta turbidez e a DQO, a grande quantidade de sólidos, a elevada carga de nutrientes (N e P) e a presença considerável de metais

como Al, Mn e Fe. Outras fontes de toxicidade podem ser os polímeros sintéticos comerciais usados como auxiliares de coagulação, já que muitos monômeros apresentam toxicidade.

Na Tabela 3 mostram-se as características dos lodos da ETA Alto Cotia, SP, que usa sulfato de alumínio como coagulante, estudados por CHAO (2006).

CHAO (2006), também, mostrou as características dos lodos avaliadas por diferentes autores, como CORDEIRO (1999), BARBOSA *et al* (2001) e ANDRADE (2005), onde foi usado nos processos sulfato de alumínio como coagulante. A Tabela 4 apresenta as características físicas e químicas dos lodos avaliados.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS LODOS DAS ETA-1 E ETA-2

A- COLETADAS NO PERÍODO CHUVOSO.

Parâmetro/Unidade Lodo	ETA-1	ETA-2
pH	10,6	9,8
Condutividade - ∞ S/cm	168,0	59,0
Turbidez - uT	4.500	71.300
Oxigênio dissolvido - mg/L	5,7	8,3
Temperatura - ° C	24,7	22,9
Sólidos totais - mg/L	5.074	52.345
Sólidos totais fixos - mg/L	3.878	39.075
Sólidos totais voláteis - mg/L	1.196	13.270
Sólidos suspensos -mg/L	4.600	50.920
Sólidos suspensos fixos - mg/L	3.960	39.910
Sólidos suspensos voláteis - mg/L	640	11.010
Sólidos sedimentáveis - mL/L	825	700
DQO - mg/L	558	20.500
Dureza - mg CaCO ₃ /L*	81,32	68,48
Nitrogênio total - mg/L*	1,15	19, 90
Fósforo total - mg/L*	33,30	75,22

B- COLETADAS NO PERÍODO SECO.

Parâmetro/unidade Lodo -	ETA-1	ETA-2
pH	6,8	6,2
Condutividade - ∞ S/cm	154,7	166,0
Turbidez - uT	897	49.200
Oxigênio dissolvido - mg/L	6,3	6,0
Temperatura - o C	19,2	21,5
Sólidos totais - mg/L	2.132	29.595
Sólidos totais fixos - mg/L	1.510	22.207
Sólidos totais voláteis - mg/L	622	7.388
Sólidos suspensos -mg/L	2.110	14.633
Sólidos suspensos fixos - mg/L	1.790	11.033
Sólidos suspensos voláteis - mg/L	320	3.600
Sólidos sedimentáveis - mL/L	730	850
DQO - mg/L	238	11.380
Dureza - mg CaCO ₃ /L*	54,08	93,60
Nitrogênio total - mg/L*	0,17	6,90
Fósforo total - mg/L*	51,86	54,06

(*) Medidas feitas do sobrenadante do lodo

Fonte:BARBOSA *et al.* (2001).

TABELA 2 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS (mg/kg)
NOS LODOS DAS ETAS ETA-1 E ETA-2
NOS PERÍODOS CHUVOSO E SECO.

lodo Período Metais (mg/kg)	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al
ETA-1 chuvoso	31,5	48,0	ND	78,0	299.500,0	910,0	34,0	42,0	95.773,0
ETA-2 chuvoso	64,0	56,0	ND	50,0	130.500,0	1485,0	70,0	34,5	71.769,0
ETA-1 seco	39,5	46,0	ND	50,0	124.000,0	1265,0	57,0	34,0	146.224,0
ETA-2 seco	29,0	75,0	ND	79,5	392.500,0	1415,0	24,0	38,5	57.730,0

OBS: ND = não detectado.

Fonte:BARBOSA *et al.* (2001).

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS NA ETA ALTO COTIA, SP.

Parâmetro/Unidade Lodo	Valor
pH	5,8 a 6,1
Sólidos totais - mg/L	1114 a 25826
Fósforo total - mgP/L*	2,1 a 20,2
Fósforo solúvel - mgP/L*	0,01 a 6,0
Alumínio - mgAl/kg	63689 a 95541
Cádmio - mgCd/L	0,01 a 0,02
Chumbo – mgPb/L	<0,01
Cobre - mgCu/L	0,1 a 0,7
Cromo - mgCr/L	Não realizado
Mercúrio- mgCr/L	0,6 a 1,3
Zinco- mgCr/L	0,1 a 0,9
Sulfato - mgCr/L	Não realizado

Fonte: CHAO (2006).

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO LODO SEGUNDO VARIOS AUTORES

Parâmetro/Unidade Lodo	Valor
pH	5,8 a 7,6
Sólidos totais - mg/L	1100 a 81575
Fósforo total - mgP/L*	2,1 a 33,7
Fósforo solúvel - mgP/L*	0,01 a 6,0
Alumínio - mgAl/kg	1700 a 171769
Cádmio - mgCd/L	0,01 a 0,14
Chumbo – mgPb/L	0,50 a 2,66
Cobre - mgCu/L	0,06 a 2,06
Cromo - mgCr/L	0,35 a 3,82
Mercúrio- µgHg/L	0,1 a 1,3
Zinco- mgZn/L	0,1 a 4,25
Sulfato - mgSO ₄ ² /L	1.010

Fonte: CHAO (2006).

Além disso, do ponto de vista geotécnico, o lodo é constituído de partículas de distintas dimensões e proporções e sua granulometria confere comportamentos distintos no que se refere, por exemplo, à permeabilidade e à capilaridade (OLIVEIRA & ASSIS, 2001). A análise granulométrica, feita por ensaios de peneiramento e sedimentação, é utilizada na identificação e classificação dos materiais. O ensaio é feito sobre as frações grossa e de finos do material, cujas partículas passam através da peneira nº 200 (0,075 mm). As diferentes peneiras usadas para a avaliação dos materiais são apresentadas na nomenclatura dos sistemas ASTM/ASA/USS, TYLER/ MESH e ABNT-EB-22-R, com suas respectivas aberturas em mm e classificações para peneiramento grosso e fino.

A distribuição granulométrica permite calcular, através da fórmula de Hazen, o coeficiente de permeabilidade do material (capacidade drenante da amostra), sendo um parâmetro importante para a análise de desempenho dos sistemas de desaguamento.

Outras propriedades do lodo consideradas importantes são o teor de umidade e os Limites de Atterberg. Nestes, definem-se quatro estados de consistência: líquido, plástico, semi-sólido e sólido.

NUNES & SARTORI (1997) caracterizaram o lodo de tal forma a encontrar justificativa para seu uso como matéria prima para a construção civil. Os autores realizaram ensaios que normalmente são utilizados para solos, para caracterizar lodos do decantador e da água de lavagem dos filtros da ETA Rio das Velhas, operada pela COPASA-MG. Foram determinados a granulometria e os limites de plasticidade e de liquidez. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos.

TABELA 5. RESULTADOS DOS ENSAIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS NO LODO DO DECANTADOR E NA ÁGUA DE LAVAGEM DOS FILTROS DA ETA RIO DAS VELHAS.

Tamanho dos Grãos		Lodo do Decantador	Água de Lavagem dos Filtros
Finos (% acumulado que passa)	Peneira 16	100,00	99,06
	Peneira 30	99,76	93,60
	Peneira 40	99,62	92,20
	Peneira 50	99,51	91,35
	Peneira 100	99,91	88,85
	Peneira 200	97,37	87,91
Sedimentação (%)	Areia Média	0,38	-
	Areia Fina	3,62	-
	Silte	58,00	-
	Argila	38,00	-
Compactação (Proctor)	$\gamma_{smáx}(g/cm^3)$	1,28	-
	$h_{ot}(\%)$	43,10	-
Limites (%)	LL (%)	59,60	63,37
	LP (%)	43,79	-
	IP (%)	15,81	-
$\gamma_g(g/cm^3)$		2,82	1,96

Fonte: NUNES & SARTORI (1997)

Estas amostras de lodo continham partículas finas a coloidais, passando na peneira 200 (0,075 mm). O lodo do decantador comportava-se como silte e argila (sendo que para os lodos do decantador observandou-se predominância quantitativa da fração argilosa; e muito pouca para o lodo extraído diretamente da descarga do filtro, com comportamento típico de material plástico tanto para o lodo de ETA quanto à água de lavagem dos filtros, com peso específico em torno de 27 a 28 kN.m⁻³.

NUNES & SARTORI (1997) concluíram que a semelhança do lodo da ETA com o solo permite que ele seja caracterizado através dos ensaios geotécnicos desenvolvidos e padronizados para este último; e que o material poderia ser utilizado na fabricação de elementos de alvenaria, nos quais o solo é usado diretamente (elementos de alvenarias da tecnologia solo-cimento) ou como substituto de pó de pedra e pedriscos miúdos (elementos de alvenarias da tecnologia do concreto).

Os lodos das ETAs no Brasil são classificados como resíduos sólidos pela NBR-10004 e o descarte deve atender à Legislação Ambiental.

Tratamento do Lodo

O tratamento do lodo de ETA é realizado através das seguintes operações e processos de separação sólido-líquido: adensamento, condicionamento e desaguamento.

O adensamento consiste na primeira operação unitária para remoção de água do lodo, que pode ser feita com ou sem ajuda de polímeros. Geralmente, nesta etapa, busca-se atingir um teor de sólidos da ordem de 2%. Pode ser realizado por gravidade ou por meio mecânico.

O adensamento por gravidade reduz o volume de água do lodo através do processo: este ocorre nos adensadores por gravidade e tem por princípio a sedimentação por zona. Neste caso, o lodo é adensado e retirado do fundo do tanque.

No caso do adensamento por flotação, o ar é introduzido na solução de lodo através de uma câmara de alta pressão. Logo, após uma despressurização, o ar dissolvido forma micro-bolhas que arrastam consigo os flocos de lodo, que são removidos na superfície.

O condicionamento altera a distribuição das frações de água presentes no lodo entre seus diferentes estados; cada estado e suas quantidades relativas determinam a maior ou menor facilidade com que um sistema desaguará o lodo, bem como o máximo teor possível de sólidos a ser alcançado. Estas diferentes frações de água presentes no lodo são: água livre (não associada e removida por drenagem e adensamento); água intersticial ou capilar (retida mecanicamente nos interstícios dos flocos; é removível mecanicamente); água vicinal (constituída por múltiplas camadas de moléculas de água fisicamente ligadas e presas à superfície da partícula e que pode ser removida por condicionamento químico) e água de hidratação (quimicamente ligada à superfície da partícula e só pode ser removida por secagem térmica).

No processo, o condicionamento químico do lodo resulta na coagulação de sólidos e na liberação da água adsorvida, e é usado antes dos sistemas de desaguamento mecânico, tais como filtração, centrifugação, etc.

Os produtos químicos usados incluem cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos. Em termos gerais, o condicionamento químico seguido de desaguamento pode reduzir o teor de umidade do lodo de 90% a 99 % para 65% a 80 %, dependendo da natureza dos sólidos.

Os sistemas mecanizados, tais como centrífugas e filtros-prensa, têm a vantagem de desaguar o lodo no menor tempo e de utilizar menor área, e sua eficiência não depende das condições meteorológicas; suas desvantagens são o alto consumo de energia, a necessidade do uso de condicionadores químicos, a sensibilidade às variações da qualidade do lodo, do processo de lavagem do sistema de filtração, do ruído e vibração excessiva (no caso de centrífugas) e da manutenção das peças; a eficiência do equipamento e carga de aplicação estará determinada pela natureza do lodo, o grau de condicionamento químico, a frequência de utilização, a manutenção e o produto final desejado (GARCÉS *et al.*, 1996).

No caso do uso de filtro-prensa de placas, o desaguamento é feito ao forçar a água do lodo sob alta pressão, apresentando vantagens como o alto teor de sólidos do lodo, a baixa turbidez do

filtrado e a alta captura de sólidos resultantes em torno de 30% a 40%, obtida num tempo de filtração de 2 h a 5 h, tempo necessário para encher a prensa, mantê-la sob pressão, abrir para descartar o lodo e fechar a prensa.

O filtro-prensa de esteira é constituído de uma estrutura, tambores rotativos ou rolos, acionamento por moto-redutor e tela de desaguamento. Pode-se acoplar um tambor de prensagem para aumento do desempenho do adensamento e a esteira pode ser instalada diretamente sobre uma prensa desaguadora, formando um sistema compacto.

A secagem térmica do lodo é um outro processo de redução de umidade através de evaporação de água para a atmosfera com a aplicação de energia térmica. Neste, pode-se obter teores de sólidos da ordem de 90% a 95%.

Outro processo para efectuar desaguamento dos lodos é o leito de secagem, sendo considerado econômico e de fácil manutenção (ACHON *et al*, 2005). Segundo CORDEIRO (1999), é o método mais utilizado para o desaguamento de lodos nos EUA. O processo se dá por evaporação e remoção natural de água livre. Pode aumentar consideravelmente o teor de sólidos do material, facilitando o manuseio *in situ* e diminuindo-se gastos com transporte até o local de disposição escolhido. Eles necessitam de condições climáticas favoráveis, ou seja, incidência de raios solares e calor, além de disponibilidade de área. Em geral, deve-se evitar escolher áreas próximas a rios e lagos, devido à alta umidade relativa do ar, pois o lodo pode absorver água e, desta forma, a parcela perdida por evaporação durante o dia pode ser repostada durante a noite. São constituídos de tanques rasos, compostos por uma camada suporte, um meio filtrante e um sistema de drenos.

Segundo RICHTER (2001), a operação de um leito de secagem completa-se em um ciclo de duas fases: enchimento e secagem. A fase de enchimento depende do número de unidades, ou seja, da capacidade de cada leito e, segundo o autor, dura de 15 a 30 dias. A aplicação de lodos não deve ser realizada em camadas muito espessas, sendo que, segundo CORDEIRO (1999), a altura

ideal seria de 25 cm a 30 cm. A fase de secagem pode durar três semanas ou mais, dependendo do clima e do teor de sólidos que se pretende atingir. São dimensionados para um período de armazenamento total de três a quatro meses, ou seja, um número de três a quatro aplicações por ano no mesmo leito, dependendo do caso.

CORDEIRO (1999) destacou algumas vantagens dos leitos de secagem em relação aos sistemas mecanizados, tais como o baixo consumo de energia e a pouca necessidade de utilização de condicionantes químicos. No entanto, pode apresentar certas desvantagens, tais como a necessidade de grande espaço físico, dependem de clima favorável, da necessidade de intensa operação de revolvimento do material para se atingir eficiência de remoção da umidade em tempos menores, além de operações trabalhosas para a remoção de lodo seco. Os mecanismos de adição e remoção de água em leito de secagem são mostrados, esquematicamente, na Figura 2.

Após o desaguamento, o lodo pode ser removido do leito de forma manual ou mecânica. A remoção manual necessita do emprego de mão de obra e é um trabalho demorado e cansativo. Para a remoção mecânica, adotada em muitos países desenvolvidos, são utilizados caminhões com carregamento frontal ou caminhões equipados com sistemas de vácuo.

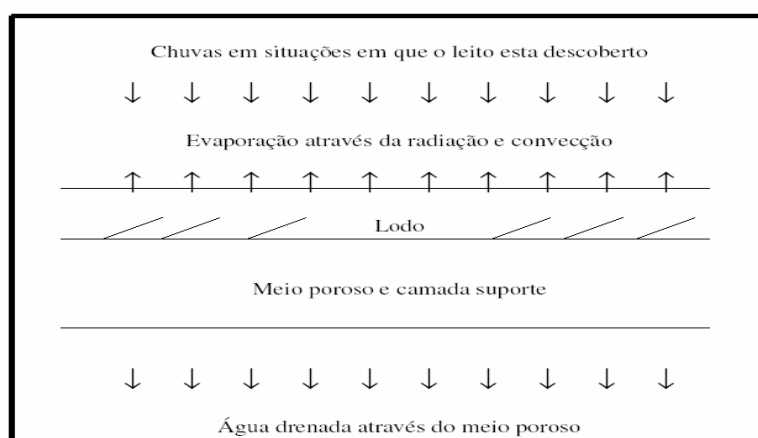


FIGURA 2: ESQUEMA DOS MECANISMOS DE ADIÇÃO E REMOÇÃO DE ÁGUA EM LEITO DE SECAGEM.

Fonte: CORDEIRO, (1999).

Os leitos de secagem para remoção de água de lodos de ETAs têm sido utilizados em vários locais da Europa e EUA. Segundo o trabalho realizado por MURRAY & DILLON (1994) *apud* CORDEIRO (1999), em 469 sistemas de desaguamento de lodos de ETAs, 47 utilizavam leitos de secagem – 10% do total. A Figura 3 apresenta lodos desaguados em leito de secagem.



FIGURA 3 LODOS DESAGUADOS POR LEITO DE SECAGEM

NEUBAUER (1968) *apud* HUBBS & PAVONI (1974) realizou experiências com dois lodos provenientes da coagulação com sulfato de alumínio das ETAs de Shoremont, Rochester, NY. Foram utilizadas estações-piloto de leitos de secagem. A temperatura ambiente variou de 20 °C a 27 °C, e a umidade do ar, de 72% a 93%. Os resultados obtidos mostraram que a vazão de drenagem decaiu até cessar completamente em período de 20 h a 24 h e a secagem por evaporação durou de 24 h a 72 h. O'BRIAN & GERE (1968) *apud* KRASAUSKAS (1969) observaram que os lodos de ETAs, com um teor de sólidos inicial de 1%, dispostos em leito de secagem, produziram lodos com 20% de ST, após o intervalo de tempo compreendido entre 70 h e 100 h.

NOVAK & MONTGOMERY (1975) salientaram que o conhecimento das características reológicas dos lodos de estações de tratamento de água era fator fundamental para o projeto de leitos de secagem, principalmente o teor de sólidos e a resistência quanto à filtração.

Na cidade de Durham, North Carolina, um sistema composto por adensador, condicionamento com polímeros e leito de secagem foi colocado em operação em 1978. No adensador, o teor de sólidos passou de 0,5% a 1% para 3% a 5%. O leito de secagem ocupou uma área de aproximadamente 600 m², resultando em um lodo com teor de sólidos de 15 a 20%. CORNWELL *et al.* (1987) citaram que o lodo desaguado no leito era removido por meio de caminhões dotados de um sistema de sucção.

3.2.2 Resíduos de Construção e Demolição

Segundo PINTO (1995), cerca de 64% do resíduo em um canteiro de obras é formado por argamassa, 30% por elementos de alvenarias de vedação (tijolos, telhas e blocos) e 6% por outros materiais como concreto, pedra, areia, metais e plásticos. A Tabela 6 apresenta a composição média dos resíduos de construção avaliados por PINTO (1995).

Na Europa Ocidental, a quantidade de resíduos de construção civil alcança 0,7 t a 1 t por habitante por ano; nessa mesma região os resíduos sólidos municipais correspondem ao dobro desse valor (PERA, 1996).

Os dados de 1995 do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de Campinas (CAMPINAS, 1996 *apud* ZORDAN, 1997) indicaram que o município produzia perto de 1.800 t/dia de resíduos da construção civil e sua disposição era em “bota-foras”. Setenta por cento eram originados na construção e demolição e os 30% restantes em indústrias de outros gêneros.

TABELA 6 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO.

ELEMENTO	% (em massa)
Argamassas	63,67
Tijolos maciços	17,98
Telhas, lajotas, etc.	11,11
Concreto	4,23
Bloco de concreto	0,11
Ladrilhos de concreto	0,39
Pedras	1,38
Cimento-amianto	0,38
Solo	0,13
Madeira	0,11
Papel e matéria orgânica	0,20

Fonte: PINTO (1987) *apud* PINTO (1995).

PINTO (1999) *apud* JOHN & AGOPYAN (2000) estimou que nos municípios brasileiros de médio e grande porte, a massa de resíduos produzidos pela construção civil varia de 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos. E as estimativas para cidades como Jundiaí, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista variaram entre 230 kg/hab.ano até 760 kg/hab.ano, com uma média de 510 kg/hab.ano. Para BRITO (1999), a estimativa de resíduos produzidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo tá de aproximadamente 280 kg/hab.ano. Projeções do IBGE mostram que cada habitante, em média, geraria anualmente 0,51 t destes resíduos, o que significa que o volume de entulho no Brasil seria da ordem de 92 milhões de toneladas/ano. A Figura 4 apresenta este tipo de resíduos.



FIGURA 4 ENTULHOS

Na Tabela 7 apresenta-se uma estimativa, por JOHN & AGOPYAN (2000), da geração de resíduos de construção civil em diversos países.

O entulho, como conjunto de fragmentos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção e/ou demolição de estruturas, prédios, residências, pontes, etc., compõe-se, deste modo, de restos e fragmentos heterogêneos.

Nas usinas de reciclagem, podem-se obter agregados, basicamente, envolvendo uma seleção e trituração em equipamentos apropriados. Na seleção ou no processo de triagem, os resíduos recicláveis encontrados para a produção de agregados, são os materiais compostos de cimento, cal, areia e brita, argamassa, blocos de concreto, além dos materiais cerâmicos, telhas, manilhas, tijolos, azulejos. Os materiais não-recicláveis do processo, como metais, madeira, vidro,

entre outros deverão ser dispostos ou encaminhados para outros usos. Nos processos de triagem, espera-se evitar sua "contaminação" e não misturá-los com resíduos orgânicos.

TABELA 7 – ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.

País	Quantidade Anual		Fonte
	Mton/ano	Kg/hab.	
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 – 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	
Itália	35-40	600-690	
Alemanha	79-300	963-3658	
Japão	99	785	KASAI (1998)
Portugal	3,2	325	EU (1999)
Brasil	Na	230-660	PINTO (1999)

Fonte: JOHN & AGOPYAN (2000),

A fabricação dos agregados de diferentes tamanhos e obtenção de areias, por exemplo, entre outros, permite fazer da reciclagem um grande negócio para a construção civil. Geralmente, têm-se um equipamento de trituração, elementos magnéticos para separar o aço, correias transportadoras, etc. A granulometria do agregado é estabelecida na trituração e sua qualidade dependerá basicamente da composição do entulho.

São aplicadas normas técnicas tradicionais utilizadas para agregados para concreto e argamassa, e os agregados reciclados, algumas vezes, não atendem aos valores limites

especificados. Por esta razão, é recomendado para estes últimos, usos não-estruturais. Pela sua estrutura porosa, os agregados reciclados apresentam maior absorção de água do que os naturais (ZORDAN, 1997). O entulho é classificado, de acordo com a matriz predominante, em cerâmico ou concreto.

Segundo ÂNGULO (2005), na definição de RCD (resíduos de construção civil) estão incluídos todos e quaisquer resíduos provenientes desta atividade, seja de construção ou demolição, com presença ou não de solos ou vegetação. Os resíduos de concreto (RC) incluem os rejeitos de demolição de estruturas de concreto, resíduos de usinas de fabricas de elementos pré-moldados, concretos pré-misturados, pavimentos de concreto, entre outros.

Segundo Resolução 307 do Conselho do Meio Ambiente - CONAMA (Brasil, 2002), prevê-se a responsabilidade dos municípios na elaboração do plano de gestão destes resíduos, já que são notórios os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde da população pela falta do mesmo.

CASSA *et al.* (2001) analisaram as características do agregado reciclado do entulho de Salvador, obtendo a seguinte composição: 72% de restos de concreto, argamassa, cerâmicos e rocha e 22% de solo e areia. Verificaram-se uma predominância de pedregulho, uma fração significativa de areia grossa, média e fina e pouca argila e silte. O agregado miúdo apresentou a seguinte distribuição granulométrica: 10% de areia média, 72% de areia fina, 16% de argila e 2% de silte. O agregado graúdo era constituído principalmente de pedregulhos não laminares, com formas irregulares e textura mais áspera e porosa do que o tipo graúdo convencional. Os agregados apresentaram características de alta absorção de água em relação aos convencionais: os valores obtidos foram da ordem de 10,4% e 8,2% para agregado reciclado graúdo e miúdo, respectivamente, sendo a faixa de valores para agregados naturais de 0,2 % a 3,4%. As impurezas orgânicas apresentaram-se com teores em quantidade inferior àquela dos materiais naturais da região e a ausência de nitratos na composição mineral dos agregados indicou que os resíduos não continham rejeitos sanitários.

3.2.3 Cimento

Em muitas obras da construção civil e na elaboração de elementos de alvenarias tipo concreto, é muito usado comercialmente o cimento Portland Extra Forte CPV-ARI. Com boa mistura, os elementos de alvenarias podem ganhar resistência inicial proporcionada pelo CPV após menor tempo de cura.

Segundo MARTINS *et al.* (2006), observa-se que as composições com cimento CPV ARI PLUS apresentaram melhores valores de resistências à compressão, em relação aos resultados de outras composições. E essa melhor performance está evidenciada pelas características físico-químicas de finura e teor de insolúveis.

Na Tabela 8 apresenta-se a caracterização do cimento Portland CPV ARI PLUS na proporção em massa, a composição potencial, o tempo de pega da pasta de cimento, segundo a NBR 11581 – MB 3434 (Brasil, 1991) e a massa específica.

TABELA 8 - CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND CPV ARI PLUS

Composição do Cimento – Proporções (%/M. De Cimento)

Clinker	90.6
Sulfato de Cálcio	6.0
Calcário	3.4
Finura Blaine (cm ² /g) NBR 7224	4650

Composição Potencial	(%)
C ₃ S	56.7
C ₂ S	11.7
C ₃ A	8.1
C ₄ AF	9.5

Tempo de pega da Pasta de Cimento – NBR 11581 – MB 3434

Temperatura (°C)	25
Rel. a/c (MB 3433)	0.29
Início de pega (min)	116
Fim de pega (min)	256

Massa específica (g/cm³) NBR 6474 = 3.1

Fontes: Holcim Brasil S:A. e Companhia de Cimento de Riberao Grande; apud MAZZEO (2003).

3.3 Tecnologias de Fabricação

3.3.1 Elementos de Alvenarias Tipo Solo-Cimento

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland o solo-cimento “é o material resultante da mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água em proporções adequadas”. O produto resultante “é um material com boa resistência à compressão, bom índice de

impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade”. Dos materiais, o solo é o elemento mais utilizado para sua obtenção e o cimento colocado para estabilizá-lo varia de 5% a 10% do total, o qual confere as propriedades de resistência no composto.

Os solos mais apropriados são os que possuem teor de areia entre 45% e 50%, limitando-se o uso para os que contêm matéria orgânica ao composto.

Segundo CASSA *et al.* (2001), na década de 1950, o pesquisador colombiano G. RAMIREZ, residindo no Chile, criou uma prensa manual para a fabricação de tijolos, que passou a ser conhecida mundialmente como prensa CINVA-RAM. A prensa fazia uso do material na forma comprimida, fabricando um tijolo por vez, e a Associação Brasileira de Cimento Portland realizou trabalhos utilizando a técnica, desenvolvendo uma prensa para essa atividade. O equipamento molda três tijolos ao mesmo tempo, mas não consegue dar uma pressão uniforme aos elementos de alvenaria. A pressão alcançada por esta prensa é de cerca de 2 MPa.

CASSA *et al.* (2001), com relação ao tipo de solo, consideraram as seguintes quantidades desejáveis para a fabricação dos elementos de alvenaria solo-cimento: 10% a 20% de argila, 10% a 20% de silte e 50% a 70% de areia. A areia apresenta grãos finos de 0,05 mm a 0,25 mm, mas para solos muito argilosos, com limites de liquidez e plasticidade altos, para adequá-los, deve-se maturá-los com areia em proporção adequada. Não é recomendável o uso do solo da camada superficial do terreno, por conter material orgânico, raízes ou pedras. Com relação à cor, consideram-se ideais os vermelhos ou amarelos. No caso de solo ácido, para neutralizá-lo, recomenda-se a correção com cal.

O tipo de prensa usada na fabricação determina a resistência dos elementos de alvenaria, considerando-se as hidráulicas melhores pelo fato de aplicar pressões maiores. O autor também apresentou a avaliação do uso do agregado miúdo em tijolos de solo estabilizado com cimento, sendo a granulometria e a plasticidade os critérios para seleção de solo e a proporção. Na Tabela 9 apresentam-se as características dos solos adequados para a fabricação de tijolos e blocos de solo-

cimento, segundo CASSA *et al.* (2001), baseado na NBR 10832 (Brasil, 1989) e NBR 10833 (Brasil, 1989) da ABNT.

TABELA 9. REQUISITOS DO SOLO PARA FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA SOLO-CIMENTO.

Característica	Requisitos (%)
% passando na peneira 4 (4,8 mm)	100
% passando na peneira 200 (0,075 mm)	10 a 50
Limite de liquidez	≤ 45
Limite de plasticidade	≤ 18

Fonte: CASSA *et al.* (2001).

Em relação à granulometria, os solos arenosos são os mais adequados para estabilização com cimento, segundo a ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland (1998).

Segundo o CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (1984), é importante considerar que o consumo do estabilizador, o cimento, depende do tamanho dos grãos do solo e da sua uniformidade; a existência de grãos maiores (areia grossa e pedregulho) é benéfica, pois esse material atua como enchimento, liberando uma maior quantidade de cimento para ligar os grãos menores, uma vez que se deve ter um teor menor de fração fina, pois a resistência é devida à coesão da fração compactada. Os limites de liquidez e de plasticidade são as variáveis que melhor expressam as condições de trabalhabilidade do solo, gerando, com o aumento dos valores desses limites, maior dificuldade no destorroamento, mistura e secagem.

O CEPED também realizou ensaios com amostras de solos laterítico e saprolítico e agregado miúdo da Região Metropolitana de Salvador. Na Tabela 10 apresentam-se as características dos solos e do agregado; fazendo-se a seleção do solo laterítico, por atender aos critérios já apresentados na Tabela 9. No estudo, determinou-se a melhor proporção cimento: solo,

sendo neste caso de 12%. Todavia, não foram fabricados os tijolos prensados com agregado e o solo laterítico, já que a mistura diminuiu significativamente a quantidade de material fino, responsável pela resistência inicial necessária para o manuseio dos elementos de alvenaria recém-moldados. Tentou-se modificar tal comportamento com a adição de cal e a solução tornou-se economicamente inviável, pois a quantidade desta, da ordem de 10%, aumentaria consideravelmente o custo do material.

TABELA 10. CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS E DO AGREGADO MIÚDO. REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR.

Propriedade		Solo laterítico	Solo saprolítico	Agregado Miúdo
Composição Granulométrica				
Pedregulho (%)		0	0	0
Areia (%)	grossa (%)	2	0	0
	média (%)	25	9	10
	fina (%)	53	23	72
silte (%)		1	33	2
argila (%)		19	35	16
% do material que passa				
Na peneira 4 (%)		100	100	100
Na peneira 200 (%)		20	68	18
Limite de liquidez (%)		20	62	NL
Limite de plasticidade (%)		15	42	NP
Massa específica (g/cm³)		2,55	2,60	2,59
Compactação				
massa específica máx. (g/cm³)		1,83	1,38	1,86
umidade ótima (%)		9,3	21,6	13,8

Fonte: CASSA *et al.* (2001).

Ainda que existam solos que não permitem a produção de tijolos prensados, pela sua distribuição granulométrica, existe a possibilidade de misturá-los a outros materiais para obtenção de uma boa combinação. Os autores adicionaram ao solo saprolítico, com maior teor de finos,

diferentes volumes de agregado, obtendo misturas com características adequadas à fabricação dos elementos de alvenaria.

A prensa manual possui estrutura robusta, com articulações com rolamentos, evitando o “desgaste” natural e mantendo a precisão dos tijolos fabricados. Os moldes são fixados com parafusos, que permitem sua substituição. Em algumas prensas consegue-se fazer dois ou três tijolos por ciclo, e com simples troca de ferramentas, pode-se fazer tijolos sem furo, convencionais ou modulares com furos na sua estrutura, mantendo a qualidade dos produtos.

Usando a mistura apropriada, os produtos poderiam sair com um custo relativamente baixo. Recomenda-se, de forma geral, o uso, em volume, de sete a dez porções de solo arenoso peneirado, uma porção de cimento e água na quantidade em que atinja uma umidade ótima (equivalente a 5% de umidade). Testa-se simplesmente comprimindo uma amostra da mistura em uma das mãos; se os dedos deixam marca bem definida na massa, considera-se a umidade adequada; se houver um esfarelamento, a umidade é insuficiente (secura do solo) e se a marca é muito compacta e a mão fica molhada, a umidade é excessiva. Após sua fabricação, os tijolos devem ser empilhados, pulverizando água sobre os mesmos, mantendo-os úmidos, com cura total de sete dias, no mínimo.

Para “blocos vazados de solo-cimento sem função estrutural”, padronizados segundo a NBR 10834 (Brasil, 1994), tem-se as seguintes condições:

- As dimensões nominais que os blocos devem ter estão definidas na NBR 10835 (Brasil, 1994);
- Os blocos não devem apresentar fissuras ou fraturas e ter arestas vivas;
- Com relação à resistência a compressão, a amostra ensaiada deverá estar de acordo com a NBR 10836 (Brasil, 1994) e apresentar, em média, valores iguais ou maiores de 2,0 MPa e valores individuais iguais ou maiores que 1,7 MPa;
- Para o caso da absorção de água, segundo a mesma norma, deve apresentar a média dos valores igual ou menor que 20% e valores individuais iguais ou menores que 22%, aos 28 dias de idade.

Segundo a NBR 8491 (Brasil, 1984), estão fixadas as exigências para tijolos maciços de solo-cimento. Define-se “tijolo maciço de solo-cimento” como o elemento de alvenaria cujo volume não é inferior a 85% de seu volume total aparente e constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos em proporções que permitam atender à mesma.

Na amostragem, dever-se-á retirar, para cada 25.000 ou fração superior a 10.000 tijolos, uma amostra de treze unidades, determinando-se a resistência à compressão e a absorção de água.

As dimensões nominais dos tijolos deverão ser de:

- Tipo I, quando apresentam 20 cm de comprimento, 9,5 cm de largura e 5 cm de altura.
- Tipo II, aqueles que apresentam 23 cm de comprimento, 11 cm de largura e 5 cm de altura.

A precisão deve ser verificada na escala de milímetro, sendo a tolerância permitida de até ± 3 mm.

3.3.2 Elementos de Alvenarias Tipo Concreto

A mistura de agregados graúdos, miúdos de diferentes granulometrias (areias finas e/ou grossas) e um percentual de cimento e água deu origem à fabricação de elementos de alvenaria “tipo concreto”, com a ajuda de prensas manuais ou pneumáticas. A mistura deverá ser constituída de cimento Portland, agregados e água; sendo que o cimento usado deverá obedecer às especificações brasileiras quanto à preparação de concretos e argamassas. Após a mistura, o concreto deve possuir plasticidade adequada para o manuseio, transporte e lançamento em fôrmas, possuindo coesão e resistência com o passar do tempo. É aceito o uso de aditivos; e eles não deverão acarretar efeitos prejudiciais, o que poderá ser comprovado através de ensaios.

Devem-se avaliar as propriedades de cada uma das matérias-primas componentes e os fatores que podem alterá-las; proporcionar corretamente e executar uma perfeita mistura, além de controlar a fabricação dos elementos de alvenaria e seu endurecimento.

Os agregados naturais usados para elaboração de elementos de alvenaria são avaliados segundo algumas normas técnicas da ABNT. Eles devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, duráveis e limpos e não deverão conter substâncias de natureza e em quantidade que possam comprometer a hidratação e o endurecimento do cimento; não poderão afetar a proteção das armaduras contra a corrosão e a durabilidade. Além disso, não deverão danificar o aspecto visual externo dos elementos de alvenaria do concreto. Segundo DE ALMEIDA (2002), eles não devem ter impurezas (terra e argila) e outros elementos prejudiciais. Poderão ter, no máximo, 0,02% de cloretos e 1% de sulfatos. O açúcar é especialmente perigoso, porque impede a pega do cimento.

Na norma NBR 7211 (Brasil, 1983), apresentam-se as especificações para “agregados de concreto” e foram adotadas as seguintes definições:

- O agregado miúdo é toda areia de origem natural ou resultante de britagem de rochas estáveis, ou mistura delas, cujos grãos passam pela peneira de malha 4,8 mm e ficam retidos na peneira de malha 0,075 mm.

- Agregado graúdo é a brita proveniente de rochas estáveis ou pedregulho, ou mistura deles, devendo os grãos passarem pela peneira de malha quadrada com abertura de 152 mm e ficarem retidos na peneira de malha 4,8 mm.

Nesta norma, fixam-se as características mínimas na recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos, de origem natural. Os agregados podem-se encontrar fragmentados ou serem resultantes da britagem de rochas, sendo seu destino a produção de concretos. Segundo esta norma, poderão ser utilizados, desde que se demonstre mediante sugestão baseada em estudos experimentais, que se pode produzir concreto de qualidade satisfatória. Refere-se aos agregados

sobre os quais não existem antecedentes de mau comportamento ou que vão ser utilizados pela primeira vez. Também estão incluídos aqueles que preencham essas condições, e onde os naturais não sejam economicamente viáveis.

A granulometria dos agregados miúdos deve cumprir os limites ali recomendados e podem ser empregadas areias cuja granulometria não se enquadre em uma delas (muito fina, fina, média ou grossa).

Aplica-se a NBR 6467 (Brasil, 1987) para ponderar a variação do volume aparente, provocada pela absorção de água livre pelos grãos do agregado. Nesta, define-se o quociente de inchamento entre o volume úmido (V_h) e o volume seco (V_o) de uma mesma massa de agregado a ser avaliado, como:

$$V_h / V_o = [r^s (100 + h)] / [r^h (100)]$$

Onde,

r^s = massa unitária do agregado seco em estufa, em kg/dm^3 ;

r^h = massa unitária do agregado com h% de umidade, em kg/dm^3 ;

h = teor de umidade do agregado, em %.

Na norma NBR 9777 (Brasil, 1987), pode-se avaliar o valor da absorção de água em agregados miúdos, nas condições saturada e superfície seca, segundo a expressão:

$$A = [(P_1 - P_2) / P_2] \times 100$$

Onde:

A = a absorção do agregado miúdo na condição saturada, em %;

P_1 = massa da amostra na condição saturada, em %;

P_2 = massa do material seco em estufa (105 °C a 110 °C).

Os resultados individuais obtidos não devem diferir entre si em mais de meia unidade percentual.

A NBR 7218 (Brasil, 1987) apresenta o método de determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis, eventualmente presentes nos agregados, definidos como todas as partículas presentes nos agregados suscetíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador. A NBR 7219 (Brasil, 1987) apresenta o método de determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados destinados à produção de concreto. Tem-se definido esse material como as partículas minerais com dimensão inferior ou igual a 0,075 mm, solúveis em água. O teor destes materiais é obtido pela diferença entre as massas da amostra antes (M_i) e depois da lavagem (M_f) e expresso em porcentagem da massa da amostra ensaiada.

$$\text{Teor de materiais pulverulentos} = [(M_i - M_f) / M_i] \times 100 \quad (\%)$$

O resultado é obtido pela média aritmética das duas determinações e sua diferença deve ser menor que 0,5% para os grãos e 1,0% para os miúdos.

A NBR 7220 (Brasil, 1987) prescreve o método de determinação colorimétrica de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo destinado ao preparo do concreto, comparando os resultados avaliados com uma solução padrão.

Complementarmente, as normas técnicas que definem os blocos “tipo concreto”, consideram outras exigências, como:

- Os blocos para execução de alvenarias modulares, ou seja, modulares com dimensões coordenadas, com dimensões múltiplas do módulo $M = 10$ cm.
- A área líquida para este elemento de alvenaria é igual ou inferior a 75% da área bruta; sendo esta a da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios, e a líquida, a média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as máximas dos vazios.

As dimensões coordenadas são múltiplas do módulo $M = 10$ cm ou de submódulos $M/2$ e $M/4$, diminuídas de 1 cm, que obedece a espessura média da junta de argamassa; sendo o bloco vazado modular de concreto aquele cujas medidas são determinadas para ocupar um espaço modular. Dentre as dimensões padronizadas, está a M-15 (15x20x40) de 140 mm de largura, 190 mm de altura e 390 mm de comprimento; as paredes tem espessura mínima de 25 mm; a dimensão do furo não pode ser menor ou inferior a 8 cm; sendo que os elementos de alvenaria devem oferecer aspecto homogêneo, compactados e sem trincas, não se permitindo pinturas que os ocultem. As tolerâncias admitidas na fabricação são de +2 mm e -5 mm, ou seja, estas dimensões deverão ser verificadas com precisão de 0,5 mm e as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos serão de + 3 mm e -2 mm, sendo que a espessura mínima de qualquer parede de bloco deverá ser de 15 mm.

Em geral, as dimensões reais que os blocos modulares e submodulares devem atender são: em cm, de largura 19,14 ou 9; de altura 19, para todos; e de comprimento 39, 34, 29, 19, 14 ou 9. A sua designação para blocos de 20 cm nominais é M-20; para os de 15 cm M-15; e para os de 10 cm, M-10.

Os blocos devem ser produzidos e curados por processos que garantam a resistência de um concreto homogêneo, capaz de atender as normas e manipulações normais nas obras da construção civil: sem arestas vivas, isto é, sem trincas, fraturas ou defeitos que danifiquem a cura, assentamento, resistência e durabilidade da edificação.

Os que recebem revestimento, classe especial rústica (BE), podem oferecer superfícies homogêneas e ásperas para promover a colagem do mesmo. Neste caso, não é permitido pinturas que ocultem defeitos existentes. Os de classe para alvenaria aparente ou lisa (AE), que não têm programado revestimento, não devem apresentar defeitos nas faces expostas, pequenas imperfeições, trincas ou lascas.

Nos blocos, conforme a NBR 7173 (Brasil, 1982), recomenda-se que a espessura das paredes externas apresentem o valor de e (cm), e as espessuras das paredes internas apresentem o valor de $2e$, nos quais os furos devem se alinhar segundo a mesma vertical.

Segundo as normas, devem ser amostrados 12 blocos para lotes de fabricação até 10.000 unidades; dos quais 6 serão para ensaios de compressão, 3 para ensaios de retração e 3 para ensaios de absorção, massa específica, umidade e área líquida.

No caso dos “blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural”, estes estão padronizados para serem empregados na construção coordenada modularmente, segundo a NBR 5712 (Brasil, 1982) e suas especificações estão dadas na NBR 7173 (Brasil, 1982). Como normas complementares, tem-se a NBR 7184 (Brasil, 1982) - blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural – Determinação da Resistência à Compressão (método de ensaio) e a NBR 7211 (Brasil, 1983) - Agregados para concreto: especificações. Os agregados podem ser areia e pedra, de acordo com a NBR 7211, ou escórias de alto forno, cinzas volantes, argila expandida ou outros agregados leves que satisfaçam especificações próprias a cada um desses materiais.

De acordo com NBR 7184, os blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural devem atender os seguintes limites:

- resistência à compressão (valores mínimos),
média 2,5 MPa ;
individual.....2,0 MPa;
- umidade, considerando que no momento do teste não deverão apresentar umidade superior a 40% da quantidade de água fixada como absorção máxima;
- absorção (valores máximos), avaliando que os ensaios não serão necessários quando os blocos destinarem-se à execução de alvenarias não expostas às intempéries ou umidade.
média 10% ;
individual 15% ;

Os “blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural” devem atender a NBR 6136 (Brasil,1994), sendo confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, incluindo ou não outros materiais, sendo destinados à execução de alvenaria estrutural.

Estes blocos deverão ser submetidos aos ensaios conforme a NBR 7184 (resistência a compressão), NBR12117 (retração por secagem) e NBR 12118 (absorção de água, teor de umidade, e área líquida); sendo que a absorção de água determinada, em qualquer dos blocos ensaiados, seja do tipo AE ou BE, deve ser menor ou igual a 10% e sua retração por secagem deve ser menor ou igual a 0,065%.

A NBR 7184 prescreve o método de determinação da resistência à compressão em corpos-de-prova feitos em laboratório, os quais devem ser medidos com precisão de 0,5 mm. A área bruta do corpo-de-prova é calculada com o valor médio das dimensões totais da seção de trabalho, sem desconto das áreas de furos ou reentrâncias. O valor médio de cada dimensão é o resultado da média de, pelo menos, três determinações executadas em pontos distintos: um em cada extremidade e um no meio.

O valor da resistência à compressão dos corpos-de-prova, expressa em MPa, será obtido a partir da razão entre a carga máxima (em Newton) observada durante o ensaio, pela média das áreas das duas faces de trabalho (sem desconto das áreas dos furos e reentrâncias, em milímetros quadrados).

Outra avaliação a ser feita nestes elementos de alvenaria é o “Teste de Durabilidade”, de acordo com a norma da American Standard ASTM C2216-80 - Water content as a percent of dry weight (EPA, 1980). O teste avalia a “resistência do elemento de alvenaria, mostrando como a mistura de seus materiais deteriora-se com as mudanças do clima no ambiente onde estão sendo usados”. Estabelece parâmetros que representam as condições naturais, ponderando a resistência e o deterioramento das amostras escolhidas, após um processo de congelamento e descongelamento e umedecimento e secagem.

ZORDAN (1997), após a análise dos agregados reciclados na confecção de concreto não estrutural, recomendou que se deve estudar a durabilidade do concreto confeccionado através de diferentes composições de proporções e relações água/cimento. Segundo DE ALMEIDA (2002), a durabilidade é um fator que têm influência na qualidade do concreto, dependendo da qualidade dos materiais e de seu proporcionamento adequado (quantidades: de cimento, agregados e água), além da manipulação apropriada, mistura, transporte, lançamento nas fôrmas, adensamento correto e cura cuidadosa.

Para ÂNGULO (2005), a durabilidade está restringida nos usos do concreto, além disso, a norma brasileira não exige teste de reatividade para concretos com resistência mecânica de até 15 MPa. Consideram-se que eles sejam porosos o suficiente para acomodar os produtos expansivos e também influenciar nas propriedades mecânicas do concreto, principalmente em determinadas faixas de porosidade, determinando inclusive sua durabilidade e comportamento reológico pela falta de água absorvida pelo agregado quando não se teve pré-saturação.

Segundo SALES & CORDEIRO (2001) *apud* HOPPEN *et al.* (2003), substituindo parte do agregado miúdo na fabricação do concreto com lodo de ETA, os valores obtidos nas avaliações de resistência e absorção, indicaram que poderiam ser usados em aproveitamento não-estrutural, satisfazendo o desempenho mecânico e à durabilidade, além da redução de matérias-primas naturais, como areia e agregados.

CORDEIRO (2000; 2001) e SALES & CORDEIRO (2001) *apud* HOPPEN *et al.* (2003), no estudo da incorporação do lodo centrifugado de ETA em matriz de concreto, enfatizaram a preparação com o material alternativo na produção de contrapiso, argamassas para assentamento de elementos de alvenarias e confecção de blocos de concreto não-estrutural, observando a factibilidade nos ensaios de resistência à compressão e absorção, atendendo o mínimo inerente ao desempenho mecânico e à durabilidade. Além da redução de matérias-primas naturais, como areia e pedra brita, HOPPEN *et al.* (2003) afirmaram que ocorreu um aumento no teor de absorção de

água no concreto com 3% de lodo, minimizando a durabilidade nos ambientes agressivos, pois a norma NBR 8452 (Brasil, 1998) limita a absorção do concreto a 6%.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo: Município de Campinas

Aspectos Gerais da Cidade

A Cidade de Campinas ocupa uma área de 800 km² e possui quatro distritos: Joaquim Egídio, Sousas, Nova Aparecida e Barão Geraldo (no qual se situa a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP).

O município e a Região Metropolitana de Campinas - RMC alcançaram, nas últimas décadas, elevado grau de desenvolvimento industrial, agrícola, comercial e de serviços, constituindo-se em destacado pólo científico, tecnológico e cultural do País. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000), a população do município alcançou 968.921 habitantes, dos quais 98,34% viviam na área urbana.

O acelerado processo de urbanização da RMC na última década trouxe problemas de infraestrutura e ambientais de difícil solução: elevado *déficit* habitacional, desemprego, pobreza, favelas, violência urbana e poluição.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Campinas - PMC e Associação Comercial e Industrial de Campinas (PMC, 2007), o município tem um *déficit* habitacional da ordem de 40.000 unidades e uma taxa de desemprego na ordem de 16,6%. Mais de 150 mil pessoas ainda vivem em

informalidade territorial na cidade, em favelas, ocupações ou núcleos habitacionais sem infraestrutura. Destas, 4 mil famílias estão em áreas de risco e mais de 800 em risco iminente.

Segundo o COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ (2000), o Município está inserido nestas bacias, que tem hoje restrita disponibilidade hídrica, considerada insuficiente para atender às múltiplas demandas da população existente. O desenvolvimento tecnológico e econômico da RMC trouxe consigo a produção de uma grande quantidade de resíduos, tanto nos pólos tecnológicos de produção como de prestação de serviços, incrementando a poluição das bacias hidrográficas, tornando-as economicamente de alto custo de recuperação. Os mananciais superficiais da região apresentam-se com qualidade comprometida pelos lançamentos quase *in natura* de esgoto doméstico, resíduos sólidos e pelo escoamento superficial das áreas rurais.

Segundo o Plano Diretor de Tratamento de Esgoto, o índice de atendimento deve ser de 70% com a construção das novas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's); o sistema de coleta e afastamento atende, atualmente, 88% da população, por meio de 210 mil ligações e 3112 quilômetros de redes, interceptores e emissários (SANASA, 2007).

Abastecimento de Água e Produção de Lodo

Segundo a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. – SANASA (2007), o sistema de fornecimento possui capacidade de captação de 4,0 m³/s (95% proveniente do rio Atibaia e 5% do rio Capivari) e trata em média 2,9 m³/s, para atender com água potável encanada 98% da população urbana, cerca de 750.000 habitantes do Município, através de cinco ETAs, todas elas de tipo convencional (com água captada no rio Atibaia, estão as ETAs 1, 2, 3 e 4 e ,com água proveniente do rio Capivari, a ETA 5). As ETAs têm capacidade de produção de até 4,5m³/s. O volume médio mensal produzido é da ordem de dez milhões de metros cúbicos, transportado por mais de 3200 quilômetros de adutoras e redes de distribuição e armazenado em 60 reservatórios

dispersos pela cidade (28 elevados e 32 semi-enterrados) com capacidade total de 120 milhões de litros. O município tem 210 mil ligações prediais.

Lodo dos Decantadores das ETAs

O objeto do presente estudo foi o lodo dos decantadores das ETAs 3 e 4. A seguir, apresenta-se uma descrição sucinta das mesmas:

Durante o período de estudo, após a captação, a água bruta era conduzida e recalçada por estações elevatórias até a entrada das ETAs 3 e 4. A água bruta recebia, dependendo da época do ano, carvão ativado em pó (CAP) para remoção de compostos orgânicos causadores de odor e sabor, ficando em pré-sedimentadores num tempo de contato determinado. Dali, a água era encaminhada por meio de canais à unidade de mistura rápida, onde era adicionado o cloreto férrico. Também era introduzida cal para elevar o valor do pH a 9 e 10, necessário para precipitar o ferro e o manganês. Em seguida, a água passava por três câmaras diferenciadas em seu gradiente de velocidade para floculação e era encaminhada aos decantadores para a sedimentação do lodo. Na ETA 3, os decantadores são convencionais com raspadores contínuos de lodo e, na ETA 4, do tipo laminar com sistema de *manifold* para remoção do lodo.

A água clarificada nos decantadores recebia intercloração (cloração antes da filtração) além do *breakpoint*, o qual era suficiente para a manutenção de residual de cloro livre; esta era encaminhada para os filtros rápidos por gravidade de leito filtrante de antracito e areia sobre camada suporte de pedregulho; os mesmos estão conectados por um sistema de interligação das duas ETAs, com um total de 16 (dezesesseis) filtros operados com taxa declinante. Uma vez filtrada, a água recebia amônia anidra para formação de cloraminas, além da adição de flúor. Para o sistema de lavagem dos filtros, são usados ar e água em contra-corrente; a água de lavagem era recirculada em sua totalidade, após equalização, para o início do tratamento.

Desaguamento do Lodo na Estação de Tratamento de Lodo – ETL

O lodo produzido nos decantadores das ETAs 3 e 4 era direcionado para tratamento na ETL. Estes apresentaram um teor de sólidos, a maior parte do tempo, na faixa de 0,3% a 0,7% (PEREIRA DA SILVA & ISAAC, 2002). A quantidade em massa, após desaguamento na ETL, estava estimada, por ocasião do projeto, em 68 t/dia, sendo admitido para fins desse cálculo um teor de sólidos de 40% (ISAAC, 2003). A Figura 5 apresenta a ETL - SANASA, Campinas.



FIGURA 5 ETL - SANASA, CAMPINAS, SP

A primeira unidade da ETL consiste de um tanque de equalização, com uma estrutura de concreto semi-enterrada, com um volume útil de 500 m³, dimensões de 10 m x 10 m com profundidade de 5,0 m; possui um extravasor, dois misturadores submersíveis e duas bombas centrífugas para a transferência de lodo aos adensadores. A capacidade de bombeamento é de 20,0 m³/h por conjunto e de 40,0 m³/h para operação em paralelo (em condições de máxima rotação, ou seja, 95% da nominal).

A unidade recebia o lodo das ETAs por gravidade. O adensamento era realizado também por gravidade, através de dois tanques circulares, com 15 m de diâmetro e 3,5 m de profundidade lateral cada um, com remoção mecânica de lodo. A alimentação de lodo equalizado se dava pela parte superior central e a retirada do lodo adensado, pelo fundo do tanque. O lodo não era condicionado antes do adensamento. O sobrenadante era recirculado até o início do tratamento de água, exceto em épocas de estiagem, quando ocorria um aumento da concentração de poluentes, era simplesmente direcionado ao rio Atibaia.

Após a etapa de adensamento, o lodo era condicionado com polímero e recalcado até as centrífugas do tipo *decanter*, com capacidade de 35,0 m³/h de lodo adensado, para atingir valores de teor de sólidos da ordem de 30%.

Entulhos da Construção e Demolição Civil

Os resíduos da construção civil e demolição foram estimados, segundo a PMC (2007), em 1200 t/dia; a maior parte é disposta na cidade, em áreas ilegais ou não licenciadas, lançado em matas ciliares, corpos d'água, em bota-foras clandestinos e em terrenos baldios, causando assoreamento, enchentes e degradação das áreas urbanas e perda da qualidade de vida.

A cidade continua implementando o Plano Diretor para Resíduos de Construção Civil e Demolição para fazer dos resíduos um material reciclado, o que poderia fornecer à indústria da construção, uma grande diversidade de produtos agregados, entre pedrisco, brita e areia. A Lei Municipal Nº. 11.563, de 29 de maio de 2003, estabeleceu as atribuições das secretarias e departamentos, enfatizando para as Secretarias de Obras e Projetos e de Serviços Públicos, o dever de planejar, coordenar e implementar a política e as ações de limpeza urbana, abarcando a implantação e o gerenciamento das usinas de reciclagem de entulho, além da destinação adequada dos materiais obtidos. Hoje, a cidade conta com a URM (Unidade de Reciclagem de Materiais)

São Caetano, a qual processa 80 t/hora do material. Na Figura 6 apresenta-se a URM São Caetano, Campinas, SP.



FIGURA 6 URM SÃO CAETANO, CAMPINAS, SP.

Segundo a PMC (2007), os entulhos são inicialmente coletados numa grande área, onde são conduzidos ao processo de triagem, que era feito por uma cooperativa de trabalhadores. Ali, fazia-se a separação de madeira, papelão, alumínio, ferro, cobre, antimônio, plásticos e outros rejeitos.

Seguia-se o processo de classificação do material, primeiro separando-o em solos e areias, que eram usados nas coberturas de aterro sanitário, e depois a parcela de materiais grosseiros era classificada, visualmente, em matrizes cerâmica, de concreto e de pavimento, para depois serem submetidas ao processo de britagem, num equipamento de trituração, com capacidade de 80 t/hora.

Dos materiais de concreto, eram gerados agregados como a pedra britada, areia e pó de pedra; dos materiais cerâmicos e argamassa, as britas leves, areia e pó; dos materiais provenientes da fresagem do pavimento e demolições, as pedras, pedriscos e pó.

4.2 Matérias-Primas dos Blocos e Tijolos

Os materiais utilizados na fabricação de blocos e tijolos foram, além de cimento e água, o lodo desaguado na ETL das ETAs 3 e 4 pós-secagem em leito e agregado reciclado miúdo resultante do processamento de entulho da URM São Caetano.

4.3 Coleta e Preparação das Matérias-Primas

Quarteamento dos Materiais

Utilizou-se o procedimento definido na *NBR 9941* (Brasil, 1987), *para o quarteamento dos materiais*. Na Figura 7 apresenta-se o processo de quarteamento de materiais.

Quarteamento das Amostras de Lodo da ETL

Foi retirada uma amostra de aproximadamente 500 kg de lodo desaguado; da ETL piloto no início do estudo (estiagem) e da ETL da SANASA após começar operações (no período de chuva seguinte), do coletado na semana anterior e acondicionada em sacos plásticos. Estes foram transportados da SANASA, por camionete, até o Laboratório de Resíduos da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, LABRES-FEC. De cada um dos 20 sacos, de aproximadamente 25 a 30 kg, retirava-se aproximadamente 1 kg. As 20 alíquotas foram misturadas e dispostas numa área de 1,0 m². Esta foi dividida em 4 partes iguais, sendo descartadas duas partes localizadas em uma de suas diagonais. As restantes foram misturadas e o processo repetido até a obtenção de uma amostra representativa de, aproximadamente, 1,0 kg. O processo foi feito semestralmente num período de quase quatro anos.



FIGURA 7. PROCESSO DE QUARTEAMENTO DE MATERIAIS.

Quarteamento das Amostras de Agregado Reciclado

A URM é uma usina que gera vários tipos de agregados de diferentes granulometrias, obtidos usualmente a partir de matrizes à base de materiais cerâmicos e à base de concreto, muitas vezes misturados. Para a fabricação de blocos, os agregados foram obtidos a partir da britagem somente de materiais à base cerâmica, doravante denominados de “matriz cerâmica”; ou de materiais à base de concreto, denominados “matriz concreto”.

Para fabricação de tijolos, em vez dessas duas matrizes, foi composta uma terceira, “matriz misturada”, na proporção de 70% de matriz cerâmica e 30% de matriz concreto, que representa as quantidades em proporção relativas, processadas na URM.

No estudo, foram adotadas as seguintes siglas para o agregado reciclado dependendo de sua matriz:

Matriz Cerâmica = AG-CER-URM

Matriz Concreto = AG-CON-URM

Matriz Misturada = AG-MIS-URM

Foram coletados de cada matriz, aproximadamente 1.000 kg de agregado reciclado na URM, que foram transportados, até o LABRES-FEC. Inicialmente, foram submetidos a peneiramento em malha de diâmetro 4,76 mm (EB-22-Brasil, 1999). A parcela que passou foi misturada manualmente e disposta numa área de 3,0 m². Esta amostra foi quarteada segundo a metodologia descrita para o lodo, obtendo-se no final 5% da amostra inicial.

4.4 Caracterização dos Materiais

Para caracterização das matérias-primas foram determinados os parâmetros a seguir descritos.

4.4.1 pH

A determinação do pH é muito importante nas amostras de lodo e agregado reciclado, já que misturas muito ácidas reduzem o desempenho do cimento em sua função aglomerante ou na estabilização de partículas (MAZZEO, 2003).

Segundo CAMARGO *et al* (1986) *apud* MAZZEO (2003), o pH foi obtido em solução eletrolítica com 50g do material (lodo, agregado ou a mistura deles), passado pela peneira #10 da ABNT e submetido à agitação, numa rotação de 250 rpm e tempo de mistura de 30 min; para posterior repouso de, no mínimo, 20 min para fazer a medição. Considerou-se uma temperatura de 25 °C.

4.4.2 Teores de Umidade e de Sólidos

O teor de umidade assim como o de sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV) foram determinados pelo método gravimétrico (APHA; AWWA; WEF, 2000) para amostras coletadas no momento do uso. Neste momento, mediu-se, também, o teor de sólidos através de uma termo-balança, modelo IRP-150, marca ArtLab, provida de uma lâmpada de infravermelho. Compararam-se os resultados obtidos com as duas metodologias e como estes estavam bastante próximos, optou-se pelo uso da termo-balança e utilizou-se o seguinte procedimento: ligou-se o aparelho, introduziu-se a amostra sob incidência da lâmpada de infravermelho a 110 °C; após o sinal emitido, realizou-se a leitura direta do teor de umidade no visor do equipamento.

4.4.3 Granulometria, Limites de Atterberg e Massa Específica dos Grãos

A determinação da granulometria foi realizada através da norma NBR 7181 (Brasil, 1984) e a dos limites de liquidez e de plasticidade segundo o método do DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (Brasil, 1977). Na preparação das amostras, no laboratório, as mesmas foram secas em temperatura ambiente e destorroadas.

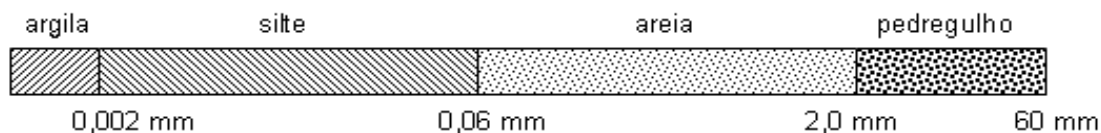
Nos ensaios para determinação de Limite de Liquidez, foram utilizados uma estufa de até 150 °C, uma balança com sensibilidade de 3 casas decimais, aproximadamente 50 cápsulas de alumínio com tampa de Ø 4 cm x 2 cm e um aparelho de Casagrande completo, com cinzel e calibrador. Na determinação de Limite de Plasticidade, foram empregados uma placa de vidro de superfície esmerilhada de 30 cm x 30 cm, um cilindro comparador de limite de plasticidade de 3 mm de espessura, uma espátula de aço e uma cápsula de porcelana de 500 mL.

Para obtenção da curva granulométrica, foi necessário um jogo de peneiras com aberturas de 2,0mm; 1,2mm; 0,6mm; 0,42mm; 0,30mm; 0,15mm e 0,075mm e fundo com tampa, um agitador e uma balança com capacidade mínima de 1,2kg.

Para a análise granulométrica conjunta, foi necessário um dispersor elétrico com hélice, provetas de 1000mL, um densímetro de bulbo de graduação de 0,001 com escala de 0,995 à 1,050 L, um termômetro de até 60°C, um cronômetro e o desfloculante (hexametáfosfato de sódio).

Na determinação da massa específica dos grãos, foram utilizados uma bomba de vácuo (38L/ min) e balões volumétricos de 500mL.

Na curva granulométrica, foi usada a escala adotada pela ABNT 6502 (Brasil, 1995), nomenclatura das partículas, segundo a Figura 8.



**FIGURA 8 ESCALA ADOTADA NA CURVA GRANULOMÉTRICA
ABNT 6502/95**

Fonte: http://www.geotecnia.ufjf.br/MECSOL/t10_granulometria.htm

Como a classificação granulométrica foi feita pelo comportamento do agregado e não pela predominância de grãos de um determinado tamanho, para auxiliar a identificação das características de uniformidade e graduação, foram definidos os seguintes índices, obtidos diretamente dos gráficos de resultados: o Diâmetro Efetivo (D10 ou DE), correspondente a 10% em massa total de todas as partículas menores, que fornece uma das informações necessárias para o cálculo da permeabilidade; D30 e D60, diâmetros correspondentes a 30% e 60% em massa total das partículas menores.

As duas matérias-primas foram caracterizadas quimicamente através da determinação dos teores de: Arsênio; Bário; Berílio; Cádmio; Chumbo; Cianeto; Cobre; Cromo Hexavalente; Cromo Total; Fenol; Mercúrio; Níquel; Selênio; Vanádio; Zinco; Compostos Orgânicos Voláteis (Clorometano; Cloreto de Vinila; Bromometano; 1,1-Dicloroetano; Cloreto de Metileno; Dissulfeto de Carbono; Trans-1,2-Dicloroetano; 1,1-Dicloroetano; 2-Butanona; Cis-1,2-Dicloroetano; Clorofórmio; 1,1,1-Tricloroetano; 1,2-Dicloroetano; Tetracloroeto de Carbono; Benzeno; Tricloroetano; 1,2-Dicloropropano; Bromodiclorometano; Cis-1,3-Dicloropropeno; Tolueno; 1,1,2-Tricloroetano; Tetracloroetano; Dibromoclorometano; Clorobenzeno; Etilbenzeno; m,p-Xilenos; o-Xileno; Estireno; Bromofórmio; 1,1,2,2-Tetracloroetano). Microbiologicamente foram caracterizadas para Coliformes Fecais, *Giardia sp.* e *Cryptosporidium sp.*

Estas determinações foram realizadas no Laboratório BIOAGRI, que utilizou metodologias analíticas constantes nas referências: Estados Unidos (1986), Brasil (1987a), Estados Unidos (1996b).

Além destes parâmetros, foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização das matérias-primas, segundo a NBR 10005 (BRASIL, 2004) e NBR 10006 (BRASIL, 2004), respectivamente.

4.5 Ensaios Preliminares

No início dos experimentos, a SANASA estava construindo a Estação de Tratamento de Lodo (ETL). Desta forma, foi montada uma Estação Piloto, em área anexa às dependências das ETAs 3 e 4, composta de uma unidade de adensamento por gravidade - um tanque com capacidade de 5 m³; uma centrífuga tipo *decanter* com capacidade hidráulica de 1.000 L/h; um dosador de polímero; painel de comando; bombas, tubulações, peças e órgãos acessórios. A Figura 9 apresenta uma fotografia da Estação Piloto de Tratamento de Lodos.

Operou-se esta instalação de modo intermitente (i.e., batelada), com lodos das ETA 3 e 4 totalmente misturados. Seu condicionamento químico era feito com polímero orgânico sintético de alto peso molecular.



FIGURA 9 ESTAÇÃO PILOTO DE TRATAMENTO DE LODOS

No início do estudo, o lodo procedente da ETL piloto tinha teor de sólidos inferior aos 25%. Como o conteúdo de água incorporada na massa era muito alta, não foi possível efetuar-se a moldagem dos tijolos. A revisão de literatura indica os leitos de secagem como unidades capazes de reduzir esta umidade. Assim, foi construído um leito no Laboratório de Resíduos da UNICAMP, LABRES-FEC. Este possuía três camadas: a primeira, preenchida com brita tipo 3 (diâmetro superior a 50 mm); a segunda, constituída de brita tipo 0 (diâmetros de 2,4 mm a 12,5 mm) e a última, com tijolos maciços (no formato 5 cm x 10 cm x 20 cm) e espessura das juntas de 1 cm. com areia fina (granulometria $> 1/16$ mm e $< 1/4$ mm). As dimensões do leito, em planta, foram de 243 cm x 370 cm. No Anexo 2 apresenta-se uma vista do leito de secagem, sua planta baixa e o corte transversal. A Figura 10 apresenta o Leito de Secagem do LABRES, da UNICAMP.

A metodologia adotada para se obter um maior teor de sólidos no lodo desaguado foi a seguinte:

- Após a produção do lodo por centrifugação na ETL piloto, o material ensacado foi transportado até a Unicamp e deixado próximo ao leito;

- Abriram-se os sacos plásticos contendo o lodo e despejou-se, manualmente, todo o material no leito. Uma lona plástica foi deixada ao lado, para proteger o lodo no caso da ocorrência de chuvas;
- Imediatamente após o lançamento do material, coletou-se uma amostra para verificação do teor de umidade;
- Durante duas semanas, em dias alternados, coletaram-se amostras de lodo para determinação do teor de umidade;
- Devido ao fato de o lodo não sofrer uma secagem homogênea no leito, revolveu-se o material a cada dois dias, de baixo para cima, da direita para a esquerda e vice-versa, de tal forma que ele permanecesse espalhado uniformemente no leito. Os “torrões” de lodo, formados na superfície do leito à medida que os dias passavam, foram desfeitos com o auxílio de uma pá, para que a secagem do material fosse mais rápida e eficiente;
- Após duas semanas, atingiu-se o teor de umidade desejado no lodo, em torno de 50%. Foram removidos folhas, insetos ou qualquer outro material estranho encontrado no lodo



FIGURA 10 LEITO DE SECAGEM, UNICAMP, CAMPINAS.

4.6 Metodologia de Fabricação dos Elementos de Alvenarias

O cimento usado na pesquisa foi o Portland Extra Forte CPV-ARI, tipo que é usado geralmente nas fábricas de blocos da região. Na fabricação dos elementos de alvenaria, procurou-se incorporar a máxima quantidade de lodo e minimizar a de cimento ($<10\%$), complementando as proporções das misturas com agregado reciclado miúdo das matrizes concreto e cerâmica.

Os materiais remanescentes do quarteamento das amostras de lodo e agregado reciclado foram utilizados na fabricação dos tijolos maciços de solo-cimento e blocos vazados de concreto simples, doravante denominados, respectivamente, de tijolos e blocos.

4.6.1 Fabricação dos Tijolos

Preparação das Matérias-Primas

Para avaliar a influência do teor de umidade do lodo na qualidade dos tijolos, o lodo foi submetido à secagem em estufa. Inicialmente, uma porção de aproximadamente 15 kg de lodo desaguado foi disposta em bandeja, e ali permaneceu por 48 h a temperatura ambiente (em torno de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), sendo revolvido após as 24 h iniciais. Em seguida, este foi introduzido na estufa a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde permaneceu por 24 h e, seqüencialmente, por igual período, a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, evitando-se assim a formação de uma crosta superficial que impedisse a secagem adicional. A amostra seca foi deixada em dessecador por 8 h. A umidade dessa amostra era inferior a 5,0%.

Determinação da Umidade Ótima

Ensaio de PROCTOR foram feitos no Laboratório de Solos da FEC, de acordo com a Norma da ABNT, NBR 7182 (Brasil, 1982), com o objetivo de determinar a umidade ótima, correspondente à máxima compactação, para cada proporção descrito na Tabela 11. Nos ensaios, foram feitas misturas no laboratório para avaliar essa umidade necessária; primeiramente, foi feita uma amostra composta das duas matrizes, concreto e cerâmica, na proporção de 70 % e 30 %, respectivamente, para avaliar a mistura com 5 % de cimento. Em seguida, foi avaliada uma amostra de cada matriz com 10 % de cimento.

Equipamentos e Materiais Utilizados

Os seguintes equipamentos e materiais do Laboratório de Materiais da FEAGRI foram usados para fabricação dos tijolos:

- Balança com capacidade de 150 kg;
- Conjunto de peneiras para determinação da granulometria das matérias-primas, lodo e agregado (2,00 mm e 4,76 mm).
- Máquina trituradora-destorroadora para desagregar o lodo desaguado antes de ser misturado com o agregado;
- Betoneira para mistura das matérias-primas (agregado, lodo e cimento) com água.
- Máquina manual para fabricação de três tijolos por vez.
- Ferramentas, vidrarias e materiais diversos: pás, enxadas, baldes de alumínio, bandejas de alumínio, carrinho de pedreiro e hidráulico, caixa com ferramentas para manutenção, prateleiras de madeira para guardar as diferentes amostras e bancada de trabalho.
- Equipamentos de segurança: capacetes para construção, sapatos de segurança com biqueira de aço, máscaras descartáveis e luvas, entre outros.

Na Figura 11 apresenta-se o equipamento para preparação de tijolos.



FIGURA 11 EQUIPAMENTO PARA PREPARAÇÃO DE TIJOLOS

Proporções Investigadas

Os elementos de alvenaria foram feitos com teor de cimento definido em 5 % e 10 %, com diferentes proporções de lodo em massa, equivalentes a 10 %, 15 %, 20 % e 25 %, complementando-se com agregado da amostra composta das duas matrizes, concreto e cerâmica, respectivamente, conformando a matriz AG – MIS – URM, segundo mostra a Tabela 11.

TABELA 11 - PROPORÇÕES LODO: AGREGADO RECICLADO: CIMENTO

Ensaio	ELEMENTOS DE ALVENARIA (%)		
	Lodo	Agregado	Cimento
T1	10	85	5
T2	15	80	5
T3	20	75	5
T4	25	70	5
T5	10	80	10
T6	15	75	10
T7	20	70	10
T8	25	65	10

Foram utilizadas quatro diferentes amostras de lodo para cada um dos ensaios discriminados na Tabela 11:

- lodo desaguado da ETL com 70 % a 80 % de umidade;
- lodo desaguado da ETL com 70 % a 74 % de umidade;
- lodo desaguado da ETL submetido a secagem complementar em leito, com 50 % de umidade;
- lodo desaguado da ETL submetido a secagem complementar em leito e em estufa com 0 % de umidade.

Procedimento

A massa total contida na betoneira (de cada proporção proposta) era de 50 kg. Com a massa assim obtida foram feitos tijolos no formato 20 cm x 10 cm x 5 cm, em prensa manual.

O procedimento para confecção dos tijolos foi o seguinte:

- pesagem das quantidades de agregado, lodo e cimento correspondentes a cada proporção desejado;
- adição, na betoneira, de metade da quantidade de agregado e total de lodo, até conseguir uma mistura homogênea;
- adição do restante de agregado e homogeneização;
- adição de cimento ;
- adição de água (baseado no ensaio de Proctor, descontada a umidade original do lodo) e mistura.

Os tijolos foram submetidos a processo de cura durante 28 dias para, posteriormente, serem testados quanto a sua qualidade mecânica.

4.6.2 Fabricação dos Blocos

Preparação das Matérias-Primas

As matérias-primas foram preparadas do mesmo modo utilizado na fabricação dos tijolos.

Determinação da Umidade Ótima

A umidade do bloco foi pré-estabelecida em 15%, segundo os ensaios de PROCTOR feitos no Laboratório de Solos da FEC, Norma NBR 7182 (Brasil, 1986).

Equipamentos e Materiais Utilizados

Todos os processos de preparação das matérias primas e a fabricação dos blocos foram feitos nos Laboratórios da UNICAMP e na Cooperativa Social COOPERBLOCOS. A produção de blocos foi feita na área da cooperativa social, que continha um galpão com área aproximadamente 100 m² para abrigar os equipamentos, um depósito de matéria-prima de 30 m², além de área de circulação externa. A Figura 12 apresenta a prensa pneumática para fabricação destes blocos.

Os equipamentos utilizados foram:

- uma balança com capacidade de até 150 kg;
- uma peneira de 4,76 mm, para garantir o tamanho desejado do agregado reciclado;
- uma peneira de 2,00 mm, para garantir o tamanho desejado dos grãos do lodo desaguado;
- uma máquina trituradora para destorroar o lodo antes de ser misturado com o agregado;
- uma betoneira para mistura das matérias-primas (agregado, lodo e cimento) com água;
- uma prensa pneumática para fabricação de três blocos por vez ;

- vidrarias, pás e carrinhos de pedreiro, baldes de alumínio, bandeja de alumínio, ferramentas diversas, prateleiras de madeira para guardar as diferentes amostras e bancada de trabalho, etc.;
- equipamentos de proteção individual: capacetes, sapatos com biqueira de aço, máscaras, luvas, etc.

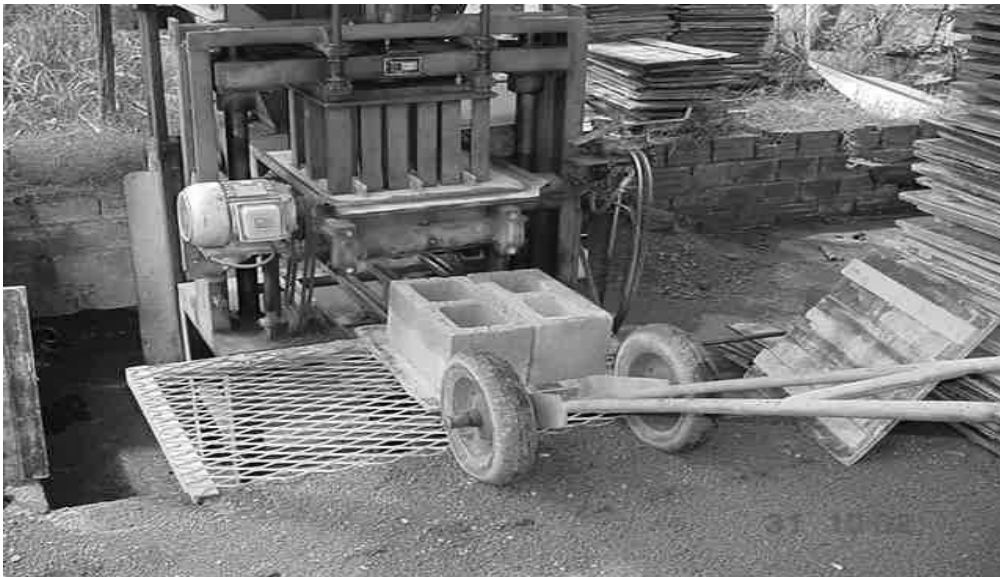


FIGURA 12 PRENSA PNEUMÁTICA PARA FABRICAÇÃO BLOCOS

Descrição da Metodologia Utilizada na COOPERBLOCOS

A cooperativa social COOPERBLOCOS atua na produção de blocos e lajotas para a área da construção civil. Atualmente, fabrica blocos tanto estruturais como de vedação, com acabamento rústico ou aparente, em diferentes tamanhos, definidos pelas normas técnicas ABNT.

Na preparação das misturas, as matérias primas usadas pela Cooperativa, o pó de pedra, a areia média, o pedrisco e o cimento - tipo Cimento Portland Extra Forte CPU-ARI, foram adquiridos comercialmente.

Um aditivo líquido é usado na fabricação de todos os blocos, e o mesmo é misturado diluindo uma parte em 200 partes de água. Tem por finalidade conferir maior plasticidade, impedir rachaduras e ajudar na compactação da massa. Não contém soda, diminui os tempos de secagem, padroniza o acabamento e pode reduzir os custos de cimento, diminuindo seu percentual. Segundo os fabricantes, este contém uma composição química heterogênea de dietanolamida de coco, dodecilbenzeno sulfonato de sódio, lauril éter sulfato de sódio e espessantes. Apresenta-se como líquido viscoso com pH na faixa de 8,0 a 9,0.

A fábrica produz blocos de dimensões 14 cm x 19 cm x 39 cm (selecionado para o estudo) e 19 cm x 19 cm x 39 cm. Destes elementos de alvenaria, consideram-se estruturais aqueles que têm paredes de 3,5 cm de espessura e de vedação os que têm 2,5 cm.

Os blocos do tipo aparente são obtidos a partir da mistura de 10 kg de cimento, 20 kg de areia média e 100 kg de pó de pedra, ou seja na proporção volumétrica dos materiais 1:2:10.

Os do tipo rústico são preparados através da mistura de 5 kg de cimento, 20 kg de pedrisco e 60 kg de pó de pedra, ou seja na proporção 1:4:12

Proporções Investigadas

Para obtenção de aproximadamente 100 blocos foram feitas bateladas de 1500 kg de matérias.

Os blocos foram feitos com teor de cimento pré-fixado em 10%, com diferentes proporções em massa de lodo (1 % , 3 % , 5% , 10 % e 15 %), complementando-se com agregado (respectivamente em 89 % , 87 % , 85 % , 80 % e 75 %), segundo a Tabela 12.

TABELA 12. TEOR CIMENTO, LODO E AGREGADO NOS BLOCOS AVALIADOS

Ensaio Nº.	Material (%)		
	Lodo	Agregado	Cimento
B1	1	89	10
B2	3	87	10
B3	5	85	10
B4	10	80	10
B5	15	75	10

Para cada um dos proporções investigados, foram testadas as seguintes amostras de lodo:

- lodo desaguado na ETL com 70 a 80% de umidade;
- lodo desaguado na ETL e submetido à secagem complementar em leito, contendo 50% de umidade;
- lodo desaguado na ETL, submetido à secagem complementar em leito e seco em estufa, com 0 % de umidade.

Procedimento

Antes da confecção dos blocos, foi feita a caracterização das matérias-primas regularmente utilizadas na COOPERBLOCOS, a fim de que se pudesse fazer a comparação com os materiais reciclados.

Dentre os blocos fabricados na cooperativa, optou-se pela avaliação dos estruturais e de vedação, com e sem as matérias-primas recicladas, com dimensões de 14 cm x 19 cm x 39 cm. O procedimento usado na fabricação foi o seguinte:

- pesagem das quantidades de agregado, lodo e cimento correspondentes a cada proporção desejado;

- adição, na betoneira, de metade da quantidade de agregado e total de lodo, até conseguir uma mistura homogênea;
- adição do restante de agregado e homogeneização;
- adição de cimento;
- adição de água (baseado no ensaio de Proctor, descontada a umidade original do lodo) e mistura.

A massa total contida na betoneira (de cada proporção proposto) era de 120 kg, sendo feitas duas bateladas por proporção. Na Figura 12 apresentam-se blocos da pesquisa fabricados na COOPERBLOCO.

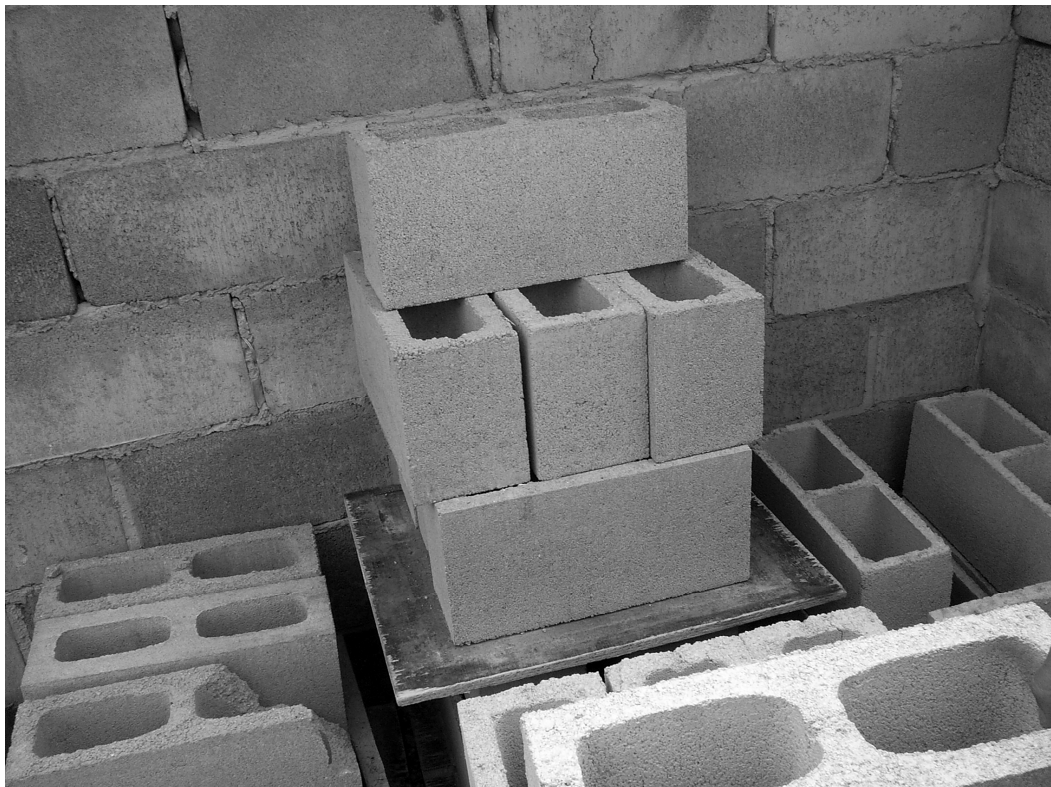


FIGURA 13 BLOCOS FABRICADOS NA COOPERBLOCOS

Uma vez obtidas as condições ótimas, foi feita uma avaliação comparativa de custos entre os blocos com e sem as matérias-primas recicladas.

4.7 Avaliação dos Elementos de Alvenarias

4.7.1 Avaliação Estrutural dos Tijolos

O procedimento para a preparação das amostras, tijolos fabricados de solo-cimento, foi o da NBR 10832 (Brasil, 1989) da ABNT - formato 23 cm x 11 cm x 5 cm.

Determinação das Dimensões

Segundo a NBR 8491 (Brasil, 1984), “tijolo maciço de solo-cimento é definido como tijolo cujo volume não é inferior a 85% do seu volume total aparente, constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e eventualmente, aditivos”. Para cada lote produzido, segundo a norma, foram avaliadas 3 amostras

Determinação da Absorção de Água

Para os ensaios de absorção de água, utilizou-se a NBR 8492 (Brasil, 1984) da ABNT, que preconiza que a absorção média deve ser inferior a 20% e as individuais menores do que 22%. Procedeu-se conforme descrito a seguir:

- para cada lote produzido, tomaram-se 3 blocos;
- os mesmos foram colocados em estufa por 24 horas;
- depois de resfriados por quase 2 horas, foram pesados, obtendo-se peso seco (PI) e depois colocados em um tanque com água onde permaneceram por mais 24 horas;
- em seguida os blocos foram retirados do tanque e pesados, obtendo-se seu peso molhado (PF);

- posteriormente, obteve-se a porcentagem de absorção de água de cada um deles, com a expressão

$$[(PF - PI) \times 100] / PI$$

Determinação da Resistência à Compressão

Com relação à resistência à compressão, as amostras foram ensaiadas de acordo com a NBR 8492 (Brasil, 1984), para tijolos com idade mínima de sete dias. Para cada lote produzido, foram avaliadas 3 amostras.

4.7.2 Avaliação Estrutural dos Blocos

A título de comparação, foram confeccionados blocos com e sem os materiais reciclados, sendo ambos avaliados segundo a metodologia a seguir descrita.

Determinação das Dimensões

Segundo a NBR 5712 (Brasil, 1982), para blocos vazados modulares de concreto de altura comum, de formato 14 cm x 19 cm x 39 cm, com junta entre eles de 1 cm, as tolerâncias admitidas são de +2mm e -5mm.

A norma NBR 7173 (Brasil, 1982) determina que os blocos de concreto simples para alvenaria, no caso daqueles sem função estrutural, de dimensões definidas de módulo M=15 cm (conhecidos como M-15), têm tolerância de +3 mm e -2 mm.

Todas as medições foram avaliadas com paquímetro, em 6 amostras por proporção estudada.

Determinação da Absorção de Água

Para os ensaios de absorção de água, utilizou-se a seguinte metodologia:

- para cada lote avaliado tomaram-se 13 blocos;
- os mesmos foram colocados em estufa por 24 h;
- depois de resfriados por quase 2 h, foram pesados, obtendo-se peso seco (PI) e depois colocados em um tanque com água onde permaneceram por mais 24 h;
- em seguida os blocos foram retirados do tanque e pesados, obtendo-se seu peso molhado (PF);
- posteriormente, através da expressão

$$[(PF - PI) \times 100] / PI$$

obteve-se a porcentagem de absorção de água de cada um deles.

Os resultados foram analisados segundo a norma NBR 6136 (BRASIL, 1995), que recomenda uma absorção superior a 8% e inferior a 25%.

Segundo a NBR 7173 (Brasil, 1982) os blocos de concreto simples para alvenaria sem função estrutural devem apresentar valores individuais de absorção de 15%; e para os blocos de

concreto simples para alvenaria estrutural, de acordo a NBR 6136 (Brasil, 1980), estes devem apresentar valores individuais de absorção de, no máximo, 10 %.

Determinação da Resistência à Compressão

A determinação da Resistência à Compressão (método de ensaio), no caso dos “blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural” foi realizada segundo a norma NBR 7184 (Brasil, 1982) e estes devem atender ao limite mínimo de 2,5 MPa, em média. Para blocos destinados à execução de alvenaria externa e que recebem revestimento, a resistência deve ser superior a 4,5 MPa.

Teste de Durabilidade

A metodologia adotada no presente trabalho foi pela descrita na norma ASTM C2216-80 - *Water content as a percent of dry weight* (EPA, 1980). O procedimento foi o seguinte:

- Após um tempo de cura de 28 dias, escolheram-se 8 grupos de amostras de 4 blocos cada, num total de 32 elementos de alvenaria;

- Um bloco controle selecionado, por grupo, e seco a uma temperatura de 60 ± 3 °C, até peso constante;

- Três amostras com as matérias-primas recicladas, por grupo, foram submetidas a 13 ciclos de secagem e umedecimento. A secagem era realizada a 60 ± 3 °C por 24 h. Após este período, as amostras eram imersas num recipiente contendo água destilada por igual período;

- Após cada ciclo, as amostras eram lavadas com água destilada com auxílio de um borrifador. A água residual era submetida à secagem na temperatura de 60 ± 3 °C e os resíduos remanescentes, pesados;

- Ao final do último ciclo, as amostras foram observadas visualmente para verificar se apresentavam danos físicos e novamente pesadas para avaliar a diminuição do peso;

-Foi calculada a porcentagem de perdas dos elementos de alvenaria após o ciclo e também foi realizada a determinação da Resistência à Compressão (método de ensaio) destes e dos blocos de controle, os quais deveram atender o limite (valor mínimo) de 2,5 MPa para alvenaria não estrutural.

4.7.3 Avaliação Ambiental

Para verificar os potenciais efeitos da utilização de lodo de estação de tratamento de água e de agregado reciclado na fabricação de blocos e tijolos, inicialmente, foram avaliadas amostras destes materiais.

No estudo, a qualificação dos impactos ambientais pode-se classificar como:

- armazenamento, uso e disposição imprópria dos elementos de alvenaria pós-consumo (entulhos do futuro), avaliando a contaminação da água subterrânea do solo;
- contaminação dos funcionários das indústrias envolvidas na fabricação, ocasionado pelo manuseio cotidiano de materiais e de produtos;
- contaminação do ar conseqüente de uma volatilização dos resíduos, seja na estocagem destes materiais, ou seja, nos processos de fabricação;
- contaminação da população que reside ou trabalha em edificações que utilizaram estes elementos de alvenaria ou está exposta a áreas de disposição pós-consumo.

Nestas avaliações preliminares, andor os efeitos potenciais, estes poderiam ser classificados como efeitos:

- não mensuráveis, ou assim chamados, efeitos nulos;
- efeitos que melhoram o meio, ou efeitos positivos;
- efeitos adversos ou contrários à regeneração natural dos ambientes, ou também chamados efeitos negativos;

- que afetam e desgastam outras áreas de serviços, de tipo problemático;
- efeitos a curto prazo;
- efeitos a longo prazo;
- efeitos reversíveis;
- efeitos irreversíveis.

Foram realizadas análises e ensaios de massa bruta, lixiviação e solubilização das amostras a seguir descritas no laboratório BIOAGRI, situado em Piracicaba: lodo desaguado na ETL e submetido a secagem complementar em leito e agregados reciclados miúdos da URM-São Caetano da matriz concreto e cerâmica.

As metodologias analíticas foram aquelas constantes nas referências: ESTADOS UNIDOS (1986), BRASIL (1987a), ESTADOS UNIDOS (1996b). A coleta e a preservação de amostras foram realizadas segundo a norma NBR 10007 (BRASIL, 2004) e os ensaios de lixiviação e solubilização, segundo a NBR 10005 (BRASIL, 2004) e NBR 10006 (BRASIL, 2004), respectivamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS RECICLADAS

5.1.1. LODO DAS ETAs 3 e 4

Umidade e pH

Os valores referentes a pH e umidade do lodo são mostrados na Tabela 13. Nota: medidas 1, 2 e 3 referem-se a triplicatas das amostras de, aproximadamente, 500 kg de lodo desaguado da ETL. Os valores de pH situaram-se na faixa de 6,7 a 7,2 em todas as amostras. No estudo de BARBOSA *et al.* (2001), os valores de pH das amostras de lodo de ETA esituaram-se entre 10,6 e 9,8 para aquelas coletadas no período chuvoso, e de 6,2 a 6,8 no período seco. Para CHAO (2006), estes valores estiveram entre 5,8 a 6,1.

A variação nos teores de umidade pode ser atribuída a alterações sazonais, estiagem ou chuva, à qualidade da água e às modificações nos insumos e na operação da ETA, tais como a eliminação da dosagem de carvão ativado em pó. Outro fator que pode ter afetado esse resultado é o tempo de armazenamento do lodo desaguado no pátio da ETA. Os altos teores de sólidos observados em relação àqueles indicados na literatura, podem ser explicados pela baixa taxa de aplicação de sólidos nas centrífugas no início da operação da ETL. Estes valores de umidade foram mais baixos do que aqueles obtidos por HOPPEN *et al.* (2003), da ordem de 87,5% e 86,4%.

TABELA 13 TEOR DE UMIDADE E pH DO LODO DA ETL

Amostra	Parâmetro	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média %
1- estiagem Ano 1	Umidade %	72,3	80,3	76,2	76,3
	pH	7,2	6,8	7,0	
2- chuva Ano 1	Umidade %	84,7	80,1	75,2	80,0
	pH	6,8	7,1	6,9	
3- estiagem Ano 2	Umidade %	70,2	68,9	72,3	70,5
	pH	6,9	6,8	6,9	
4- chuva Ano 2	Umidade %	68,4	68,3	67,9	68,2
	pH	6,8	6,7	6,8	
5- estiagem Ano 3	Umidade %	66,5	64,3	65,8	65,5
	pH	7,1	7,0	7,2	
6- chuva Ano 3	Umidade %	63,5	65,4	64,8	64,6
	pH	6,9	7,1	6,9	

Valores de pH e sólidos semelhantes aos obtidos no presente estudo também foram constatados por PORTELA *et al.* (2003). No seu caso, a ETA utilizava polímeros, cal e carvão ativado em pó.

Tratamento Complementar do Lodo

O tratamento complementar em leito de secagem fez-se necessário pela presença de líquidos livres. Os resultados obtidos por um período de 14 dias são mostrados na Tabela 14.

Em duas semanas, os teores de sólidos do lodo passaram de 27,3 % para 56,6%, obtendo-se um ganho do dobro no teor de material sólido para a fabricação dos elementos de alvenaria.

TABELA 14. TEOR DE SÓLIDOS DO LODO NO LEITO DE DESECAGEM AO LONGO DO TEMPO

Dia	ST (%)	STF (%)	STV (%)	Umidade (%)
1	27,3	24,4	2,9	72,7
2	33,2	29,2	4,0	66,8
2	35,3	31,6	3,7	64,7
3	35,2	30,9	4,3	64,7
4	36,3	31,1	5,2	63,7
5	35,9	30,6	5,3	64,1
6	36,5	30,4	6,1	63,5
7	43,1	30,3	12,8	56,9
8	46,2	34,0	12,2	53,8
9	49,5	41,5	8,0	50,5
10	53,3	44,2	9,1	46,7
11	54,0	45,2	8,8	46,0
12	54,8	46,9	7,9	45,2
13	55,9	47,2	8,7	44,1
14	56,6	48,3	8,3	43,4

Onde

ST são os sólidos totais;

STF os sólidos totais fixos; e

STV os sólidos totais voláteis.

A “Umidade” é calculada porcentualmente (%).

A altura média de lodo no leito, no início do experimento, foi de 20,2 cm (20 pontos de amostragem). No final de duas semanas, esta altura passou para 15,3 cm, o que representa uma redução de volume em 24,26%.

FONTANA & CORDEIRO (2004) obtiveram uma redução de 98% no volume do lodo da ETA Cardoso, em um sistema composto por leito de drenagem e sedimentador. Considerando o teor de sólidos inicial de 1%, eles obtiveram uma variação da altura da massa de sólidos e do volume drenado no leito de 76% e 69%, respectivamente, em nove dias.

Granulometria e limites de Atterberg

Foram obtidas curvas granulométricas nos ensaios realizados com amostras de lodo dos decantadores, desaguado na ETL piloto e na ETL em escala real, coletadas em diferentes épocas do ano 2004. Na Tabela 15 mostram-se os resultados.

TABELA 15. GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS DE LODO.

		Mês						
Composição		Maio	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Granulométrica/Propriedades								
Pedregulho (%)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Areia	grossa (%)	13,1	3,8	60,2	45,1	47,0	51,8	1,8
	média (%)	17,5	11,9	20,4	20,6	17,9	20,7	12,5
	Fina (%)	19,8	21,8	4,7	6,8	10,4	6,8	15,6
	TOTAL (%)	50,5	37,5	85,3	72,5	75,3	79,3	30
□ Silte (%)		39,7	54,4	14,7	27,5	24,7	20,7	65,6
□ Argila (%)		9,8	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4
% material que passa								
Na peneira 4		100	100	100	100	100	100	100
Na peneira 200		54,8	66,4	13,2	28,4	29,0	20,6	72,4
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)		2,5	2,6	3,2	3,2	3,0	2,7	3,0

Houve uma grande discrepância nos resultados: em determinadas amostras, o lodo mostrou-se predominantemente como argila e em outras, como areia grossa.

No Ensaio de Granulometria – NBR 7181 (Brasil, 1984), com peneiramento Fino e Sedimentação, Densímetro e Defloculante (Hexametáfosfato de Sódio), para uma amostra de 50,00 g, foram obtidos os seguintes resultados:

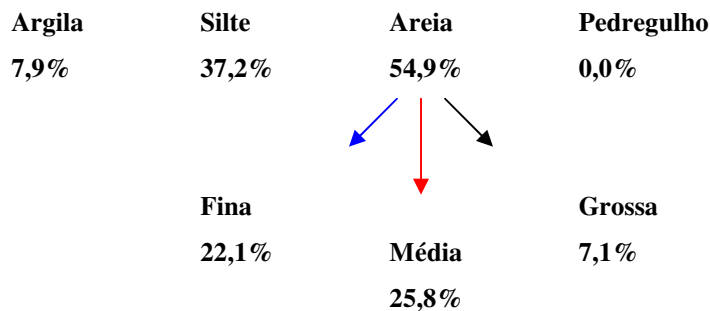
1- Amostra coletada no final do segundo semestre de 2003:

- Massa Específica Média dos Sólidos: $2,637 \text{ g/cm}^3$.

- Teor de Umidade: 0,0 (%)

- Na Sedimentação - Temperatura ambiente na faixa de $24,0^\circ\text{C}$ a $30,0^\circ\text{C}$.

CLASSIFICAÇÃO – NBR 6502/95



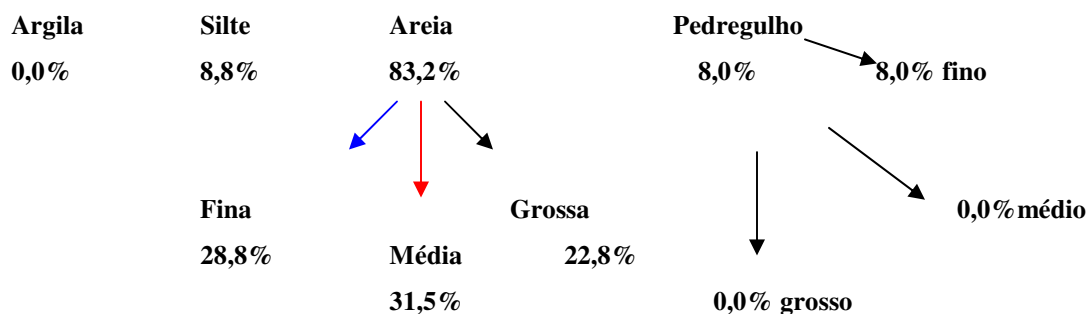
2- Amostra coletada no primeiro semestre de 2004:

- Massa Específica Média dos Sólidos: $2,861 \text{ g/cm}^3$.

- Teor de Umidade: 0,0 (%)

- Na Sedimentação Temperatura ambiente na faixa de $24,0^\circ\text{C}$ a $30,0^\circ\text{C}$.

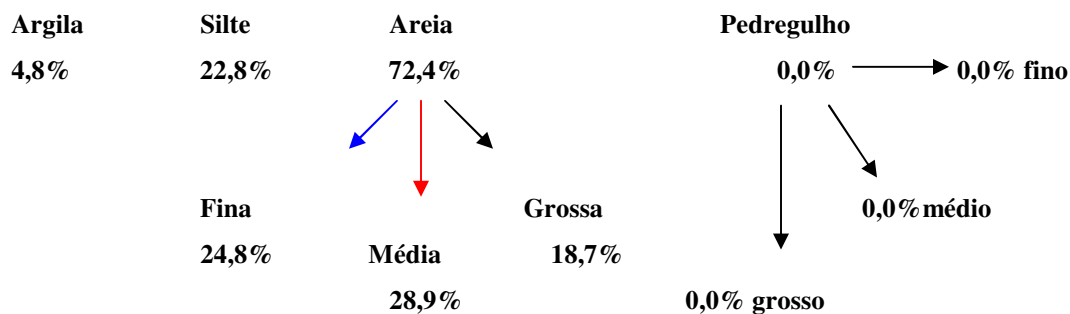
CLASSIFICAÇÃO – NBR 6502/95



3- Amostra coletada no início do segundo semestre de 2005:

- Massa Específica Média dos Sólidos: $2,800 \text{ g/cm}^3$.
- Teor de Umidade: 0,0 (%)
- Na Sedimentação Temperatura ambiente na faixa de $24,0^\circ\text{C}$ a $30,0^\circ\text{C}$.

CLASSIFICAÇÃO – NBR 6502/95



4- Amostra coletada no final do segundo semestre de 2005

Foram feitas triplicatas dessa amostra. A curva granulométrica e a tabela que mostra a porcentagem que passa em cada peneira são apresentadas no Anexo 3. Esta última amostra recebeu tratamento diferenciado, mais completo, devido à necessidade de apresentar resultados mais confiáveis, já que os conteúdos dos materiais e processos na ETL também apresentaram pequenas diferenças e alterações que poderiam mudar os resultados obtidos.

Pode-se observar que as porcentagens de areia variaram de 50% a 100%; sendo obtidos os maiores teores na época de chuvas. Na estiagem, como o percentual de finos é superior, é necessária a adição de areia para a fabricação dos elementos de alvenaria reciclados. Segundo a ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland (1998), os solos arenosos são os mais adequados para estabilização com cimento.

Em relação aos Limites de Atterberg, o lodo apresentou-se não-plástico (N.P.) em todas as amostras avaliadas.

Caracterização Química e Microbiológica.

Na Tabela 16 mostram-se os resultados dos ensaios realizados no lodo. Para apresentar os resultados analíticos da amostra para cada parâmetro foi escolhida a “Unidade” de medição, os “LQ” ou limiares de qualidade relacionados com o estado químico do composto avaliado e os “VMP” ou valores máximos permitidos pela norma.

Foram feitos os procedimentos “PHA” - Process Hazard Analysis, como o primeiro passo na implantação de uma solução de segurança é executar a análise de risco do processo; avaliaram-se os “PCB” ou as substâncias químicas bifenilas policloradas; e avaliados também, os químicos orgânicos voláteis ou “VOC” - Volatile Organic Chemicals.

Dos valores obtidos no lodo por ANDRADE (2005), os teores de Arsênio, Berílio, Cádmio, Cromo Hexavalente, Fenol, selênio tiveram valores superiores; valores menores para: Óleos e Graxas, Vanádio; e valores na mesma variação do pH, Carbono Orgânico Total, Chumbo, Cianeto, Cloretos, Cobre, Cromo Total, Mercúrio, Compostos Orgânicos Voláteis.

No Anexo 4, apresenta-se a caracterização das amostras de lodo, além dos agregados reciclados (matrizes de concreto e de cerâmica) - Massa Bruta, Lixiviação e Solubilização.

TABELA 16. RESULTADOS DETERMINAÇÃO DA MASSA BRUTA DE LODO.

Resultados Analíticos da Amostra		Lodo	ETA.	
Determinação sobre a Massa Bruta.		Ago-	Nov	2005
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado
Umidade	%p/p	0,1		64,1
Inflamabilidade ^a				
Ponto de Fulgor	°C		60 ^d	>60
Corrosividade ^b				
pH (suspensão a 50%)			2,0-12,5	7,3
Reatividade ^c				
			Não Reativo	Não Reativo
Cianeto (como HCN)	mg/kg	10	250	<10
Sulfeto (como H ₂ S)	mg/kg	10	500	<10
Complemento Parâmetros Inorgânicos				
Carbono Orgânico Total	%p/p	0,05		3,30
Sólidos Voláteis	%p/p	0,05		5,98
Mercúrio	mg/kg	0,5		<0,5
Cromo VI	mg/kg	0,5		<0,5
Cloretos	mg/kg	0,5		923
Berílio	mg/kg	0,5		<0,5
Selênio	mg/kg	0,5		<0,5
Líquidos Livres				Ausentes
Cromo Total	mg/kg	0,5		42,1
Vanádio	mg/kg	0,5		68,0
Arsênio	mg/kg	0,5		<0,5
Óleos e Graxas	%p/p	0,05		0,13
Índice de Fenóis	mg/kg	0,5		<0,5
Chumbo	mg/kg	0,5		22,2
Cobre	mg/kg	0,5		53,1
Cádmio	mg/kg	0,5		<0,5
Alumínio	mg/kg	0,5		35191
Ferro	mg/kg	0,5		86891
Manganês	mg/kg	0,5		1542
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	0,5		3277
Complemento Bacteriologia				
Giárdia sp				Ausentes
Coliformes Totais	NMP/g	5		457
Coliformes Fecais	NMP/g	5		<5
Cryptosporidium sp				Ausentes

Resultados Analíticos das Amostras		Lodo	ETA.	Continuação
Determinação sobre a Massa Bruta.		Ago-	Nov	2005
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado
Complemento PAH				
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,01		<0,01
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01
Criseno	mg/kg	0,01		<0,01
Acenaftileno	mg/kg	0,01		<0,01
Fluoreno	mg/kg	0,01		<0,01
Antraceno	mg/kg	0,01		<0,01
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg	0,01		<0,01
Fenantreno	mg/kg	0,01		<0,01
Dibenzo (1,2,3,cd) pireno	mg/kg	0,01		<0,01
Indeno (1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,01		<0,01
Pireno	mg/kg	0,01		<0,01
Acenafteno	mg/kg	0,01		<0,01
Fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01
Naftaleno	mg/kg	0,01		<0,01
Benzo (a) antraceno	mg/kg	0,01		<0,01
Complemento PCB				
PCB 8	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 28	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 37	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 44	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 49	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 52	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 60	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 66	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 70	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 74	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 77	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 82	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 87	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 99	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 101	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 105	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 114	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 118	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 126 + PCB 166	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 128	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 138 + PCB 158	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 153	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 156	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 169	mg/kg	0,01		<0,01

PCB 170	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 179	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 180	mg/kg	0,01		<0,01
PCB 183	mg/kg	0,01		<0,01
Resultados Analíticos das Amostras		Lodo	ETA.	Continuação
Determinação sobre a Massa Bruta.		Ago-	Nov	2005
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado
Complemento VOC				
1,1,1 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
1,1,2 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
1,1,2,2 - Tetracloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
1,1 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
1,1 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03
1,1 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03
1,2 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
1,2 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03
1,3 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03
4- Metil - 2-Pentanona	mg/kg	0,03		<0,03
Benzeno	mg/kg	0,03		<0,03
Bromodiclorometano	mg/kg	0,03		<0,03
Bromofórmio	mg/kg	0,03		<0,03
Bromometano	mg/kg	0,03		<0,03
Cis-1,2 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03
Cis-1,3 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03
Diclorometano	mg/kg	0,03		<0,03
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,03		<0,03
Clorobenzeno	mg/kg	0,03		<0,03
Cloroetano	mg/kg	0,03		<0,03
Clorofórmio	mg/kg	0,03		<0,03
Clorometano	mg/kg	0,03		<0,03
Dibromoclorometano	mg/kg	0,03		<0,03
Dissulfeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,03
Estireno	mg/kg	0,03		<0,03
Etilbenzeno	mg/kg	0,03		<0,03
m.p.-Xileno	mg/kg	0,06		<0,06
O-Xileno	mg/kg	0,03		<0,03
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,03
Tetracloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03
Tolueno	mg/kg	0,03		<0,03
Trans-1;2-Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03
Tricloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03

5.1.2 Caracterização dos Agregados da URM-São Caetano

Umidade e pH

O teor de umidade dos agregados, cerâmica e concreto, variou de 2% a 8%. Essa pequena variação se deve à proteção contra as intempéries durante o armazenamento, impedindo a absorção direta de água de chuvas e do ambiente.

Com relação ao pH, os valores situaram-se, nos dois agregados, na faixa de 7 a 11. Os resultados obtidos no período 2004-2005 são mostrados na Tabela 17.

TABELA. 17 . VALORES DO TEOR DE UMIDADE E pH DOS AGREGADOS.

Caracterizações		Amostras Matrizes	
de Agregado		Cerâmica	Concreto
Amostras	Parâmetro	Valor	Valor
1	Umidade %	6,3	5,5
	pH	8,1	9,2
2	Umidade %	7,0	6,0
	pH	8,9	10,2
3	Umidade %	5,5	5,8
	pH	7,4	9,6
4	Umidade %	6,2	6,3
	pH	7,8	10,8
5	Umidade %	7,5	5,7
	pH	8,2	10,9
6	Umidade %	4,6	5,3
	pH	8,6	9,6

Amostras avaliadas, para massa bruta, das duas matrizes no final de 2005, pelo laboratório BIOAGRI, apresentaram valores de pH de 7,3 para a matriz cerâmica (suspensão a 50%) e de 9,9 e 11,4 para a matriz concreto, confirmando os resultados encontrados nas amostras analisadas pela UNICAMP.

Granulometria e limites de Atterberg

Foram avaliadas 4 amostras da matriz misturada. Os resultados são mostrados na Tabela 18.

Avaliaram-se, também, as duas matrizes, cerâmica e concreto, separadamente. Os resultados são apresentados nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Nota-se pelos resultados que a matriz concreto não apresentou argila e silte e, na matriz cerâmica, os teores destes foram baixos (16,6%).

TABELA 18. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MISTURADO DE ENTULHO.

Composição Granulométrica		Mínimo	Máximo
Pedregulho Fino (%)		0,0	9,0
Areia	grossa (%)	26,0	34,0
	média (%)	41,0	44,0
	finá (%)	22,0	23,0
	TOTAL (%)	89,0	100,0
Silte (%)		0,0	30,0
Argila (%)		0,0	7,0
% do material que passa			
Pela peneira 4 (%)		100,0	100,0
Pela peneira 200 (%)		10,0	35,0

TABELA 19. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MATRIZ CERÂMICA.

Composição Granulométrica		%	
Argila (%)		4,00	
Silte (%)		12,60	
Areia (%)	grossa (%)	24,50	
	média (%)	29,60	
	Fina (%)	19,80	
	TOTAL (%)	73,9	
Pedregulho (%)	grosso (%)	0,00	
	médio (%)	0,00	
	fino (%)	10,10	
	TOTAL (%)	10,10	
% Material que Passa		%	Massa Retida
Peneiramento Fino			
Peneira #16 - 1,200 mm		84,61	3,00
Peneira #30- 0,600 mm		65,71	10,50
Peneira #40 - 0,420 mm		54,73	6,10
Peneira #60 - 0,250 mm		45,19	5,30
Peneira #100 - 0,150 mm		26,46	10,40
Peneira #200 - 0,075 mm		17,10	5,20
Peneiramento Grosso			
Peneira 2" - 50,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1½" - 38,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1" - 25,00 mm		100,00	0,00
Peneira ¾" - 12,70 mm		100,00	0,00
Peneira 3/8" - 9,50 mm		100,00	0,00
Peneira #4 - 4,80 mm		99,93	0,60
Peneira #10 - 2,00 mm		90,01	8,90

**TABELA 20. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO
MATRIZ CONCRETO.**

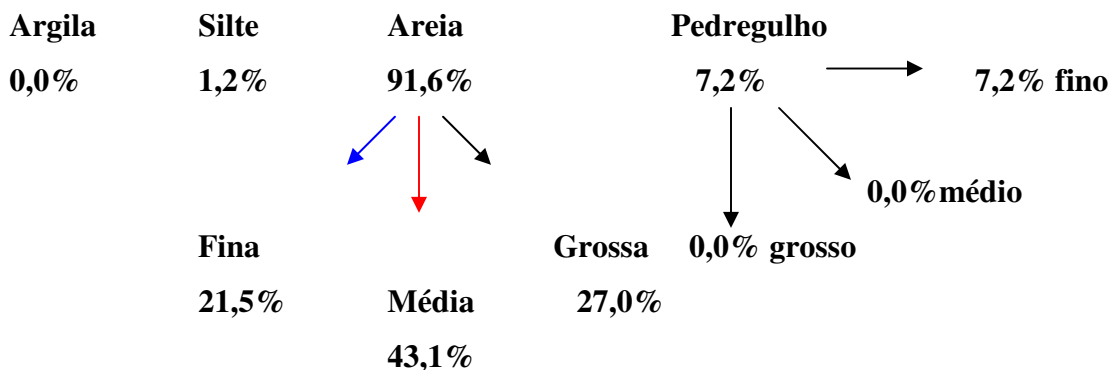
Composição Granulométrica		%	
Argila (%)		0,00	
Silte (%)		0,00	
Areia (%)	grossa (%)	27,30	
	média (%)	42,30	
	finas (%)	23,80	
	TOTAL (%)	92,40	
Pedregulho (%)	grosso (%)	0,00	
	médio (%)	0,00	
	fino (%)	8,60	
	TOTAL (%)	8,60	
% Material que Passa		%	Massa
Peneiramento Fino			Retida
Peneira #16 - 1,200 mm		83,10	11,20
Peneira #30- 0,600 mm		64,20	19,80
Peneira #40 - 0,420 mm		54,70	11,20
Peneira #60 - 0,250 mm		28,50	28,90
Peneira #100 - 0,150 mm		19,90	9,90
Peneira #200 - 0,075 mm		13,40	7,1
Peneiramento Grosso			
Peneira 2" - 50,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1½" - 38,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1" - 25,00 mm		100,00	0,00
Peneira ¾" - 12,70 mm		100,00	0,00
Peneira ⅜" - 9,50 mm		100,00	0,00
Peneira #4 - 4,80 mm		91,30	8,60
Peneira #10 - 2,00 mm		87,80	6,70

Foram obtidos os seguintes resultados no Ensaio de Granulometria – NBR 7181 (Brasil, 1984), com peneiramento Fino e Sedimentação, Densímetro e Desfloculante (Hexametáfosfato de Sódio):

1- Amostra coletada no segundo semestre de 2004:

MATRIZ CERÂMICA

Classificação – NBR 6502/95

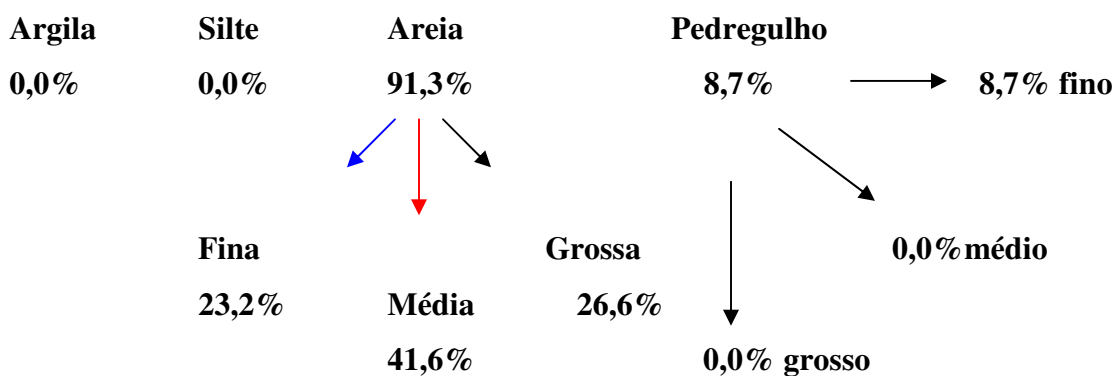


O agregado reciclado miúdo não apresentou plasticidade, uma vez que possuía cerca de 1,2% de silte e argila, segundo classificação da ABNT.

MATRIZ CONCRETO

- Massa Específica dos Sólidos (valor médio): 2,821 g/cm³.

Classificação – NBR 6502/95



O agregado reciclado miúdo não apresentou plasticidade, segundo a classificação da ABNT.

2- Amostra coletada no segundo semestre de 2005:

Foram feitas duas coletas da matriz concreto, uma no início do semestre e outra no final. Para cada uma delas, foram feitas triplicatas e se apresentam os valores dos médios.

No Anexo 5, também, apresentam-se as curvas granulométricas destes compostos e a porcentagem que passa para cada diâmetro de partículas.

No geral, as referências nos indicam da influência das características do entulho para reciclagem. Eles não devem ter impurezas como terra, argila e outros elementos prejudiciais; baixos teores de cloretos e de sulfatos; limitação no teor de açúcar porque impede a pega do cimento; entre outras. Os agregados provenientes do entulho poderão ser utilizados desde que se demonstre que se pode produzir concreto de qualidade satisfatória mediante sugestão baseada em estudos experimentais, e não existem antecedentes de comportamento ou que vão ser utilizados pela primeira vez, onde os naturais não sejam economicamente viáveis.

Comparados os resultados com os trabalhos da literatura referentes a reciclagem na utilização como agregado, segundo ZORDAN (1997), encontrou-se amostras do resíduo já triturado, obtidas na usina de reciclagem localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP, valores percentuais retidos em todas as peneiras para agregado miúdo, apresentados na Tabela 21.

Pode-se observar que os grãos finos $< 0,15$ mm são da ordem de 7%; no caso do agregado de Campinas pode-se encontrar estes valores na faixa $< 30\%$; as massas retidas não devem diferir mais de 0,3% da massa seca das amostras, no entanto esse limite não foi atendido, pela grande quantidade de fino presente no material, para todas as avaliações.

TABELA 21. VALORES PERCENTUAIS RETIDOS NAS PENEIRAS PARA AGREGADO MIUDO.

Peneira (mm)	% Valor Médio Total	% Valor Médio Miúdo
4,8	14,9	22,6
2,4	8,9	13,5
1,2	7,6	11,5
0,6	7,8	11,8
0,3	10,5	15,9
0,15	12,3	18,6
Fundo	3,7	5,6

Os módulos de finura, ou seja, a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, encontrados para os agregados miúdos de cada uma das amostras foram em Média 2,59 e os resultados ficaram bem próximos da norma. Pode-se afirmar que a classificação do agregado miúdo de acordo com os limites granulométricos, estabelecidos pela ABNT (1983), está dentro dos limites. Desta forma, a parte miúda do entulho, objeto deste estudo, pode se classificar como sendo uma areia média.

Segundo as recomendações de RILEM (RILEM RECOMMENDATION, 1994; *apud* ÂNGULO, 2005), e considerando “d” como o valor do diâmetro da partícula, prevêem-se a produção de concretos com resistência mecânica acima de 20 MPa e a não consideracao no uso da fração miúda, considerada muito porosa e contaminada no intervalo “ $1,7 < d < 1,9$ ” (cimento amianto e betume até, aproximadamente 10%, presença de cerâmica vermelha muito porosa), além da presença do efeito pozolânico, ou seja a reação entre partículas reativas extremamente finas, e o Ca(OH)_2 proveniente da reação de hidratação do cimento.

Avaliação Química e Microbiológica

Na Tabela 22 se apresentam os resultados analíticos da avaliação das amostras na determinação sobre a Massa Bruta, dos agregados nas matrizes de cerâmica e de concreto, os quais foram feitos nos laboratórios da BIOAGRI.

Também, para apresentar os resultados dos ensaios realizados, como no lodo, para cada parâmetro foi escolhida a “Unidade” de medição, os “LQ” o limiares de qualidade relacionados com o estado químico do composto avaliado e os “VMP” ou valores máximos permitidos pela norma. Foram feitos os procedimentos “PHA” - Process Hazard Analysis, como o primeiro passo na implantação de uma solução de segurança é executar a análise de risco do processo; avaliaram-se os “PCB” ou as substâncias químicas bifenílicas policloradas; e avaliados também, os químicos orgânicos voláteis ou “VOC” - Volatile Organic Chemicals.

Consideramos que o lodo e o agregado são parte do futuro material na mesma proporção que são misturados na hora da fabricação dos elementos de alvenaria, neste caso os blocos do tipo concreto. Foi feita, também, uma projeção matemática do comportamento dos elementos de alvenaria pós consumo, ou seja, quando estes virarem entulhos no futuro. No Anexo 6 apresentam-se os resultados da projeção destes entulhos.

Primeiramente foi tomada a Média, para aqueles que tinham diferentes valores ou mudanças num valor médio no período de tempo avaliado, como na medição da Umidade, Carbono Orgânico Total, Sólidos Voláteis, Cloretos, Cromo Total, Vanádio, Chumbo, Cobre, Alumínio, Ferro, Manganês e Nitrogênio Total Kjeldahl; sobre o Lixiviado na Porcentagem de Sólidos; e sobre o solubilizado no Cloreto, Fluoreto, Nitrato (como N), Sódio e Sulfato (como SO_4).

Seguidamente na medição do pH final foi tomado o intervalo dos valores avaliados e no caso da determinação de um LQ, já que não se tem VMP na avaliação do parâmetro, se tomou como maximo o valor maximo encontrado, como na medição de Benzo (g,h,i), Perileno, Fenantreno, Pireno e Fluoranteno; sobre o Lixiviado, no Fluoreto; e sobre o Solubilizado, na medição do Bário.

No caso da determinação de um VMP na avaliação do parâmetro, quando o valor está acima dos LQ escolhidos, tomou-se este como valor futuro, como na medição do Alumínio sobre o Solubilizado.

Para a medição com valores como analogias, no evento que se têm valores determináveis iguais ou que estejam todos na mesma faixa; neste caso foram escolhidos todos os outros parâmetros no mencionados nesta explicação do Anexo 4.

Comparados os resultados de outros pesquisadores, na referencia bibliográfica, quanto aos metais o estudo apresentou os seguintes resultados em média, mg/kg, considerados na faixa de avaliação da revisão, apresentados na Tabela 23.

TABELA 22. RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS MATRIZES DE ENTULHO MIÚDO.

Determinação sobre a Massa Bruta				Matrizes	Cerâmica	Concreto	Concreto
					Jul-Ago	Fev-Mar	Out-Nov
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP		Resultado	Resultado	Resultado
Umidade	%p/p	0,1			8,90	1,80	7,20
Inflamabilidade ^a							
Ponto de Fulgor	°C		60 ^d		>60	>60	>60
Corrosividade ^b							
pH (suspensão a 50%)			2,0-12,5		8,5	9,9	11,4
Reatividade ^c				Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo
Cianeto (como HCN)	mg/kg	10	250		<10	<10	<10
Sulfeto (como H ₂ S)	mg/kg	10	500		<10	<10	<10
Complemento Parâmetros Inorgânicos							
Carbono Orgânico Total	%p/p	0,05			1,40	1,70	1,40
Sólidos Voláteis	%p/p	0,05			2,55	3,08	2,47
Mercúrio	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Cromo VI	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Cloretos	mg/kg	0,5			80,0	61,0	26,0
Berílio	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Selênio	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Líquidos Livres					Ausentes	Ausentes	Ausentes
Cromo Total	mg/kg	0,5			13,0	12,2	11,1
Vanádio	mg/kg	0,5			31,0	26,1	21,0
Arsênio	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Óleos e Graxas	%p/p	0,05			<0,05	<0,05	<0,05
Índice de Fenóis	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Chumbo	mg/kg	0,5			12,1	6,11	17,2
Cobre	mg/kg	0,5			14,2	21,2	12,0
Cádmio	mg/kg	0,5			<0,5	<0,5	<0,5
Alumínio	mg/kg	0,5			13643	8100	8807
Ferro	mg/kg	0,5			9852	6197	7159
Manganês	mg/kg	0,5			264	307	349
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	0,5			1365	392	591
Complemento Bacteriologia							
Giárdia sp					Ausentes	Ausentes	Ausentes
Coliformes Totais	NMP/g	5			<5	<5	<5
Coliformes Fecais	NMP/g	5			<5	<5	<5
Cryptosporidium sp					Ausentes	Ausentes	Ausentes

Tabela 30 Complemento PAH			– Massa Bruta - Continuação					
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,01		0,01	<0,01	<0,01		
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg	0,01		0,02	<0,01	<0,01		
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Criseno	mg/kg	0,01		0,01	<0,01	<0,01		
Acenaftileno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Fluoreno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	0,02		
Fenantreno	mg/kg	0,01		0,05	<0,01	0,02		
Dibenzo (1,2,3,cd) pireno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Indeno (1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Pireno	mg/kg	0,01		0,01	0,01	0,02		
Acenafteno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Fluoranteno	mg/kg	0,01		0,03	<0,01	0,02		
Naftaleno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo (a) antraceno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
Complemento PCB								
PCB 8	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 28	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 37	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 44	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 49	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 52	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 60	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 66	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 70	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 74	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 77	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 82	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 87	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 99	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 101	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 105	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 114	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 118	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 126 + PCB 166	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 128	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 138 + PCB 158	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 153	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 156	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 169	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 170	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 179	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 180	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		
PCB 183	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01		

Tabela 30. Determinação sobre a Massa Bruta - Continuação						
Complemento VOC						
1,1,1 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,1,2,2 - Tetracloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,1 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,1 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,1 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,2 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,2 - Dicloropropano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
1,3 - Dicloropropano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
4- Metil - 2-Pentanona	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Benzeno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Bromodiclorometano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Bromofórmio	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Bromometano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Cis-1,2 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Cis-1,3 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Diclorometano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Clorobenzeno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Cloroetano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Clorofórmio	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Clorometano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Dibromoclorometano	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Disslfeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Estireno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Etilbenzeno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Complemento VOC - Continuação						
m.p-.Xileno	mg/kg	0,06		<0,02	<0,02	<0,02
O-Xileno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Tetracloroeteno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Tolueno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Trans-1;2-Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01
Tricloroeteno	mg/kg	0,03		<0,01	<0,01	<0,01

(a) = Para a avaliação da Inflamabilidade foi monitorado o item "a" do tópico 4.2.1.1 da NBR 10004:2004

(b) = Para a avaliação da Corrosividade foi monitorado o item "a" do tópico 4.2.1.2 da NBR 10004:2004Para a

(c) = Para a avaliação da reatividade do resíduo foram monitorados os itens "a", "b", "c" e "e" do tópico 4.2.1.3 da NBR 10004:2004

(d) = Valor Máximo para Resíduos Líquidos

**TABELA 23 MÉDIA EM (mg/kg) DOS METAIS AVALIADOS
NOS AGREGADOS DE CAMPINA SP**

Metal	(mg/kg)
Chumbo	301,3
Cobre	15,8
Cádmio	<0,5
Alumínio	10183,3
Ferro	7736
Manganês	306,7

5.2 Determinação da Umidade Ótima da Mistura

Nas Tabelas 24, 25 e 26 apresentam-se os resultados obtidos nos ensaio de Proctor, Índice de Suporte de Califórnia / Umidade Ótima de Compactação, para determinar a quantidade de água necessária na fabricação dos elementos de alvenaria.

**TABELA 24. UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA
CONTENDO 5% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DAS MATRIZES
CERÂMICA E CONCRETO, MISTURADA.**

UMIDADE ÓTIMA		
Proporção (%)		Umidade Ótima (%)
Lodo	Agregado	
10	85	11,8
15	80	12,0
20	75	13,5
25	70	13,6

TABELA 25. UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA CONTENDO 10% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DA MATRIZ CERÂMICA.

UMIDADE ÓTIMA		
Proporção (%)		Umidade Ótima (%)
Lodo	Agregado	
10	85	11,1
15	80	12,6
20	75	13,1
25	70	13,4

TABELA 26. UMIDADE ÓTIMA DE COMPACTAÇÃO PARA AMOSTRA CONTENDO 10% DE CIMENTO E AGREGADO PROVENIENTE DA MATRIZ CONCRETO.

UMIDADE ÓTIMA		
Proporção (%)		Umidade Ótima (%)
Lodo	Agregado	
1	89	10,1
3	87	10,2
5	85	11,0
10	80	12,3
15	75	12,6

5.3 Avaliação dos Tijolos

Com os resultados obtidos na confecção dos tijolos, com as misturas em todas as proporções, com lodo desaguado da ETL e teor de umidade de 75% a 80% não foi possível a moldagem dos elementos de alvenaria devido a ter um lodo muito úmido.

Nos tijolos obtidos na confecção com lodo desaguado da ETL e teor de umidade de 70% a 74% foi possível à moldagem dos elementos de alvenaria, mas apresentou-se desagregação após desforma.

Com os tijolos obtidos com lodo desaguado da ETL, contendo teor de umidade de 70% a 74%, foram confeccionados estes com 10% de cimento, com lodo submetido a secagem complementar contendo teor de umidade de 50% e lodo seco em estufa.

Nos resultados com lodo desaguado da ETL e submetido a secagem complementar contendo teor de umidade de 50% foi possível a moldagem de tijolos, mas teve-se perda do material da superfície do tijolo por atrito.

Na produção com lodo seco em estufa obteve-se também, possível a moldagem de tijolos e perda do material da superfície por atrito.

Dimensões

No Anexo 6, são mostrados os resultados das dimensões obtidos com os tijolos confeccionados contendo o agregado e o lodo da ETL que foi submetido ao tratamento com leito de secagem e totalmente seco na estufa.

De acordo com a norma NBR 8491 (Brasil, 1984), somente podem ser aceitos os confeccionados com 10%, 15%, 20% ou 25% de lodo seco na estufa e 10% de cimento.

Absorção de Água

No Anexo 6 também são mostrados os resultados da avaliação da absorção de água, obtidos com os tijolos confeccionados contendo o agregado e o lodo da ETL submetido ao tratamento com leite de secagem e totalmente seco na estufa.

Apenas atendem os limites os confeccionados com 10%, 15%, 20% e 25 % de lodo totalmente seco e 10% de cimento, dos valores obtidos nos ensaios de absorção de água indicados, segundo a Norma NBR 8492 (Brasil, 1984).

Resistência à Compressão

Também, no Anexo 6 apresentam-se os resultados obtidos da resistência à compressão, com os tijolos confeccionados com agregado e o lodo submetido ao tratamento com leite de secagem e totalmente seco na estufa.

Só as amostras que atenderam os limites estipulados para dimensões e absorção de água, foram ensaiadas de acordo a NBR 8492 (Brasil, 1984), que estipula que os valores médios devem ser superiores a 2,0 MPa (20 kgf/cm²) e nenhum valor individual deve ser inferior a 1,7 MPa (17 Kgf/cm²) para tijolos com idade mínima de sete dias. No presente trabalho, a idade mínima adotada foi de 28 dias (tempo de cura). Nota-se que os valores obtidos nos testes de resistência apresentados no Anexo 8, de tijolos com percentuais de 15%, 20% e 25 % de lodo totalmente seco, não atendem os limites da norma.

5.4. Avaliação dos Blocos

5.4.1. Blocos sem Materiais Reciclados (Controle)

No mês de Agosto de 2005 foram avaliadas amostras, de blocos de concreto feitos na COOPERBLOCOS, fabricadas normalmente (Tipo Estrutural e de Vedação), no formato rústico e liso, respeito a dimensões, peso, absorção e resistência à compressão.

Caracterização das Matérias-Primas

A composição granulométrica do pedrisco usado nos blocos estruturais e de vedação de aspecto rústico é mostrada na Tabela 27. O tamanho dos grãos situou-se na faixa de 2,00 mm e 12,7 mm. A partir da curva granulométrica obteve-se o tamanho efetivo, DE, aproximadamente 5,0 mm.

Na Tabela 28 é mostrada a composição granulométrica do pó de pedra, usado nos blocos estruturais e de vedação, tanto de aspecto rústico como o aparente. O tamanho dos grãos situou-se na faixa de 0,075 mm a 9,5 mm. Analisando a amostra em relação à quantidade de material miúdo, verificou-se que em todas elas, mais ou menos 50% do resíduo ficou retido na peneira 4,8 mm, significando que cada uma das amostras é constituída por material graúdo e pouco miúdo.

TABELA 27. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO PEDRISCO USADO NA COOPERBLOCO.

Composição Granulométrica		%	Massa Retida
Argila (%)		0,00	
Silte (%)		0,00	
Areia (%)		0,00	
Pedregulho	grosso (%)	0,00	
	médio (%)	49,80	
	fino (%)	50,20	
	TOTAL (%)	100,00	
material que passa		%	%
Peneira 2" - 50,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1½" - 38,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1" - 25,00 mm		100,00	0,00
Peneira ¾" - 12,70 mm		100,00	0,00
Peneira ⅜" - 9,50 mm		95,81	41,90
Peneira #4 - 4,80 mm		4,70	51,10
Peneira #10 - 2,00 mm		0,00	7,00

A composição granulométrica da areia média usada nos blocos, estruturais e de vedação, apresentou tamanho dos grãos na faixa de 0,50 mm a 0,25 mm.

TABELA 28. COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO PÓ DE PEDRA USADO NA COOPERBLOCOS.

Composição Granulométrica		%	Massa Retida
Argila (%)		2,80	
Silte (%)		11,00	
Areia (%)	grossa (%)	16,30	
	média (%)	13,90	
	finas (%)	18,50	
	TOTAL (%)	48,70	
Pedregulho (%)	grossa (%)	0,00	
	médio (%)	0,00	
	fino (%)	37,40	
	TOTAL (%)	37,40	
Material que Passa		%	%
Peneiramento Fino			
Peneira #16 - 1,200 mm		56,81	3,50
Peneira #30- 0,600 mm		46,06	8,80
Peneira #40 - 0,420 mm		40,93	4,20
Peneira #60 - 0,250 mm		36,77	3,40
Peneira #100 - 0,150 mm		27,49	7,60
Peneira #200 - 0,075 mm		18,45	7,40
Peneiramento Grosso			
Peneira 2" - 50,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1½" - 38,00 mm		100,00	0,00
Peneira 1" - 25,00 mm		100,00	0,00
Peneira ¾" - 12,70 mm		100,00	0,00
Peneira 3/8" - 9,50 mm		100,00	0,00
Peneira #4 - 4,80 mm		96,86	37,00
Peneira #10 - 2,00 mm		61,09	421,30

Quantidades de Matérias Primas Utilizadas nos Blocos

Os blocos foram fabricados na cooperativa com as matérias primas nas quantidades discriminadas na Tabela 29.

TABELA 29. QUANTIDADES DE MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS CONTROLE*.

Formato	Aparente			Rústica		
Materiais	kg		% em volume	kg		% em volume
Pó de Pedra	100		76,9	60		70,6
Areia Média	20		15,4	0		0
Cimento	10		7,7	5		5,9
Pedrisco	0		0	20		23,6
Total	130		100	85		100

*Considerou-se uma batelada do material preparado na COOPERBLOCOS para fabricação dos elementos.

Identificação dos Diversos Tipos de Blocos Produzidos Na COOPERBLOCOS

A Tabela 30 apresenta os códigos utilizados para identificar os blocos produzidos na COOPERBLOCOS.

TABELA 30. CÓDIGOS USADOS NOS BLOCOS PRODUZIDOS NA COOPERBLOCOS.

Tipo Estrutural (E)	Liso (L) Tipo 1 =	EL
	Rústico (R) Tipo 2 =	ER
Tipo Vedação (V)	Liso (L) Tipo 3 =	VL
	Rústico (R) Tipo 4 =	VR

Massa dos Blocos

A Tabela 31 apresenta a massa dos diferentes tipos de blocos fabricados. Onde VL é a nomenclatura dos blocos Tipo Vedacao Liso, VR a nomenclatura dos blocos Tipo Vedacao Rústico, EL a nomenclatura dos blocos Tipo Estrutural Liso e ER a nomenclatura dos blocos Tipo Estrutural Rústico.

TABELA 31. MASSA DOS BLOCOS FABRICADOS NA COOPERBLOCOS.

Massa das Amostras (g)				
Tipo	VL	VR	EL	ER
1	11236	11274	15697	14311
2	11329	11694	15704	14947
3	11873	11587	15802	14728
4	11253	11200	15687	14786
5	11987	11358	15269	14963
6	11354	11403	15711	14623
7	11247	11001	15418	14789
8	11048	11127	15541	15297
9	11591	11637	15471	15046
10	12034	11893	15436	15087
11	11538	11456	15432	15102
12	11654	11523	15358	15231
Média	11512	11429	15544	14909

Nota:

VL = Vedação Liso; VR = Vedação Rústico; EL = Estrutural Liso; ER = Estrutural Rústico

Dimensões

Nas Tabelas 32 e 33 apresentam-se, respectivamente, as dimensões dos blocos de vedação e estruturais.

Segundo a norma NBR 7173 (Brasil, 1982) os blocos, neste caso, têm tolerância de +3 mm e -2 mm para vedação e tolerância de ± 3 mm para os usados como estruturais; a espessura mínima de qualquer parede de bloco deverá ser de 15 mm e de 25 mm, respectivamente; as tolerâncias admitidas na fabricação são de +2 mm e -5 mm; as dimensões deverão ser verificadas com precisão de 0,5 mm e as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos de + 3 mm e -2 mm; condição satisfeita pelos blocos de vedação e estruturais.

TABELA 32. DIMENSÕES DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO.

	Classe	Peso (g)	Dimensões				Paredes	
Amostra			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)		
1	VL	11247	19,0	13,8	38,8	1,8	1,8	1,9
2	VL	11048	19,0	13,9	38,9	1,9	1,9	1,9
3	VL	11591	19,9	13,9	39,0	1,9	1,8	1,8
4	VL	12034	19,5	14,0	39,0	2,0	1,9	2,0
5	VL	11538	19,1	14,0	39,0	1,9	1,9	2,0
6	VL	11654	19,2	14,0	38,9	1,9	1,9	1,9
Média VL		11519	19,3	13,9	38,9	1,9	1,9	1,9
Amostra		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	VR	11001	19,8	13,9	39,4	1,8	2,0	1,9
2	VR	11127	19,4	13,8	39,1	1,9	2,0	2,0
3	VR	11637	19,6	14,0	38,8	1,8	2,0	1,9
4	VR	11893	19,5	13,9	38,9	1,8	2,0	1,8
5	VR	11456	19,2	14,0	39,1	1,9	2,0	2,0
6	VR	11523	19,1	14,0	39,0	1,9	2,0	2,0
Média VR		11440	19,4	13,9	39,1	1,9	2,0	1,9

TABELA 33. DIMENSÕES DOS BLOCOS ESTRUTURAIS.

	Classe	Peso (g)	Dimensões				Paredes	
Amostra			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)
1	EL	15418	19,6	13,8	38,8	3,0	3,2	3,0
2	EL	15541	19,6	13,9	38,9	3,1	3,3	3,1
3	EL	15471	19,0	14,0	39,0	3,1	3,8	3,0
4	EL	15436	19,0	14,0	39,1	3,1	3,1	3,3
5	EL	15432	19,3	14,0	39,0	3,1	3,2	3,0
6	EL	15358	19,5	13,9	39,0	3,1	3,1	3,0
Média EL		15443	19,3	13,9	39,0	3,1	3,3	3,1
Amostra		(g)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	ER	14789	19,6	14,0	39,0	3,2	3,4	3,0
2	ER	15297	19,7	13,9	39,0	3,0	3,5	3,0
3	ER	15046	19,8	13,9	39,0	3,3	3,6	3,2
4	ER	15087	19,5	13,9	38,8	3,0	3,5	3,0
5	ER	15102	19,6	14,0	39,0	3,1	3,3	3,1
6	ER	15231	19,5	14,0	39,0	3,0	3,4	3,1
Média ER		15092	19,6	14,0	39,0	3,1	3,5	3,1

Absorção de Água

Nas Tabelas 34 e 35 apresentam-se, respectivamente, os valores de absorção de água dos blocos de vedação e estruturais.

Segundo a NBR 7173 (Brasil, 1982) os blocos de concreto simples para alvenaria sem função estrutural (vedação), devem apresentar valores individuais de absorção inferiores de 15%, condição satisfeita por todos os exemplares.

O limite estabelecido na norma, NBR 6136 (Brasil, 1980), para os blocos de concreto simples para alvenaria estrutural, para valores individuais de absorção é, no máximo, 10%. Todos os blocos avaliados para alvenaria estrutural atenderam esse requisito.

TABELA 34. VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO.

Vedação Liso					
Tipo 1	Peso	Ambiente (g)	Seco (g)	Úmido (g)	Absorção %
Amostra					
1	VL	11236	10857	11734	8,1
2	VL	11329	10943	11674	6,7
3	VL	11873	11578	12301	6,2
4	VL	11253	10752	11652	8,4
5	VL	11987	10423	11268	8,1
6	VL	11354	10832	11678	7,8
Média		11505	10898	11718	7,5
Vedação rústico					
Tipo 2	Peso	Ambiente (g)	Seco (g)	Úmido (g)	Absorção %
Amostra					
1	VR	11274	11087	11784	6,3
2	VR	11694	11473	12269	6,9
3	VR	11587	11284	11986	6,2
4	VR	11200	10989	11752	6,9
5	VR	11358	11085	11863	7,0
6	VR	11403	11196	11947	6,7
Média		11419	11186	11934	6,7

Resistência à Compressão

Na Tabela 36 apresentam-se os valores de Resistência a Compressão dos blocos fabricados para vedação e do tipo estrutural.

Segundo a NBR 7184 (Brasil, 1982), determinação da Resistência à Compressão, no caso dos “blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural”, segundo a norma

complementar este atendeu os limites (valores mínimos) em média de 2.5 MPa e segundo a mesma norma, “blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural”, destinados neste caso à execução de alvenaria externa e que recebem qualquer tipo de revestimento, atenderam valores \geq de 4,5 MPa e os blocos avaliados, neste caso, atenderam.

TABELA 35. VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS ESTRUTURAIS.

Estrutural Liso					
Tipo 3	Peso	Ambiente (g)	Seco (g)	Úmido (g)	Absorção %
Amostra					
1	EL	15697	15469	16277	5,2
2	EL	15704	15479	16249	5,0
3	EL	15802	15543	16308	4,9
4	EL	15687	15423	16287	5,6
5	EL	15269	15024	15945	6,1
6	EL	15711	15544	16399	5,5
Média		15645	15414	16244	5,4
Estrutural Rústico					
Tipo 4	Peso	Ambiente (g)	Seco (g)	Úmido (g)	Absorção %
Amostra					
1	ER	14311	14201	15217	7,2
2	ER	14947	14694	15726	7,0
3	ER	14728	14587	15698	7,6
4	ER	14786	14659	15771	7,6
5	ER	14963	14857	15971	7,5
6	ER	14623	14502	15521	7,0
Média		14726	14583	15651	7,3

TABELA 36. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS BLOCOS.

Vedação Liso	Classe	kgf	Área	
Amostra			cm²	MPa
1	VL	32200	541,0	6,0
2	VL	35600	546,0	6,5
3	VL	34000	548,5	6,2
4	VL	33500	546,0	6,1
5	VL	32200	546,0	5,9
6	VL	34100	543,5	6,3
Média VL		33600	545,2	6,2
Vedação Rústico	Classe	kgf	Área	
Amostra			cm²	MPa
1	VR	27800	551,3	5,0
2	VR	30400	547,4	5,6
3	VR	33000	543,5	6,1
4	VR	31000	549,9	5,6
5	VR	32400	547,4	5,9
6	VR	29100	546,0	5,3
Média VR		30617	547,6	5,6
Estrutural rústico	Classe	kgf	Área	
Amostra			cm²	MPa
1	ER	57000	547,4	10,4
2	ER	49200	544,6	9,0
3	ER	55200	546,0	10,1
4	ER	51200	551,3	9,3
5	ER	52300	546,0	9,6
6	ER	52000	551,3	9,4
Média ER		52816,7	547,8	9,6
Estrutural Liso	Classe	kgf	Área	
Amostra			cm²	MPa
1	EL	66800	540,7	12,4
2	EL	73200	546,0	13,4
3	EL	74000	539,3	13,7
4	EL	71200	547,4	13,0
5	EL	72500	546,0	13,3
6	EL	73300	549,9	13,3
Média EL		71833	544,9	13,2

5.4.2. Blocos com Materiais Reciclados

Confecção dos Blocos

A produção dos blocos foi feita na COOPERBLOCOS; utilizando-se agregado reciclado das matrizes concreto e cerâmica. As dimensões dos blocos foram de 14x19x39 cm e a espessura de parede de 3,0 cm, no tipo estrutural, e de 1,80 cm, no tipo vedação. Na Tabela 37 apresentam-se as proporções de materiais utilizadas na fabricação dos blocos.

TABELA 37. PROPORÇÕES DE MATERIAIS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS.

Ensaio	Proporção em Massa (%)		
	Lodo	Agregado	Cimento
1	0	90	10
2	1	89	10
3	3	87	10
4	5	85	10
5	10	80	10
6	15	75	10

Na Tabela 38 apresentam-se as quantidades de materiais usados, proporções, para fabricação dos blocos, sendo o lodo seco em estufa.

TABELA 38. PROPORÇÕES UTILIZADAS PARA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS – LODO SECO EM ESTUFA.

Proporção 1		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		0	90	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			0,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		0,0	81,0	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (l) =		0	13,5	13,5	13,5

Proporção 2		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		1	89	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			0,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		0,9	80,1	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (l) =		0	13,5	13,5	13,5

Proporção 3		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		3	87	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			0,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		2,7	78,3	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (l) =		0	13,5	13,5	13,5

Proporção 4		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		5	85	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			100,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		4,5	76,5	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (l) =		0	13,5	13,5	13,5

Proporção 5		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		10	80	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco(%) =			100,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		9,0	72,0	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionada	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (l) =		0	13,5	13,5	13,5

Proporção 6		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		15	75	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco(%) =			100,0
		Umidade na Amostra (%) =			0,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		13,5	67,5	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionada	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		0	13,5	13,5	13,5

Na Tabela 39, apresentam-se as quantidades de materiais usadas, proporções, para fabricação dos blocos, sendo o lodo desaguado na ETL e seco em leito.

TABELA 39. PROPORÇÕES DE MATERIAIS USADAS PARA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS COM LODO DESAGUADO NA ETL E SECO EM LEITO.

Proporção 1		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		0	90	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		0,0	81,0	9,0	90,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		0,00	12,00	12,00	13,50

Proporção 2		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		1	89	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		2,0	80,1	9,0	91,10
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		1,10	11,00	12,10	13,50

Proporção 3		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		3	87	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		6,0	78,3	9,0	93,30
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		3,30	9,00	12,30	13,50

Proporção 4		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		5	85	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		10,0	76,5	9,0	95,50
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		5,50	7,00	12,50	13,50

Proporção 5		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		10	80	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		20,0	72,0	9,0	101,00
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		11,00	1,00	12,00	13,50

Proporção 6		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Porcentual (%) =		15	75	10	100
Batelada (kg) =	90	ST Lodo Seco (%) =			45,0
		Umidade na Amostra (%) =			55,0
Materiais		Lodo	Agregado	Cimento	Total
Peso (kg) =		30,0	67,5	9,0	106,50
Água		No Lodo	Adicionado	Total Usado	Total Proctor
Proctor 15% (1) =		16,50	0,00	16,50	13,50

Após o desaguamento do lodo na ETL e no leito de secagem, considerando a secagem complementar por evaporação dos lodos guardados, fechados de perdas de água, no Anexo 7 apresentam-se os materiais usados para mistura, nas bateladas preparadas:

- Considerando os valores iniciais de ST de 47,0% e um percentual de umidade na Amostra de 53,0 %.

- Considerando os valores iniciais de ST de 50,0 % e um percentual de umidade na Amostra de 50,0%.

- Considerando os valores iniciais de ST de 52,0% e um percentual de umidade na Amostra de 48,0%.

- E considerando os valores iniciais de ST de 53,0% e um percentual de umidade na Amostra de 47,0%.

Avaliação Estrutural dos Blocos

As Tabelas 40 e 41 apresentam os códigos adotados para identificação dos blocos em função do tipo e dos materiais reciclados, tipo estrutural e tipo vedação, respectivamente.

Para a interpretação das legendas das tabelas e os códigos para identificação dos blocos, apresenta-se as seguintes definições:

Tipos de Blocos

Estrutural = TE

Vedação = TV

Tipos de Agregado

Matriz Concreto = .MCO

Matriz Cerâmica = MCA

Tipos de lodo:

Lodo Seco = LSe

LSe Lodo 0 a 5% de umidade

Lodo Umido = LUm(x%)

LUm(x%) Lodo com porcentual de umidade x%

Sem Lodo = SemL

Porcentual (M) de Lodo (L) na Mistura = L(M%)

* Bateladas de 90 kg - 1 Batelada = 6 Blocos

(4) Bateladas x Teor para um total de 24 Blocos

**TABELA 40. CÓDIGOS ADOTADOS PARA IDENTIFICAÇÃO
DOS BLOCOS TIPO ESTRUTURAL.**

Blocos	Código
Bloco-01	TE-MCO-SemL
Bloco-02	TE-MCA-SemL
Bloco-05	TE-MCO-LSe-L(1%)
Bloco-06	TE-MCO-LSe-L(3%)
Bloco-07	TE-MCO-LSe-L(5%)
Bloco-08	TE-MCO-LSe-L(10%)
Bloco-09	TE-MCO-LSe-L(15%)
Bloco-10	TE-MCA-LSe-L(1%)
Bloco-11	TE-MCA-LSe-L(3%)
Bloco-12	TE-MCA-LSe-L(5%)
Bloco-13	TE-MCA-LSe-L(10%)
Bloco-14	TE-MCA-LSe-L(15%)
Bloco-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)
Bloco-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)
Bloco-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)
Bloco-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)
Bloco-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)
Bloco-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)
Bloco-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)
Bloco-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)
Bloco-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)
Bloco-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)

**TABELA 41. CÓDIGOS ADOTADOS PARA IDENTIFICAÇÃO
DOS BLOCOS TIPO VEDAÇÃO.**

Blocos	Código
Bloco-03	TV-MCO-SemL
Bloco-04	TV-MCA-SemL
Bloco-15	TV-MCO-LSe-L(1%)
Bloco-16	TV-MCO-LSe-L(3%)
Bloco-17	TV-MCO-LSe-L(5%)
Bloco-18	TV-MCO-LSe-L(10%)
Bloco-19	TV-MCO-LSe-L(15%)
Bloco-20	TV-MCA-LSe-L(1%)
Bloco-21	TV-MCA-LSe-L(3%)
Bloco-22	TV-MCA-LSe-L(5%)
Bloco-23	TV-MCA-LSe-L(10%)
Bloco-24	TV-MCA-LSe-L(15%)
Bloco-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)
Bloco-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)
Bloco-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)
Bloco-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)
Bloco-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)
Bloco-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)
Bloco-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)
Bloco-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)
Bloco-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)
Bloco-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)

Cada amostra tinha 2 bateladas, a primeira foi feita em uma data e a segunda em outra.

Total 2 Amostras de 12 Blocos por Teor.

* Numero de Ensaio para Avaliação por Batelada:

Massa = 6 Blocos

Dimensões = 6 Blocos

Resistência a Compressão = 3 Blocos

Absorção de Água = 3 Blocos

* Total para Avaliação por Classe (Numero de Ensaio):

Massa = 12 Blocos

Dimensões = 12 Blocos

Resistência = 6 Blocos

Absorção = 6 Blocos

Massa dos Blocos

As Tabelas 42 e 43 apresentam as médias das massas dos diferentes tipos de blocos fabricados na pesquisa.

TABELA 42. MASSA DOS BLOCOS ESTRUTURAIS COM LODO E AGREGADO RECICLADO.

Nome		Média(g)	Máximo (g)	Mínimo (g)
Bloco-01		10060	10640	9847
Bloco-02		9861	9960	9710
Bloco-05		10363	10874	9879
Bloco-06		10242	10632	9998
Bloco-07		9926	10046	9732
Bloco-08		9844	9940	9682
Bloco-09		9671	9723	9614
Bloco-10		9874	9976	9734
Bloco-11		9771	9961	9594
Bloco-12		9684	9841	9578
Bloco-13		9637	9780	9561
Bloco-14		9406	9532	9304
Bloco-25		10330	10741	9981
Bloco-26		10047	10374	9845
Bloco-27		9804	9947	9687
Bloco-28		9659	9784	9589
Bloco-29		9553	9669	9254
Bloco-30		9762	9878	9614
Bloco-31		9679	9783	9541
Bloco-32		9614	9680	9463
Bloco-33		9480	9607	9153
Bloco-34		9231	9302	9157

A massa média dos blocos estruturais foi:

- para matriz concreto e lodo seco: 10,01 kg
- para matriz concreto e lodo úmido: 9,88 kg.
- para matriz cerâmica e lodo seco: 9,67 kg
- para matriz cerâmica e lodo úmido: 9,55 kg.

A massa média dos blocos tipo vedação foi:

- para matriz concreto e lodo seco: 8,59 kg.
- para matriz concreto e lodo úmido: 8,50 kg.
- para matriz cerâmica e lodo seco: 8,43 kg
- para matriz cerâmica e lodo úmido: 8,31 kg.

TABELA 43. MASSA DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO COM LODO E AGREGADO RECICLADO.

Nome	Média(g)	Maximo (g)	Mínimo (g)
Bloco-03	8485	8564	8263
Bloco-04	8385	8453	8299
Bloco-15	8831	8989	8455
Bloco-16	8716	8987	8246
Bloco-17	8625	8965	8144
Bloco-18	8526	8912	8342
Bloco-19	8267	8357	8099
Bloco-20	8740	8874	8602
Bloco-21	8535	8663	8391
Bloco-22	8423	8564	8323
Bloco-23	8279	8365	8099
Bloco-24	8160	8312	7984
Bloco-35	8693	8779	8615
Bloco-36	8621	8754	8512
Bloco-37	8539	8624	8434
Bloco-38	8402	8501	8287
Bloco-39	8248	8399	8147
Bloco-40	8555	8687	8347
Bloco-41	8423	8531	8199
Bloco-42	8293	8422	8041
Bloco-43	8238	8371	8017
Bloco-44	8047	8144	7934

Comparando-se as massas dos blocos fabricados utilizando-se materiais reciclados com os blocos controle, os quais apresentaram, respectivamente, 15,2 kg e 11,5 kg, em média, para o tipo estrutural e de vedação, verificando-se uma redução nestes de aproximadamente:

- 34% e 36% para matriz concreto e cerâmica, respectivamente;
- 25 % e 27% para matriz concreto e cerâmica, respectivamente.

Portanto, a utilização dos materiais reciclados pode representar uma vantagem econômica no custo do transporte dos elementos de alvenaria fabricados.

Dimensões dos Blocos

Nas Tabelas 44 e 45, apresentam-se as médias das dimensões e espessura dos blocos, fabricados na pesquisa do tipo estrutural e de vedação, avaliadas com paquímetro, respectivamente.

Segundo a NBR 5712 (Brasil, 1982), os blocos vazados de concreto estrutural designado M-15 deverão ter dimensões 15 cm x 20 cm x 40 cm como medidas modulares de 14 cm x 19 cm x 39 cm com junta de argamassa entre elementos de alvenaria, de 1 cm; com tolerâncias permitidas de fabricação de +2mm e -5mm; as paredes dos blocos deveram ter no mínimo 25 mm. Para os blocos de concreto simples para alvenaria sem função estrutural M-15, a norma NBR 7173 (Brasil, 1982) estipula tolerâncias nas dimensões de +3 e -2 mm e espessura mínima nas paredes de 15 mm. Estes blocos estruturais e de vedação produzidos com o material reciclado na presente pesquisa atenderam aos requisitos das referidas normas e não apresentaram trincas.

Os blocos estruturais apresentados por BUTTLER (2005) com 100% de agregados graúdos e miúdos, pouco similares em consumo de cimento para atender a resistência de 4,5 MPa, segundo a norma, também atenderam aos requisitos das dimensões.

TABELA 44. DIMENSÕES E ESPESSURA DOS BLOCOS ESTRUTURAIS COM O MATERIAL RECICLADO.

Bloco	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Espessura parede (cm)
Bloco-01	14,0	19,3	39,0	3,2
Bloco-02	14,0	19,1	39,0	3,1
Bloco-05	14,0	19,3	39,0	2,8
Bloco-06	14,0	19,1	38,8	3,2
Bloco-07	14,0	19,3	39,0	3,2
Bloco-08	14,0	19,3	39,0	2,8
Bloco-09	14,0	19,2	39,5	2,8
Bloco-10	14,1	19,1	39,2	3,2
Bloco-11	14,0	19,3	38,9	3,2
Bloco-12	13,9	19,1	38,9	3,2
Bloco-13	14,0	19,2	39,0	3,2
Bloco-14	14,1	19,4	38,9	3,3
Bloco-25	14,0	19,3	39,0	3,1
Bloco-26	14,0	19,1	39,0	3,2
Bloco-27	13,9	19,2	38,9	3,1
Bloco-28	14,0	19,3	38,8	3,1
Bloco-29	13,9	19,3	38,9	3,2
Bloco-30	14,0	19,1	39,1	3,1
Bloco-31	14,0	19,1	39,0	2,9
Bloco-32	13,9	19,2	38,9	2,9
Bloco-33	14,0	19,1	38,9	2,9
Bloco-34	14,0	19,3	38,9	2,8

TABELA 45. DIMENSÕES E ESPESSURA DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO COM O MATERIAL RECICLADO.

Bloco	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Espessura da parede (cm)
Bloco-03	14,1	19,2	39,0	1,8
Bloco-04	14,0	19,3	39,1	1,8
Bloco-15	14,0	18,9	39,0	1,8
Bloco-16	14,0	19,2	38,9	1,9
Bloco-17	14,0	19,0	39,0	1,8
Bloco-18	14,1	19,2	39,0	1,8
Bloco-19	13,9	18,8	39,3	1,8
Bloco-20	14,0	19,3	38,9	1,8
Bloco-21	14,1	19,0	39,0	1,9
Bloco-22	14,0	19,0	39,0	1,9
Bloco-23	14,0	19,0	39,0	1,9
Bloco-24	14,1	19,0	39,0	1,9
Bloco-35	14,0	19,1	39,0	2,0
Bloco-36	14,0	19,1	39,0	2,0
Bloco-37	14,0	19,0	39,0	2,0
Bloco-38	13,9	19,1	39,0	1,9
Bloco-39	14,1	19,0	39,0	2,0
Bloco-40	14,0	19,0	39,0	1,9
Bloco-41	13,9	19,0	39,0	1,9
Bloco-42	14,0	19,0	39,0	1,9
Bloco-43	14,0	19,1	39,0	2,0
Bloco-44	14,0	19,0	39,0	1,9

Comparando-se os blocos fabricados utilizando-se materiais reciclados, das duas matrizes, em estudo com os blocos controle, estes apresentaram satisfação da norma quanto às dimensões, após o tempo de cura estabelecido de 28 dias. Conseqüentemente, a utilização dos materiais reciclados, favorece representando uma vantagem econômica no uso.

Absorção de Água

Nas Tabelas 46 e 47 apresentam-se a média dos valores de absorção de água dos blocos fabricados na pesquisa, estruturais e de vedação, respectivamente.

TABELA 46. ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS ESTRUTURAIS COM MATERIAL RECICLADO.

Bloco	Massa Média das Amostras (g)			Absorção %
	Temperatura Ambiente	Seco	Úmido	
Bloco-01	10091	9927	11029	9,99
Bloco-02	9906	9732	10950	11,12
Bloco-05	10123	9965	11048	9,79
Bloco-06	10067	9909	11007	9,98
Bloco-07	9919	9756	10876	10,28
Bloco-08	10104	9932	11156	10,97
Bloco-09	9716	9548	10737	11,05
Bloco-10	9723	9562	10629	10,04
Bloco-11	9654	9488	10541	9,99
Bloco-12	9710	9543	10650	10,40
Bloco-13	9673	9502	10647	10,75
Bloco-14	9646	9464	10645	11,09
Bloco-25	9719	9552	10719	10,89
Bloco-26	9790	9613	10788	10,90
Bloco-27	9921	9744	11009	11,48
Bloco-28	10007	9826	11163	11,98
Bloco-29	10165	9993	11428	12,55
Bloco-30	9160	8996	10128	11,17
Bloco-31	9330	9158	10349	11,51
Bloco-32	9507	9332	10608	12,03
Bloco-33	9539	9358	10687	12,43
Bloco-34	9625	9441	10817	12,72

Segundo a NBR 7173 (Brasil, 1982), os blocos de concreto simples para alvenaria sem função estrutural M-15 deverão apresentar valores individuais de absorção de água inferiores a 15% e valor médio inferior a 10%. Para os blocos de concreto simples para alvenaria estrutural, de acordo a NBR 6136 (Brasil, 1980), os valores individuais devem ser menores ou iguais a 10%.

TABELA 47. ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO COM MATERIAL RECICLADO.

Bloco	Massa Média das Amostras (g)			Absorção %
	Temperatura Ambiente	Seco	Úmido	
Bloco-03	8455	8285	9247	10,40
Bloco-04	8379	8202	9220	11,05
Bloco-15	8752	8603	9615	10,52
Bloco-16	8827	8660	9683	10,56
Bloco-17	8754	8590	9676	11,22
Bloco-18	8768	8595	9717	11,53
Bloco-19	8636	8464	9578	11,61
Bloco-20	8615	8461	9439	10,35
Bloco-21	8526	8361	9363	10,70
Bloco-22	8621	8450	9552	11,54
Bloco-23	8619	8441	9519	11,31
Bloco-24	8510	8340	9456	11,80
Bloco-35	8412	8249	9251	10,83
Bloco-36	8479	8309	9319	10,84
Bloco-37	8558	8382	9454	11,34
Bloco-38	8578	8397	9599	12,52
Bloco-39	8639	8454	9709	12,92
Bloco-40	8115	7944	8929	11,03
Bloco-41	8231	8062	9146	11,85
Bloco-42	8256	8081	9237	12,52
Bloco-43	8508	8325	9566	12,97
Bloco-44	8505	8320	9577	13,12

Os blocos estruturais que atenderam à norma foram os fabricados sem lodo e com agregado matriz concreto; com 1% e 3% de lodo seco e agregado matriz concreto; e com 3% de lodo seco e agregado matriz cerâmica.

Todos os blocos de vedação apresentaram valores individuais de absorção de água inferiores a 15% independentemente da proporção de lodo e de agregado, bem como do tipo de matriz.

Os blocos fabricados pela COOPERBLOCOS, de vedação e estruturais, estiveram no limite de absorção de água estabelecido na norma, NBR 6136 (Brasil, 1980), apresentando valores muito inferiores já que os agregados reciclados apresentaram maior absorção nas avaliações.

Os blocos para Vedação Liso e Vedação Rústico estiveram no limite estabelecido na norma, com valores mínimo e máximos de: 6,2 - 8,1 e 6,2 - 7,0 , respectivamente, inferiores a 15%. E os blocos Estrutural Liso e Estrutural Rústico estiveram no limite estabelecido na norma, com valores mínimo e máximo de: 4,9 - 6,1 e 7,0 – 7,6 , respectivamente, inferiores a 10%.

BUTTLER (2005), obteve com blocos estruturais muito similares, valores em média de 5,92% onde todas as unidades atenderam com os requisitos da norma.

Resistência à Compressão

Nas Tabelas 48 e 49 apresentam-se os valores da média à Resistência à Compressão dos blocos, estruturais e para vedação, com materiais reciclados.

De acordo com NBR 7173 (Brasil, 1982), o valor médio de resistência à compressão dos blocos estruturais estabelecidos pela norma, Classe B, de 4,5 MPa. Para os blocos sem função estrutural (vedação) deve ser superior a 2,5 MPa e os valores individuais maiores que 2,0 MPa.

Os blocos estruturais que atenderam essa norma foram: sem lodo com agregado matriz cerâmica e concreto; com lodo seco nas proporções de 1 e 3 % com agregado matriz cerâmica e concreto; e com 1% de lodo úmido com agregado matriz cerâmica e concreto. Nenhum bloco estrutural atendeu os limites de resistência à compressão.

Os blocos fabricados pela COOPERBLOCOS, de vedação e estruturais, estiveram no limite de resistência à compressão estabelecido na norma, NBR 7173 (Brasil, 1982); os valores foram

muito superiores àqueles feitos com agregados reciclados e lodo, aspecto este confirmado nas referencias bibliográficas.

Os blocos para Vedação Liso e Vedação Rústico estiveram no limite estabelecido na norma, com valores mínimos e máximos de: 5,9 – 6,5 e 5,0 – 6,1 respectivamente, superiores a 2,5 MPa. E os blocos Estrutural Liso e Estrutural Rústico estiveram no limite, com valores mínimos e máximos de: 9,3 – 10,4 e 12,4 – 13,7 , respectivamente, superiores a 4,5 MPa.

TABELA 48. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS COM MATERIAL RECICLADO.

		Kgf/cm2	MPa
Nome	Classe	Média	Média
Bloco-01	TE-MCO-SemL	39,8	4,0
Bloco-02	TE-MCA-SemL	37,5	3,8
Bloco-05	TE-MCO-LSe-L(1%)	38,4	3,8
Bloco-06	TE-MCO-LSe-L(3%)	33,5	3,4
Bloco-07	TE-MCO-LSe-L(5%)	26,7	2,7
Bloco-08	TE-MCO-LSe-L(10%)	21,8	2,2
Bloco-09	TE-MCO-LSe-L(15%)	21,6	2,2
Bloco-10	TE-MCA-LSe-L(1%)	34,7	3,5
Bloco-11	TE-MCA-LSe-L(3%)	31,9	3,2
Bloco-12	TE-MCA-LSe-L(5%)	25,5	2,5
Bloco-13	TE-MCA-LSe-L(10%)	20,2	2,0
Bloco-14	TE-MCA-LSe-L(15%)	18,1	1,8
Bloco-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)	37,8	3,8
Bloco-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)	29,3	2,9
Bloco-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)	21,2	2,1
Bloco-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)	13,8	1,4
Bloco-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)	8,8	0,9
Bloco-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)	34,2	3,4
Bloco-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)	30,4	3,0
Bloco-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)	18,6	1,9
Bloco-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)	6,0	0,6
Bloco-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)	4,4	0,4

Portanto, os materiais reciclados estudados somente poderão ser utilizados para confecção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Na revisão bibliográfica, autores encontraram, após 7 dias de tempo de cura, em dosagem menores de 10% de lodo e utilizando agregados naturais, a resistência à compressão acima de 20 MPa (HOPPEN *et al.*, 2003); outros fizeram a recomendação do uso só para fins menos nobres, não estruturais. No caso de uso estrutural, deve-se confirmar que a resistência à compressão, para garantir a viabilidade do concreto, precisa ser superior a 20 MPa.

TABELA 49. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS BLOCOS PARA VEDAÇÃO COM MATERIAL RECICLADO.

		Kgf/cm2	MPa
Nome	Classe	Média	Média
Bloco-03	TV-MCO-SemL	33,0	3,3
Bloco-04	TV-MCA-SemL	32,6	3,3
Bloco-15	TV-MCO-LSe-L(1%)	30,4	3,0
Bloco-16	TV-MCO-LSe-L(3%)	27,6	2,8
Bloco-17	TV-MCO-LSe-L(5%)	23,0	2,3
Bloco-18	TV-MCO-LSe-L(10%)	21,9	2,2
Bloco-19	TV-MCO-LSe-L(15%)	21,1	2,1
Bloco-20	TV-MCA-LSe-L(1%)	30,2	3,0
Bloco-21	TV-MCA-LSe-L(3%)	26,1	2,6
Bloco-22	TV-MCA-LSe-L(5%)	21,2	2,1
Bloco-23	TV-MCA-LSe-L(10%)	18,5	1,8
Bloco-24	TV-MCA-LSe-L(15%)	16,6	1,7
Bloco-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)	29,6	3,0
Bloco-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)	21,5	2,1
Bloco-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)	15,3	1,5
Bloco-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)	7,0	0,7
Bloco-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)	3,8	0,4
Bloco-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)	27,8	2,8
Bloco-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)	21,1	2,1
Bloco-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)	12,9	1,3
Bloco-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)	3,7	0,4
Bloco-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)	3,4	0,3

Os blocos estruturais, muito similares, de BUTTLER (2005), no caso da resistência à compressão apresentaram valores de 7,31 MPa e 9,29 MPa após 7 e 28 dias de tempo de cura, respectivamente. Estes estiveram superiores aos blocos estruturais sem lodo e com material reciclado de atual estudo.

Durabilidade

Na Tabela 50 apresentam-se os valores obtidos no teste de durabilidade realizado para as amostras que haviam atendido às normas específicas para dimensões, absorção de água e resistência à compressão. Verifica-se que a massa perdida foi inferior a 3% da inicial, satisfazendo, assim, a norma ASTM C2216-80.

Estes resultados obtidos na resistência a resistência à compressão, além dos fatores que influem na qualidade do concreto e obter as características apropriadas, permitem a durabilidade e impermeabilidade dos blocos quando endurecidos.

Admitindo que os agregados reciclados sejam mais porosos que os naturais (LIMBACHIYA *et al.*, 2000), tal fato influenciou nas propriedades mecânicas dos blocos e seu comportamento pela falta de água na pasta absorvida pelo agregado, quando não pré-saturado.

Também, considerou-se que, de acordo com SANDROLINI & FRANZONI (2001), a presença da água incorporada no lodo conduziu-se a uma redução da absorção de água e diminuição da micro-porosidade da mistura feita, melhorando a durabilidade; podendo ser atribuído ao preenchimento pelos finos presentes nos lodos e agregados e pela relação água/cimento adotada

TABELA 50. RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DE DURABILIDADE.

		Peso (g)		DIA	DIA	Perdas	Perdas	MPa
	Nome	Classe		1-seco	13-seco	(g)	(%)	Avaliada
1	Bloco-03	TV-MCO-SemL		8,645	8,399	0,246	2,8	3,0
	Controle			8,825	8,815	0,010	0,1	3,2
2	Bloco-04	TV-MCA-SemL		8,721	8,465	0,256	2,9	3,1
	Controle			8,920	8,880	0,040	0,5	3,2
3	Bloco-15	TV-MCO-LSe-L(1%)		8,878	8,629	0,249	2,8	3,0
	Controle			8,620	8,580	0,040	0,5	3,3
4	Bloco-16	TV-MCO-LSe-L(3%)		8,925	8,727	0,198	2,2	2,7
	Controle			8,489	8,465	0,024	0,3	3,1
5	Bloco-20	TV-MCA-LSe-L(1%)		8,591	8,348	0,243	2,8	3,1
	Controle			8,655	8,650	0,005	0,1	3,1
6	Bloco-21	TV-MCA-LSe-L(3%)		8,604	8,365	0,239	2,8	2,7
	Controle			8,322	8,310	0,012	0,2	3,2
7	Bloco-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)		8,646	8,421	0,225	2,6	3,0
	Controle			8,741	8,712	0,029	0,3	3,1
8	Bloco-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)		8,647	8,425	0,222	2,6	2,9
	Controle			8,456	8,397	0,059	0,6	3,4

5.5 Recomendações para Implantação de uma Fábrica de Pequeno Porte de Blocos de Materiais Reciclados

Com base na experiência adquirida na realização do presente estudo, para a implantação de uma fabrica Piloto de pequeno porte com produção de 4.000 blocos/dia para vedação tipo concreto, seriam necessários, aproximadamente, as seguintes matérias-primas:

- como cada bloco para vedação tem um peso no superior a 9,0 kg, assumiu-se 10,0 kg por cada um, sendo necessários minimamente 40000 kg (40 toneladas) de matéria prima total;
- considerando uso de lodo no valor de 3%, precisa-se 1200 kg.(1,2 toneladas) para o lodo desidratado (seco), ou 2400 kg (2,4 toneladas) para o lodo com teor de sólidos de 50% ou 4800 kg (4,8 toneladas) para o lodo com teor de sólidos de 25% para desaguamento complementar;

- no caso dos agregados, considerando uso de 100% para cada bloco, precisa-se 40000 kg. (40 toneladas);

- e o cimento, considerando uso em 10%, precisa-se 4000 kg (4 toneladas).

O agregado reciclado deve possuir tamanho dos grãos inferiores a 4,76 mm, e pode-se recomendar, segundo as referencias bibliográficas, entre 4,76 mm e 2,00 mm, facilitando a aglomeração do cimento e incrementar a porcentagem de lodo usado por elemento de alvenaria feito. O lodo deverá ter teor de sólidos de 50% ou superior. Recomenda-se o cimento do tipo Portland CPV ARI PLUS.

No espaço físico, pelas quantidades manejadas, a fábrica deve conter, no mínimo:

- um pátio de recebimento de materiais;
- uma área para abrigar os equipamentos;
- e um pátio para cura, armazenamento e expedição de blocos.

O pátio de recebimento de materiais, além da área de circulação de veículos, deverá conter minimamente 3 baias de armazenamento, uma para lodo e duas para os agregados. O tamanho para a baia para estocagem do lodo deverá ter uma dimensão 10 vezes maior, pois movimentará o material nessa proporção.

Para as quantidades propostas, cada baia deverá ser feita preferencialmente de concreto e com 2 m de altura na parede posterior e um desnível de 0,10 m para garantir a coleta dos líquidos livres ou lixiviado, por gravidade, num tanque apropriado. No caso do lodo, a baia deverá ter no mínimo um área de 5 m de comprimento por 3 m de largura. As duas baias dos agregados, cada uma deverá ter 5 m de comprimento e 15m de largura. O conjunto deverá ter um canal e uma caixa de coleta – tanque destes líquidos de 0,20 m x 0,20 m x 33,00 m e 1,0 m x 1,0 m x1,0 m, respectivamente. No caso de apresentar-se o lixiviado será encaminhado para a rede pública de esgoto.

A área dos equipamentos deve abrigar uma betoneira com capacidade para 400 kg, minimamente, uma esteira transportadora e uma prensa para a fabricação dos blocos. Esta área deverá ter 25 m de comprimento e 15 m de largura, a fim de facilitar a livre movimentação de operários e dos materiais.

O pátio de cura dos blocos deverá ter área mínima de 40 m x 30 m, para ter bateladas da produção no mínimo por 7 dias.

5.6 Comparação de Custo de Produção de Blocos de Concreto sem e com Materiais Reciclados

Para avaliar as variações dos custos de fabricação destes produtos, no caso dos blocos, foi feito um cálculo simples, da troca das matérias-primas atuais pelas recicladas.

Os custos de materiais necessários para a fabricação para processar matérias primas naturais, tomando como Ano-base 2005 no último trimestre, são apresentados na Tabela 51.

TABELA 51 CUSTOS DE MATERIAIS

Preço por kg de material				R\$
pó de pedra*		1	tonelada	24,50
pedrisco*		1	tonelada	25,00
areia m.*		1	m ³	30,00
cimento*		100	kg	25,00

* Ano-base 2005, quarto trimestre.

Pode-se concluir que sendo estes resíduos reciclados, além de ser um passivo ambiental, podem produzir ganhos em seu uso para a fabricação de elementos de alvenaria, neste caso dos

blocos; após fazer o respectivo desagendamento de lodos e a moenda dos agregados, e serem transportados às empresas fabricantes.

Com as nomenclaturas anteriormente apresentadas para os blocos fabricados na COOPERBLOCOS, no Anexo 7 apresentam-se as quantidades de matérias-primas usadas e os custos por bloco.

Nos custos destes blocos não está à redução de consumo de energia e de transporte, destacando suas vantagens, como por exemplo, a redução de uso dos agregados naturais e o potencial de conservação de energia através da reciclagem.

Segundo a revisão bibliográfica, para as administrações municipais, o custo para o processamento dos entulhos está em torno de U\$ 10 por metro cúbico quando é clandestinamente depositado (incluindo a correção da deposição e o controle de doenças).

Considerando que os preços dos agregados convencionais são mais custosos em mais de 70% do que a produção de agregados com base no entulho, pode-se gerar economias em relação a seu uso. O agregado miúdo reciclado deve ser visto como manancial de materiais-primas de grande utilidade na mesma construção civil. Os elementos de alvenaria gerados a partir deste material são possíveis de serem fabricados com uma economia em relação a similares naturais. Alguns municípios brasileiros já gerenciam este tipo de resíduo.

No caso de novas implementações a serem feitas, totais o parciais, os custos com estas melhoras nos preços de matérias-primas, permitiram amortizações rápidas e de pronto pagamento.

Na Tabela 52, com as nomenclaturas apresentadas para os blocos fabricados com material reciclado, apresentam-se as quantidades de matérias primas usadas e os custos por bloco. Considerou-se a análise do ponto de vista do fabricante.

No caso dos agregados teve-se em conta o valor de R\$ / kg = 0,01 para gastos de transporte da matéria prima.

TABELA 52. QUANTIDADES E CUSTOS DOS BLOCO BLOCOS FABRICADOS COM MATERIAL RECICLADO.

Mistura Tipo RECICLADO	100 % 0 %	Reciclado		Cimento		Agregado/Lodo	
		Natural		R\$ / kg =	0,25	R\$ / kg =	0,01
	Peso	Cimento		Agregado / Lodo		Total	
Produção ELEMENTOS DE ALVENARIA	(kg)	kg	R\$	kg	R\$	kg	R\$
Estrutural Agregado/Lodo	10,00	1,00	0,25	9,00	0,09	10,00	0,34
Vedação Agregado/Lodo	8,60	0,86	0,22	7,74	0,08	8,60	0,29

Para o custo, considera-se lodo úmido a 50%, ou seja, seco complementarmente no leito de secagem, pós a secagem total em estufas resulta inviável economicamente.

No preço indicado para as matérias-primas normalmente utilizadas pela COOPERBLOCOS, foi considerado o transporte dos materiais postos na fábrica.

O lodo da SANASA será recebido a um custo zero na fábrica, isto é, o transporte ficará por conta da geradora do lodo. No caso do agregado reciclado, a fábrica dos blocos arcará com esse custo.

Na Tabela 53 se apresentam as quantidades de materiais necessários para a confecção de 4.000 blocos de vedação, nas três condições de teor de sólidos (0%, 25% e 50%) e de proporção de incorporação (1% ou 3%).

TABELA 53. QUANTIDADES DE MATERIAIS PARA CONFEÇÃO DE 4.000 BLOCOS DE VEDAÇÃO.

Lodo-Agregado Base Seca			7,8 kg / Bloco	
Incorporação em		(kg)	1 Bloco	4000 Blocos
Seco	1%	Lodo 0%	0,08	312,00
ETL	1%	Lodo 25%	0,10	390,00
Leito	1%	Lodo 50%	0,12	468,00
Seco	3%	Lodo 0%	0,23	936,00
ETL	3%	Lodo 25%	0,29	1170,00
Leito	3%	Lodo 50%	0,35	1404,00

Na produção destes 4.000 blocos/dia precisa-se da incorporação da quantidade de agregado reciclado apresentada na Tabela 54.

TABELA 54. QUANTIDADE DE AGREGADO RECICLADO INCORPORADO.

Lodo-Agregado Base Seca			7,8 kg / Bloco	
Incorporação em		(kg)	1 Bloco	4000 Blocos
1% lodo	99%	Agregado	7,72	30888
3% lodo	97%	Agregado	7,57	30264

Do ponto de vista da empresa geradora de lodo, a SANASA neste caso tem um custo do transporte e disposição em aterro (ESTRE, SP) para a quantidade total de lodo produzida nas ETAs 3 e 4 com um valor de R\$ 109 t/dia a 25% de ST.

No caso de demanda aproximada de 400 kg ou 1200 kg. de lodo a 25% de ST, necessário na produção dos 4000 blocos por dia, estaria aliviando-se um passivo ambiental com ganhos de R\$ 42510 ou R\$130800 respectivamente. Para a demanda aproximada de 200 kg ou 600 kg. de lodo a 50% de ST, necessários na produção dos blocos por dia.

A SANASA teria só o custo do transporte de lodo da ETL, a 25%, para a fábrica de blocos, ou a metade para o transporte de lodo da ETL, a 50%. Considerando-se bastante menor para a SANASA quando o leva para o aterro.

O cálculo da área de leito de secagem necessária para uma capacidade de 1200 kg /dia de lodo a 25% para passar a 50%, com tempo de detenção de 10 dias, a 0,50m de altura, considerando as dimensões do leito piloto, em planta de 243 cm x 370 cm., para essa quantidade, precisa-se ter aproximadamente área de 25 m x 37 m no total.

Esta quantidade de área pode ser inviável para a ETA dependendo da disponibilidade do lugar. No caso, deverá considerar o custo de implantação e de operação de um sistema de secagem em leiras com esta capacidade. O custo do transporte para a fábrica teria um valor da metade da quantidade para o lodo a 50%.

Outra forma de fazer a secagem será feita na fabrica dos blocos que deverá ter disponível a área de desaguento. Neste caso a COOPERBLOCO tem esta disponibilidade e assumiria os custos do sistema.

Para poder chegar a alguma conclusão sobre a viabilidade desta forma de tratamento e de disposição ou uso benéfico, a SANASA e a COOPERBLOCO deveram fazer um convênio que levarem a solucionar a não formação de passivos ambientais, e desta forma se mostraria como deveria ser fisicamente essa fábrica na melhor condição, como descrito anteriormente.

No inicio poderia fazer-se substituição parcial de matéria prima por matéria prima reciclada. Isto tem sentido, para as relações feitos no estudo, até, uma vez que nos processos de fabricação de Blocos para vedação verificou-se que dá para utilizar 100 % de reciclados.

Para BUTTLER (2005), com os blocos estruturais similares, considera um custo de R\$ 0,30 por unidade, semelhante a os custos de bloco estrutural sem lodo utilizado no presente estudo.

Considera-se importante os custos de transportação destes materiais os que realmente influíram nos custos de cada unidade a ser comercializada.

5.7 Análise de Risco Ambiental da Incorporação do Lodo e Agregado Miúdo nos Elementos de Alvenaria

Considerando como sendo o principal objetivo deste estudo a incorporação do lodo das ETAs 3-4 da SANASA e do agregado miúdo, da Cidade de Campinas, em blocos tipo concreto, procurou-se propor uma metodologia para avaliação dos riscos ambientais produzidos no processo produtivo.

Para procurar os efeitos e definir possíveis focos e tipos de poluição, aplicou-se a proposta baseada no Método *Ad-hoc* de avaliação de impacto ambiental.

Neste processo perguntou-se, nas diversas etapas da produção de elementos de alvenaria da construção civil especialmente dos blocos tipo concreto, sob o ponto de risco, indicando os possíveis impactos ambientais decorrentes da incorporação dos resíduos como matérias-primas. Na metodologia está a descrição breve do fluxograma detalhado processo industrial de recuperação dos resíduos e os processos de incorporação, com suas avaliações e as características destes materiais respeito à Massa Bruta, Lixiviação e Solubilidade.

Se definiram os Impactos Ambientais Potenciais Decorrentes da Incorporação destes resíduos e após análise da revisão de literatura, os efeitos potenciais foram classificados em NULOS, POSITIVOS, NEGATIVOS, PROBLEMÁTICOS, num período de tempo de CURTO PRAZO ou LONGO PRAZO, sendo REVERSÍVEIS ou IRREVERSÍVEIS.

Concluiu-se que os impactos ambientais potenciais decorrentes dos processos eram:

1- Alusivos ao solo devido ao armazenamento, uso e disposição imprópria dos blocos pós-consumo (entulhos do futuro). Devem-se avaliar as opiniões, onde considera-se que não se apresentam efeitos ambientais no uso na disposição proposta; seus efeitos negativos no longo prazo, de implicações reversíveis como efeitos de maior quantia. Para a água subterrânea devido às mesmas circunstâncias deve-se considerar que não se apresentam efeitos ambientais no uso, avaliando as considerações ao longo prazo em implicações reversíveis.

2- Na contaminação dos funcionários envolvidos nas indústrias de fabricação dos elementos de alvenaria, pelo manuseio e contato físico cotidiano de materiais e de produtos, onde possivelmente não se apresentam efeitos ambientais. Deve-se considerar que existem efeitos negativos ponderando o curto prazo, podendo causar danos de caráter irreversíveis. Para o manuseio cotidiano de produtos fabricados, geralmente não se apresentariam efeitos ambientais. Mas deve-se avaliar que podem haver causas problemáticas; ponderando o longo prazo e podendo causar danos de caráter irreversíveis.

3- Respeito do ar, conseqüente de volatilização dos resíduos reciclados, na estocagem de resíduos, pode-se deparar que não se apresentam efeitos ambientais no uso, mas deve-se ter a apreciação de ter efeitos negativos, no curto prazo; com implicações reversíveis. Na contaminação do ar na estocagem de produtos, pode-se afirmar que não se apresentam efeitos ambientais no uso, mas têm que ser avaliado nos efeitos negativos, sejam efeitos ao curto prazo com conseqüências reversíveis.

4- Referente à população que reside ou trabalha nas edificações que utilizaram tais blocos, deve-se considerar que se apresentam poucos efeitos ou nulos, mas poderiam ser problemáticos ao longo prazo, com características reversíveis e irreversíveis. Para a população exposta a áreas de disposição dos blocos (pós-consumo), pode-se considerar que se apresentam poucos efeitos ou nulos, mas poderiam ser problemáticos; seja no longo prazo, de características reversíveis e irreversíveis.

No geral, requiere-se cobrar no processo de conscientização do aproveitamento de resíduos, especificamente para estocagem e manuseio. Deve-se observar que o mundo anda para OHSAS e

normas ambientais que devem ser cumpridas e melhoradas; além que os questionamentos são muito especulativos nesta área já que se têm vários outros fatores condicionantes do manuseio.

Fazendo a estocagem do lodo e dos agregados no pátio pode-se gerar contaminação da água subterrânea da Indústria e a contaminação dos operários e que poderia ser evitado com a superfície cimentada, canais e caixa de coleta de lixiviado.

Nas opiniões destes resíduos há pouco a sugerir, mais deverá ter-se um monitoramento adequado de as instalações piloto apropriadas, fora de ser os questionamentos, também muito especulativos por ter vários outros fatores condicionantes. Na disposição inadequada pode-se gerar contaminação dos operários da indústria pelas emissões atmosféricas. Mas acredita este estudo que se deve esclarecer os funcionários e os clientes dos materiais que esta sendo adquirido.

Dos blocos pós consumo, apresenta-se a contaminação da população que vive no local da disposição e no entorno; tanto quanto a contaminação dos funcionários da usina de reciclagem de entulho como da população que vive no entorno.

Tendo consideração dos dados obtidos nos testes de massa bruta, lixiviação e solubilização do lodo e os agregados, apresentados no Anexo 4, os valores máximos permitidos pelas NBR brasileiras nos testes de avaliação nenhum parâmetro os superou.

Nos valores altos obtidos de lixiviação estão os Fluoretos que ficarão perto de 10% do VMP. No caso do Alumínio o VMP é 0,20 mg/L; nas avaliações de solubilização encontrou-se no segundo semestre de 2005 um valor de 1,80 o que equivale 90% desse valor.

Na análise de risco à saúde da população exposta, devido ao armazenamento dos materiais no pátio da indústria, encontrou-se que a população de risco é reduzida já que a fábrica está numa área aberta e algumas residências do setor encontram-se situadas em local mais elevado. Dentro

do terreno, não se tem moradores. Circulam diariamente, pela indústria, cerca de 5 funcionários, que trabalham em turnos de 8 h. Sendo no total todos população adulta.

Na determinação das vias de exposição que poderiam contaminar os funcionários, estão:

1- Ingestão de água subterrânea contaminada. - a indústria é abastecida com água tratada pela SANASA. Na empresa a água é utilizada preferencialmente para o banho corporal e para beber. No escritório administrativo, consome-se geralmente água engarrafada. Os funcionários não preparam alimentos na indústria. Existe um poço de coleta de água subterrânea no interior da empresa, usado geralmente para misturas dos materiais. Pelo anteriormente mencionado é possível concluir que o risco de contaminação, pela ingestão de água subterrânea contaminada, pela disposição inadequada dos materiais no pátio da empresa, é insignificante.

2- Inalação de compostos voláteis presentes nos materiais, suspensas pela ação do vento e pela movimentação de máquinas e veículos. Pôde-se perceber que estes não ficam na forma de pó. Isto se deve, principalmente, à água quimicamente ligada em sua composição. Portanto não há risco de suspensão e inalação.

3- Contato dérmico. – observou-se a presença de pequenas quantidades de coliformes presentes nestes materiais, especificamente no lodo. Não foram detectados oocistos e cistos, de *Cryptosporidium sp* e *Giardia sp*, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- 1) o agregado reciclado de entulho da Unidade Recicladora de Materiais São Caetano (com tamanho dos grãos menor que 4,76 mm e o lodo das Estações de Tratamento de Água 3 e 4, ambas localizadas em Campinas, possuem características geotécnicas adequadas à sua utilização como matéria-prima para confecção de tijolos tipo solo-cimento e blocos vazados de concreto simples sem função estrutural.
- 2) o teor de sólidos do lodo influenciou na qualidade dos tijolos e blocos;
- 3) não foi possível efetuar-se a moldagem dos tijolos fabricados com esses materiais nas proporções 10%, 15%, 20% e 25% do lodo, no teor de umidade de 75% a 80%, com teor de cimento de 5% e 10%, sendo a causa o lodo muito úmido;
- 4) com lodo desaguado da ETL, contendo teor de umidade de 70% a 74%, foi possível efetuar-se a moldagem, mas apresentou-se desagregação após desforma, foram confeccionados só elementos de alvenaria com 10% de cimento com lodo submetido à secagem complementar contendo teor de umidade de 50% e lodo seco em estufa;
- 5) com os resultados obtidos na produção de tijolos com lodo desaguado da ETL e submetido à secagem complementar, contendo teor de umidade de 50% e seco em estufa, nas proporções 10%, 15%, 20% e 25% do lodo e com teor de cimento de 10%, foi possível a moldagem, mas teve-se perda do material da superfície do tijolo por atrito;

- 6) de acordo com as normas, respeito das dimensões e absorção de água dos tijolos, são aceitos aqueles confeccionados com 10%, 15%, 20% e 25% de lodo seco na estufa com 10% de cimento; mas não atendem os limites da norma para resistência à compressão.
- 7) Os blocos estruturais confeccionados com os materiais reciclados nas proporções estudados não atenderam às normas técnicas, notadamente os limites na resistência à compressão;
- 8) os blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural, com dimensões 14 cm x 19 cm x 39 cm, espessura de parede de 1,80 cm, no tipo vedação, confeccionados sem lodo com agregado matriz cerâmica e concreto; com lodo seco nas proporções de 1% e 3 % com agregado matriz cerâmica e concreto; e com 1% de lodo úmido com agregado matriz cerâmica e concreto, atenderam às normas técnicas.
- 9) Portanto, os materiais reciclados nas proporções estudadas, poderão ser utilizados para confecção destes blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural (vedação).
- 10) A cooperativa de blocos teria uma redução de custo na aquisição de materiais, já que os elementos de alvenaria produzidos com os reciclados apresentaram uma massa 25 % menor que os convencionais, proporcionando uma redução no custo de transporte e maior facilidade de manuseio.
- 11) A companhia de saneamento teria uma redução de custo de na disposição do lodo no aterro e teria como alternativa fazer o desaguamento aproveitando os custos como passivo ambiental.
- 12) Os potenciais impactos ambientais do uso de agregado seriam minimizados ao fazer deles matéria prima dos processos de fabricação de elementos de alvenaria para construção civil, empresa geradora do passivo ambiental.
- 13) Segundo a revisão bibliográfica, este estudo analisou a durabilidade dos elementos de alvenaria tipo concreto confeccionado através de diferentes proporções e relações água/cimento, fatores que têm influencia na qualidade, além da manipulação apropriada, mistura, transporte, lançamento nas fôrmas, adensamento correto e cura cuidadosa. Pelos valores obtidos nas avaliações de resistência e absorção, onde pode ser

usado em aproveitamento não-estrutural, satisfazendo o desempenho mecânico, atendendo o desempenho à durabilidade nos ambientes não agressivos; além da redução de matérias-primas naturais, como areia e agregados.

7. RECOMENDAÇÕES

Com o estudo feito na incorporação destes resíduos nas labores produtivas de elementos de alvenaria da construção civil, pode-se recomendar que deva ser feito para continuar essa linha de pesquisa, as avaliações correspondentes no uso de materiais naturais e reciclados conjuntamente para satisfazer as normas técnicas na elaboração de blocos de tipo estrutural.

Pode-se pensar, também, o uso de material agregado de outros tamanhos, separando os grãos mas finos, permitindo maior agregação dos materiais.

Recomenda-se, também, fazer uma avaliação dos riscos potenciais, mas completa, que permita determinar melhores atividades na prevenção de futuros problemas na saúde dos funcionários das empresas fabricantes e dos usuários dos produtos elaborados.

Poder pensar que os blocos feitos hoje e serem entulhos amanhã, não apresentem grandes alterações ao ambiente, e eles não futuro serão usados novamente para fabricação de elementos de alvenaria.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais: prática recomendada*. São Paulo. SP. 8p. 1998.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M. & CORDEIRO, J. S.: *Desempenho do leito de drenagem para desaguamento de lodo de ETA, que utilizam diferentes coagulantes, considerando as variáveis climáticas*. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

AICD – AGENCIA INTERAMERICANA PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO. *Aplicación de mejores prácticas para el desarrollo: programa de desarrollo municipal, resumen de descripción del programa*. Washington DC, 2002.

ANDRADE, P. D. S.: *Avaliação do impacto ambiental da utilização de resíduos de estações de tratamento de água em indústrias de cerâmica vermelha: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2005.

ÂNGULO, S. C: *Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos*. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, USP, 2005.

ÂNGULO, S C; ZORDAN, S E & JOHN, V M.: *Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil*. PCC - Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. EPUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

APHA; AWWA; WEF: *Standard Methods for the Examination of Water*, 2000.

ASTSWMO - Association of State and Territorial Solid Waste Management Officials: *Beneficial Use Survey*, April 2000.

AWWA: *Commercial application and marketing of water plant residuals* – subject área: water treatment, 2001.

BALLISTA, L. P. Z. : *Avaliação de algumas propriedades de concretos estruturais com agregados graúdos reciclados modificados com látex*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2003

BRASIL: Resolução 307 do Conselho do Meio Ambiente (CONAMA), 2002.

BRASIL–ABNT-EB-22 Peneiras para ensaio, 1999.

BRASIL–ABNT-NBR 5712 Bloco vazado modular de concreto, 1982.

BRASIL–ABNT-NBR 6136 Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural, 1995.

BRASIL–ABNT-NBR 6467 Agregados: determinação do inchamento de agregado miúdo: método de ensaio – Especificação, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 6502 Curva granulométrica, nomenclatura das partículas, 1995.

BRASIL–ABNT-NBR 7173 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural, 1982.

BRASIL–ABNT-NBR 7181 Solo: análise granulométrica: método de ensaio, 1984.

BRASIL–ABNT-NBR 7182 Solo: ensaio de compactação: método de ensaio, 1982.

BRASIL–ABNT-NBR 7184 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural – Determinação da Resistência à Compressão - método de ensaio, 1982.

BRASIL–ABNT-NBR 7211 Agregados para concreto – Especificação, 1982.

BRASIL–ABNT-NBR 7218 Agregados – determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis – método de ensaio, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 7219 Método de determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados destinados à produção de concreto, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 7220 Agregados: determinação de impurezas orgânicas de naturezas húmicas em agregado miúdo: método de ensaio, 1987.

NBR 8452 (Brasil, 1998)

BRASIL–ABNT-NBR 8491 Tijolo maciço de solo-cimento: especificação, 1984.

BRASIL–ABNT-NBR 8492 Tijolos maciços de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção: método de ensaio, 1984.

BRASIL–ABNT-NBR 9777 Agregados: Determinação da absorção de água em agregados miúdos: método de ensaio. 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 9941 Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 10004 Resíduos sólidos: classificação, 2004.

BRASIL–ABNT-NBR10005 Lixiviação de resíduos: procedimento, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR10006 Solubilização de resíduos: procedimento, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR10007 Amostragem de resíduos: procedimento, 1987.

BRASIL–ABNT-NBR 10832 Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual: procedimento, 1989.

BRASIL-ABNT-NBR 10833 Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica: procedimento, 1989.

BRASIL-ABNT-NBR 10834 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: especificação, 1994.

BRASIL-ABNT-NBR 10835 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: forma e dimensões: padronização, 1994.

BRASIL-ABNT-NBR 10836 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural: determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio, 1994.

BRASIL-ABNT-NBR 11581 CIMENTO PORTLAND - determinação dos tempos de pega, 1991.

BRASIL-ABNT-NBR 12117 Blocos vazados de concreto para alvenaria – Retração por secagem, 1992.

BRASIL-ABNT-NBR 12 118 Blocos vazados de concreto para alvenaria – Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida, 1992.

BRASIL - DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: Método do Ensaio de Casagrande, 1977.

BARBOSA, R. M.; POVINELLI, J.; ROCHA, O. & ESPÍNDOLA, E. L.G.: *A toxicidade de despejos (lodos) de estações de tratamento de água: daphnia similis (cladocera, crustácea)*, XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

BRITO, J.A.: *Cidade versus entulho*. In: II SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, Comitê Técnico CT206 Meio Ambiente (IBRACON), p.56-67.1999.

BUTTLE, A.: *Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2003.

BUTTLE, A.: *Uso de agregado reciclado de concreto em blocos de alvenaria estrutural*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2007.

CALMON, J. et al.: *Aproveitamento do resíduo de corte de granito para produção de tijolos de solo-cimento*. In: ENTAC-98 – Qualidade no processo construtivo, 1998, Florianópolis. Anais. Belo Horizonte, 2000.

CARNEIRO, A.P. et al. *Características do entulho e do agregado reciclado*. In: *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom*. Salvador, EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CASSA, J.C.; CARNEIRO, A.P. & SCHADACH, I. A. :*Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Projeto Entulho Bom*. Salvador, EDUFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador, BA, 2001.

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

CEPED – CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. *Manual de construção com solo-cimento*. São Paulo. SP. 3 ed. 147p. 1984.

CHAO, I. R.: *Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água*. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica, USP, SP, 2006.

CHAVEZ, Á.: *Tratamento de efluente têxtil e lodo gerado em um sistema de lodos ativados por batelada com adição de carvão ativado em pó*. Dissertação de mestrado, UNICAMP, SP, 2002.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ, *Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003 Síntese do Relatório Final*, São Paulo, 2000.

CORDEIRO, J.S.: *Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*, PROSAB. São Paulo. SP. 1999.

CORDEIRO, J. S. *O problema dos Lodos Gerados nos Decantadores em Estações de Tratamento de Água*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1993.

CORDEIRO, J. S. & CAMPOS J. R.: *O impacto ambiental provocado pela indústria da água de abastecimento*. Disponível em: <http://www.esp.ce.gov.br/espce/paginas/arquivos/vigambi/Impacto_Ambiental_ETA.pdf>. Acesso em: 01/11/2003.

CORDEIRO, J. S.: *Gerenciamento de lodo de ETAs – Remoção de água, através de leitos de secagem e codisposição da fase sólida em matrizes de cimento e resíduos da construção civil*. São Carlos: UFSCar / FINEP: p. 145. Relatório Técnico PROSAB 2, 2000.

CORDEIRO, J. S.: *Processamento de Lodos de Estação de Tratamento de Água (ETA)*. In: ANDREOLI, C.V. (coord.) *Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final*. Rio de Janeiro: RiMa / ABES / PROSAB, 2001. p. 121 – 142.

CORNWELL, D.A.: *Management of Water Treatment Plant Residuals*. American Society of Civil Engineers, American Water Works Association – Technology, 1987.

COSIN, S.; KOZIEVITCH, V.; TAVARES, D.; VIANNA, M.; TOFFOLI, S; SOUZA SANTOS, P.; DIAZ, F: *Incorporação de lodo de estações de tratamento de água a massa cerâmica*. XCVI Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2002.

CYBIS, L. F. & DOS SANTOS, C. V. J.: *Aplicação das técnicas de produção mais limpas na indústria da construção civil - estudo de caso*, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: *Método do Ensaio de Casagrande*, 1977.

DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH AND ENVIROMENTAL, QUALITY CONTROL DIVISION: *State board of health regulations pertaining to the beneficial use of water treatment sludge and fees applicable to the beneficial use of sludges*, 2004.

DE ALMEIDA, L: *Concreto - Notas de aula da disciplina AU414 - Estruturas IV-Concreto Armado*. UNICAMP, SP, 2002.

DE OLIVERA, A & GONÇALVES, M. C.: *Custos operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados. : estudo de caso*. XX Congresso ABES 1999.

DE SOUZA F, A.G. & DI BERNARDO, L.: *Clarificação da água de lavagem de filtros de estação de tratamento de água que utiliza cloreto férrico como coagulante e adensamento do sedimento*. XX Congresso ABES 1999.

DIAS, J.F.: *Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo*. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, UFU, 2004.

DI BERNARDO, L.: *Disposição de resíduos líquidos de ETAs em ETEs*. In: *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*, Marco Antônio Penalva Reali (coord). ABES 1999.

DIJKEMA,G.P.J.; REUTR,M.A.; VERHOEF,E.V.: *A new paradigm for waste management*, Waste Management, 20 (8): 633 – 368, 2000.

EPA - American Standard ASTM C2216-80 - *Water content as a percent of dry weight*, 1980.

FEC – UNICAMP. Disponível: <http://www.fec.unicamp.br> , março, 2006.

FONTANA, A. O.: *Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtro – estudo de caso – ETA Cardoso/SP*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2004

FONTANA, A. O. & CORDEIRO, J. S. : *Tecnologia integrada como solução para lodos de decantadores e águas de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso/SP*. Universidade Federal de São Carlos, 2005.

GARCÉS, F.; DÍAZ, J. C. & DELLEPIANE, O. M.: *Acondicionamiento de lodos producidos en el tratamiento de agua potable*. XV Congresso Internacional AIDIS. México, 1996.

GRANDIN, S. R.; ALEM SOBRINHO, P. & GARCIA JR., A. D.: *Desidratação de lodos produzidos em estações de tratamento de água*. In: XII Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental, Natal, 1993.

HAMILTON, A J; BOLAND,A M; STEVENS, D; PAULIN,B; KELLY, J; RADCLIFFE, J& DILLON, P: *Use of reclaimed water by the Australian horticultural Industry*. The State of Play and Challenges for the Future, Australia. 2003.

HANSEN, T. C.& NARUD, H. : *Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate*. Concrete International. Design and Construction, v. 5, n. 7, p. 79-83, 1983.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; SALES, A.; JOUKOSKI, A.: *Estudo da incorporação do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna em matriz de concreto com dosagem de 3%**. In XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville - Santa Catarina, 2003.

HUBBS, S. A.& PAVONI, J. L.: *Optimization of Sludge Dewaterability in Sludge-Disposal Lagoons*. Journal AWWA, Vol. 66 Iss. 11, Page(s) 658-663, November 1974.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível: <http://www.ibge.gov.br>, março, 2007.

ISAAC, R.L.: *Projeto BETA - Uso de lodo de estação de tratamento de água na construção civil* – UNICAMP, Campinas, 2003.

JOHN, V M & AGOPYAN, V: *Reciclagem de resíduos da construção*. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP). 2000.

KRASAUSKAS, J. W.: *Review of sludge disposal practices*. Journal American Water Works Association, Vol 61, No 5, P 225-230, 1969.

LIMBACHIYA, M.: *Use of recycled concrete aggregate in high-strength concrete*. Materials and Structures, Vol. 33, No. 233, P. 574-580, 2000.

MACHADO, C.; DE LIMA, D; DE ALMEIDA, R: *Estudo do comportamento da mistura solo-cimento reforçado com fibra sintética para uso em estradas florestais*. CERNE, V.4, N.1, p.123-128, 1998.

MARTINS, I. R.; BARBOSA, M. P.; LAZARI, C. R.; SALLES, F. M.: *Otimização dos Materiais para a Composição do Concreto de Alto Desempenho*. IBRACON – V. 2 - Construções em Concreto - Trabalho CBC0164 – p. 1381 - 1395. 46º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006.

MAZZEO, F.: *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa*. Escola de Engenharia, São Carlos, USP, 2003.

MENNI, R.: *Viabilidade técnica da incorporação de lodos das estações de tratamento de água do Município de Campinas em blocos cerâmicos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP.2005.

MMA - Ministério do Meio Ambiente; Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 357, de 17 de março, 2005.

MORITA, D.M.; SAMPAIO, A.O.; MIKI, M.K. e DAVID, A.C. *Incorporação de Lodos de Estações de Tratamento de Água em Blocos Cerâmicos*. In: X Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, SILUBESA, Anais (CD-Rom), pp.1-15. Braga. PORTIGAL. 15-19 de setembro de 2002

MS - Ministério da Saúde. Portaria n.º 518, de 25 de março, 2004.

NELSON, J. O.; JOSEPH, C A & CULP, R L. : *Beneficial disposal of water purification plant sludges in wastewater treatment (waste alum sludge disposal)*. Final Report, Aug. 1974 - Apr. 1977.

NOVAK, J.T. & CALKINS, D.C.: *Sludge Dewatering and Its Physical Properties*. Journal AWWA, Vol. 67 Iss. 1, P 42-45 , January 1975.

NOVAK, J T. & MONTGOMERY, G E.: *Chemical Sludge Dewatering on Sand Beds*. Journal of the Environmental Engineering Division, Vol. 101, No. 1, January/February, pp. 1-14, 1975.

NUNES, M.S. & SARTORI, H.J.F. *Caracterização Geotécnica de Lodos Provenientes de Estações de Tratamento de Água e de Esgotos Sanitários*. XIX Congresso ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu. PR. 1997. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ONU - Organização das Nações Unidas; Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: *Nosso futuro comum ou relatório Brundtland*. 1987.

OLIVEIRA, M. J. E. & ASSIS, C. S.: *Resíduos de construção: desenvolvimento sustentável*, XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

PERA, J.: *State of the art report - use of waste materials in construction in western Europe*. In: Seminário sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção, 1996, São Paulo. *Anais*. São Paulo: PCC - USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil,. 161 p. p. 1-20. 1996.

PEREIRA DA SILVA, A.Jr. & ISAAC, R.L.: *Adensamento por gravidade de lodo de ETA gerado em decantador convencional e decantador laminar*. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS, Anais, Cancun, México, 2002.

PINTO, T. P.: *De volta à questão do desperdício*. Construção. São Paulo:Pini, n. 2491, p. 18-19, nov. 1995.

PINTO, T.P.: *Resultados da gestão diferenciada*. *Téchne*, n.31, P 31-34, nov/dez, 1997.

PMC – Prefeitura Municipal de Campinas. Disponível: <http://www.campinas.sp.gov.br> , Março 2007.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O.: *Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água*. Passaúna – Curitiba – Pr. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental. Joinville, 2003.

REALI, M.A.P.: *Espessamento de lodos de ETAs*. In: Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de água, Marco Antônio Penalva Reali (coord.), Rio de Janeiro, ABES, 1999.

RICHTER, C.A.: *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*, São Paulo, SP, 2001.

SAHARA. Disponível :<http://www.sahara.com.br> , março, 2005.

SANASA - Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A, Campinas, São Paulo. Disponível: <http://www.sanasa.com.br>, Março de 2007.

SARON, A. & LEITE, V.M.B.: *Quantificação de lodo em estação de tratamento de água*. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, Brasil. 2001.

SILVA, A. P.; BIDONE, F. R. A. & MARQUES, D. M. L.: *Avaliação da lixiviação de alumínio e da produção de ácidos graxos voláteis em reatores anaeróbios utilizados para estudar*

a disposição final de lodos de ETAs em aterros sanitários. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

SILVA, N. I. W; KOCH, J. L. & FONSECA, H. B. F.: *Aproveitamento de resíduo da fabricação de sulfato de alumínio líquido na produção de blocos cerâmico*”, XXVI I Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

TECPER - Engenharia de Solos e Fundações Ltda. Disponível: <http://www.tecper.com.br> , Março, 2005.

UNILIVRE. Disponível: <http://www.unilivre.org.br/conheca.htm> , Março, 2005.

VESILIND, P.A.: *The role of water in sludge dewatering*. Water Environment Research, Vol. 66, No.1, pp.4-11. 1994.

VON SPERLING, M. & NASCIMENTO, L.V. *A Resolução CONAMA 20/86 e as legislações estaduais de classificação das águas e lançamentos de efluentes*. 20º Congresso ABES 1999.

WATANABE, M.: *O desafio de privatizar a moradia popular. Qualidade na construção, Habitação*, N 22, P.12-20, São Paulo, 2000.

WPCF Water Pollution Control Federation: *Manual of Practice, SM-3, Water reuse*. 126 p. Tablas. Washington, D.C., US 1983.

WU, C.C. & HUANG, C.: *Effects if recycling-sludge operation on the structure and moisture cont of floc in water treatment plant*. Separation Science and Technology, v 32, No 17, p 2873 – 2882, 1997.

YUZHU, W.: *Condicionamento de lodo de estação de tratamento de água: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 419 p, 1996.

ZORDAN, S: *A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP.1997.

ANEXOS

Anexo 1

RESULTADO DAS AVALIAÇÕES DOS BLOCOS ESTRUTURAIS E DE VEDAÇÃO.

MASSA (amostras)		Bloco Formato(cm) =14x19x39			Temp.= 24 oC			
Nome	Classe	1	2	3	4	5	6	7
Bloc-01	TE-MCO-SemL	9978	10080	10020	9990	10640	9988	9917
Bloc-02	TE-MCA-SemL	9710	9870	9960	9878	9920	9789	9941
Bloc-03	TV-MCO-SemL	8553	8478	8564	8514	8497	8454	8477
Bloc-04	TV-MCA-SemL	8375	8453	8361	8299	8425	8349	8374
Bloc-05	TE-MCO-LSe-L(1%)	10158	10465	10874	10154	10257	10346	9913
Bloc-06	TE-MCO-LSe-L(3%)	10028	10230	10632	10573	10124	10200	9998
Bloc-07	TE-MCO-LSe-L(5%)	9951	9896	9974	9874	9978	9869	9904
Bloc-08	TE-MCO-LSe-L(10%)	9844	9874	9854	9810	9845	9789	9893
Bloc-09	TE-MCO-LSe-L(15%)	9654	9683	9641	9633	9678	9702	9614
Bloc-10	TE-MCA-LSe-L(1%)	9734	9923	9845	9871	9836	9879	9976
Bloc-11	TE-MCA-LSe-L(3%)	9594	9681	9745	9658	9804	9784	9959
Bloc-12	TE-MCA-LSe-L(5%)	9698	9645	9678	9841	9578	9602	9689
Bloc-13	TE-MCA-LSe-L(10%)	9632	9632	9578	9624	9635	9586	9568
Bloc-14	TE-MCA-LSe-L(15%)	9393	9347	9441	9385	9468	9402	9532
Bloc-15	TV-MCO-LSe-L(1%)	8455	8868	8965	8765	8989	8723	8913
Bloc-16	TV-MCO-LSe-L(3%)	8819	8697	8841	8479	8692	8782	8491
Bloc-17	TV-MCO-LSe-L(5%)	8144	8621	8564	8647	8561	8674	8815
Bloc-18	TV-MCO-LSe-L(10%)	8342	8514	8475	8549	8643	8571	8387
Bloc-19	TV-MCO-LSe-L(15%)	8271	8263	8347	8294	8259	8357	8249
Bloc-20	TV-MCA-LSe-L(1%)	8721	8798	8699	8856	8741	8602	8736
Bloc-21	TV-MCA-LSe-L(3%)	8512	8457	8391	8571	8596	8473	8554
Bloc-22	TV-MCA-LSe-L(5%)	8456	8369	8323	8347	8564	8395	8456
Bloc-23	TV-MCA-LSe-L(10%)	8271	8245	8363	8323	8249	8345	8249
Bloc-24	TV-MCA-LSe-L(15%)	7984	8087	8014	8124	8210	8046	8229
Bloc-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)	10025	10298	10384	10256	10741	10581	9981
Bloc-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)	9845	10158	10248	10230	9998	10374	9847
Bloc-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)	9823	9727	9860	9835	9812	9746	9723
Bloc-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)	9657	9633	9610	9784	9684	9631	9605
Bloc-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)	9254	9623	9631	9489	9507	9668	9593
Bloc-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)	9614	9864	9783	9846	9812	9699	9733
Bloc-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)	9587	9756	9714	9684	9689	9783	9654
Bloc-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)	9587	9633	9658	9648	9631	9657	9603
Bloc-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)	9153	9458	9478	9479	9560	9501	9401
Bloc-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)	9241	9302	9258	9247	9238	9278	9178
Bloc-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)	8697	8615	8698	8745	8647	8739	8625
Bloc-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)	8573	8754	8695	8623	8656	8641	8634
Bloc-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)	8504	8566	8524	8533	8549	8510	8624
Bloc-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)	8417	8451	8367	8287	8501	8476	8395
Bloc-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)	8213	8340	8147	8204	8161	8240	8246
Bloc-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)	8455	8532	8541	8560	8347	8567	8647
Bloc-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)	8493	8531	8503	8475	8429	8412	8199
Bloc-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)	8422	8312	8401	8041	8129	8307	8340
Bloc-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)	8312	8237	8291	8341	8250	8017	8111
Bloc-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)	8047	7981	7934	7980	7963	8109	8140

MASSA	Continuação 14x19x39 cm								
Nome	8	9	10	11	12	Méd.(g)	Méd.(Kg)	Maximo	Minimo
Bloc-01	9847	10200	9897	10174	9984	10060	10,06	10640	9847
Bloc-02	9937	9871	9766	9812	9874	9861	9,86	9960	9710
Bloc-03	8263	8448	8543	8516	8507	8485	8,48	8564	8263
Bloc-04	8346	8386	8432	8430	8394	8385	8,39	8453	8299
Bloc-05	10754	10871	9879	10274	10412	10363	10,36	10874	9879
Bloc-06	10179	10243	10178	10220	10303	10242	10,24	10632	9998
Bloc-07	10046	10024	9732	9984	9874	9926	9,93	10046	9732
Bloc-08	9682	9891	9771	9935	9940	9844	9,84	9940	9682
Bloc-09	9723	9651	9641	9714	9719	9671	9,67	9723	9614
Bloc-10	9914	9873	9909	9888	9834	9874	9,87	9976	9734
Bloc-11	9837	9961	9866	9617	9743	9771	9,77	9961	9594
Bloc-12	9614	9674	9633	9810	9742	9684	9,68	9841	9578
Bloc-13	9587	9561	9714	9743	9780	9637	9,64	9780	9561
Bloc-14	9348	9464	9471	9312	9304	9406	9,41	9532	9304
Bloc-15	8814	8954	8736	8945	8843	8831	8,83	8989	8455
Bloc-16	8987	8246	8715	8967	8871	8716	8,72	8987	8246
Bloc-17	8965	8451	8741	8666	8647	8625	8,62	8965	8144
Bloc-18	8571	8912	8496	8378	8477	8526	8,53	8912	8342
Bloc-19	8099	8245	8287	8278	8299	8267	8,27	8357	8099
Bloc-20	8759	8702	8790	8747	8874	8740	8,74	8874	8602
Bloc-21	8514	8549	8568	8663	8572	8535	8,54	8663	8391
Bloc-22	8374	8347	8461	8514	8471	8423	8,42	8564	8323
Bloc-23	8099	8245	8287	8365	8312	8279	8,28	8365	8099
Bloc-24	8214	8178	8312	8215	8301	8160	8,16	8312	7984
Bloc-25	10104	10712	10043	10441	10389	10330	10,33	10741	9981
Bloc-26	9965	9971	9914	10021	9991	10047	10,05	10374	9845
Bloc-27	9947	9761	9687	9857	9867	9804	9,80	9947	9687
Bloc-28	9589	9614	9701	9714	9684	9659	9,66	9784	9589
Bloc-29	9468	9637	9521	9669	9581	9553	9,55	9669	9254
Bloc-30	9878	9655	9674	9787	9801	9762	9,76	9878	9614
Bloc-31	9593	9684	9541	9688	9778	9679	9,68	9783	9541
Bloc-32	9463	9566	9581	9655	9680	9614	9,61	9680	9463
Bloc-33	9578	9464	9517	9564	9607	9480	9,48	9607	9153
Bloc-34	9218	9203	9157	9197	9258	9231	9,23	9302	9157
Bloc-35	8695	8714	8629	8779	8734	8693	8,69	8779	8615
Bloc-36	8677	8541	8578	8512	8573	8621	8,62	8754	8512
Bloc-37	8434	8594	8479	8555	8594	8539	8,54	8624	8434
Bloc-38	8346	8299	8359	8474	8451	8402	8,40	8501	8287
Bloc-39	8215	8277	8197	8333	8399	8248	8,25	8399	8147
Bloc-40	8599	8573	8536	8687	8617	8555	8,56	8687	8347
Bloc-41	8250	8465	8364	8466	8492	8423	8,42	8531	8199
Bloc-42	8362	8215	8291	8333	8360	8293	8,29	8422	8041
Bloc-43	8167	8204	8196	8371	8364	8238	8,24	8371	8017
Bloc-44	8117	8049	7981	8144	8120	8047	8,05	8144	7934

	DIMENSÕES 14x19x39	1 Pared P				2 P				3 P			
Bloc-01	TE-MCO-SemL	14,2	19,3	39,0	3,10	14,2	19,3	39,0	3,15	14,0	19,2	39,1	3,20
Bloc-02	TE-MCA-SemL	14,0	19,1	39,0	3,10	14,0	19,2	39,0	3,10	13,9	19,2	39,0	3,20
Bloc-03	TV-MCO-SemL	14,1	19,2	39,1	1,80	13,9	19,2	39,0	1,90	14,0	19,2	39,1	1,80
Bloc-04	TV-MCA-SemL	14,0	19,3	39,1	1,80	14,0	19,3	39,1	1,90	14,0	19,4	39,1	1,85
Bloc-05	TE-MCO-LSe-L(1%)	13,9	19,4	39,0	2,80	14,0	19,2	39,0	3,10	14,0	19,3	39,0	2,90
Bloc-06	TE-MCO-LSe-L(3%)	14,0	19,1	38,8	3,10	14,0	19,1	38,8	3,00	13,9	19,0	38,8	3,10
Bloc-07	TE-MCO-LSe-L(5%)	14,0	19,5	39,0	3,10	13,9	19,5	39,0	3,10	14,1	19,3	39,0	3,20
Bloc-08	TE-MCO-LSe-L(10%)	14,0	19,2	39,0	2,80	14,0	19,2	39,0	2,80	14,0	19,2	39,0	2,80
Bloc-09	TE-MCO-LSe-L(15%)	14,0	19,2	39,9	3,10	14,0	19,0	39,0	2,80	14,0	19,2	38,9	2,80
Bloc-10	TE-MCA-LSe-L(1%)	14,0	19,2	39,2	3,10	14,0	19,3	39,2	3,10	14,0	19,0	39,0	3,00
Bloc-11	TE-MCA-LSe-L(3%)	13,8	19,2	39,0	3,10	13,9	19,1	39,0	3,10	14,0	19,2	38,9	3,20
Bloc-12	TE-MCA-LSe-L(5%)	14,0	19,2	38,9	3,10	14,0	19,2	39,0	3,10	13,9	19,1	38,9	3,15
Bloc-13	TE-MCA-LSe-L(10%)	13,9	19,2	39,0	3,10	13,9	19,3	39,0	3,10	13,9	19,2	38,9	3,20
Bloc-14	TE-MCA-LSe-L(15%)	14,1	19,5	38,9	3,30	14,1	19,4	38,9	3,10	14,0	19,4	38,9	3,20
Bloc-15	TV-MCO-LSe-L(1%)	14,0	18,8	39,0	1,80	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80
Bloc-16	TV-MCO-LSe-L(3%)	13,9	19,0	38,9	1,80	14,0	19,5	39,0	1,90	14,1	19,0	38,9	1,90
Bloc-17	TV-MCO-LSe-L(5%)	13,8	19,0	39,0	1,90	14,0	19,2	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80
Bloc-18	TV-MCO-LSe-L(10%)	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,2	39,1	1,90	14,1	19,2	39,0	1,80
Bloc-19	TV-MCO-LSe-L(15%)	14,0	18,6	39,0	1,80	13,8	19,2	39,0	1,80	13,9	18,9	39,1	1,80
Bloc-20	TV-MCA-LSe-L(1%)	14,0	19,2	39,0	1,85	14,1	19,2	39,1	1,90	13,9	19,3	39,0	1,80
Bloc-21	TV-MCA-LSe-L(3%)	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80
Bloc-22	TV-MCA-LSe-L(5%)	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90
Bloc-23	TV-MCA-LSe-L(10%)	14,0	19,0	39,0	1,90	13,9	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80
Bloc-24	TV-MCA-LSe-L(15%)	14,0	19,0	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80
Bloc-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)	14,1	19,2	39,2	3,15	14,0	19,0	39,0	3,10	13,9	19,1	38,9	3,10
Bloc-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)	14,0	19,1	39,1	3,15	14,0	19,0	39,0	3,10	13,9	19,0	39,0	3,25
Bloc-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)	13,8	19,3	39,0	3,15	14,0	19,0	39,0	3,20	13,9	19,3	38,9	3,20
Bloc-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)	14,1	19,5	38,7	3,15	14,0	19,0	39,0	3,10	14,0	19,5	38,7	3,15
Bloc-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)	13,9	19,4	38,8	3,15	14,1	19,0	39,0	3,15	14,0	19,5	38,9	3,20
Bloc-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)	14,0	19,1	39,1	3,15	14,0	19,0	39,0	3,10	14,1	19,1	39,1	3,20
Bloc-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)	14,2	19,0	39,0	2,80	13,8	19,0	39,0	2,80	14,1	19,1	39,1	3,00
Bloc-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)	14,0	19,0	38,9	3,00	13,9	19,0	39,0	3,00	13,9	19,3	38,9	2,80
Bloc-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)	14,0	19,1	38,9	2,70	14,0	19,0	39,0	2,80	13,9	19,1	38,9	3,00
Bloc-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)	13,9	19,3	38,9	2,80	14,0	19,0	39,0	2,80	14,0	19,3	38,8	2,80
Bloc-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)	14,0	19,3	39,1	2,00	14,1	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	2,00
Bloc-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,3	39,0	2,00	14,1	19,3	39,0	1,90
Bloc-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)	14,1	19,0	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	2,00
Bloc-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)	13,8	19,4	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90
Bloc-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	2,00
Bloc-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)	14,1	19,0	39,0	1,90	14,2	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90
Bloc-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)	13,8	19,0	39,1	1,80	14,1	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	1,90
Bloc-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	2,00	14,2	19,0	39,0	2,00
Bloc-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)	14,0	19,3	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	2,00
Bloc-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)	14,1	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,1	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90

Amostra 4 P 4				Amostra 5 P 5				Amostra 6 P 6				Amostra 7 P 7				Amostra 8 P 8			
13,9	19,3	38,9	3,20	14,0	19,0	39,0	3,00	14,0	19,0	39,1	3,20	14,0	19,0	39,1	3,20	13,8	19,4	38,9	3,00
14,0	19,0	39,1	3,20	14,0	19,1	39,0	3,15	14,0	19,0	39,1	3,10	13,9	19,0	39,1	3,10	14,1	19,1	39,0	3,15
14,2	19,2	39,1	1,85	13,9	19,0	39,0	1,80	14,1	19,1	39,1	1,85	14,1	19,1	39,1	1,85	13,9	19,3	38,9	1,80
14,0	19,3	39,0	1,90	14,0	19,2	39,1	1,80	13,9	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,4	39,1	1,80
14,0	19,3	39,0	2,80	14,1	19,0	39,0	2,80	14,0	19,0	39,1	2,70	14,0	19,0	39,1	2,70	13,9	19,4	39,0	2,80
14,0	19,0	38,8	3,20	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,1	38,9	3,20	14,0	19,1	38,9	3,20	14,0	19,1	38,8	3,20
13,9	19,4	39,0	3,20	14,1	19,3	39,0	3,20	14,0	19,0	39,0	3,20	14,0	19,0	39,0	3,20	14,1	19,3	39,0	3,10
14,0	19,2	39,0	2,80	14,0	19,0	39,0	2,80	14,1	19,0	39,0	2,70	14,1	19,0	39,0	2,70	14,0	19,4	39,0	2,80
14,1	19,2	39,3	2,70	14,0	19,0	39,0	2,80	14,0	19,0	39,4	2,80	14,0	19,0	39,4	2,80	14,0	19,2	39,6	2,80
14,2	19,2	39,0	3,25	13,9	19,1	39,0	3,30	14,2	19,2	39,2	3,15	14,0	19,2	39,2	3,15	13,9	19,1	39,9	3,30
14,2	19,4	38,8	3,30	14,0	19,0	38,9	3,25	14,1	19,0	38,9	3,20	14,1	19,0	38,9	3,20	14,0	19,4	38,9	3,25
13,9	19,1	38,9	3,20	14,0	19,0	38,9	3,20	14,0	19,0	39,0	3,20	14,0	19,2	39,0	3,20	13,9	19,0	38,9	3,20
14,0	19,2	39,1	3,20	14,1	19,2	39,0	3,20	14,0	19,0	39,1	3,25	14,2	19,0	39,1	3,25	14,0	19,2	39,0	3,20
14,1	19,4	39,0	3,30	14,0	19,0	38,9	3,30	14,0	19,0	39,0	3,30	14,0	19,0	39,0	3,30	14,0	19,4	38,9	3,30
14,0	18,9	39,0	1,80	14,0	18,9	39,0	1,80	14,1	18,9	39,0	1,80	14,0	18,9	39,0	1,80	13,9	18,9	39,0	1,80
14,0	19,0	38,9	1,90	14,0	19,0	38,9	1,80	14,0	19,0	38,9	1,80	14,0	19,0	38,9	1,90	14,0	19,0	38,9	1,90
14,0	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	13,8	19,0	39,0	1,80	14,0	19,2	39,0	1,80
14,1	19,2	39,0	1,80	14,1	19,2	39,0	1,90	14,1	19,2	39,0	1,90	14,1	19,2	39,0	1,90	14,1	19,2	39,0	1,80
13,9	18,7	39,1	1,90	13,9	18,8	39,9	1,80	13,9	18,8	39,5	1,80	13,9	18,8	39,5	1,80	13,9	18,8	39,9	1,80
14,0	19,3	38,9	1,80	13,9	19,2	38,9	1,80	13,9	19,2	38,9	1,90	13,9	19,2	38,9	1,90	13,9	19,2	38,9	1,80
14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,90
14,0	19,0	39,0	1,90	13,9	19,1	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	13,9	19,0	39,0	1,90
13,9	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,80	14,2	19,0	39,0	1,80
14,1	19,0	39,0	1,80	14,0	19,0	39,0	1,90	13,9	19,1	39,0	1,90	13,9	19,1	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	1,90
14,2	19,2	39,1	3,00	13,8	19,1	39,0	3,20	14,1	19,1	39,0	3,20	14,1	19,1	39,0	3,20	13,9	19,5	39,0	3,10
14,0	19,1	38,9	3,20	14,0	19,0	39,0	3,20	14,0	19,1	39,1	2,80	14,0	19,1	39,1	2,80	13,9	19,0	38,9	3,20
13,9	19,1	38,9	2,80	14,1	19,1	39,0	3,20	14,0	19,1	39,0	2,80	13,8	19,2	39,0	2,80	13,8	19,2	38,8	3,20
14,0	19,2	38,8	2,80	14,0	19,0	39,0	3,20	14,0	19,1	39,0	2,80	14,0	19,1	39,0	2,80	14,0	19,0	38,8	3,20
13,9	19,1	38,8	2,80	13,9	19,1	39,0	3,25	13,8	19,1	39,0	2,80	14,0	19,1	39,0	2,80	13,9	19,2	38,9	3,25
14,0	19,1	39,0	2,80	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,1	39,1	2,80	14,1	19,1	39,1	2,80	14,0	19,1	39,0	3,20
14,0	19,2	39,0	3,00	14,0	19,2	39,0	3,00	14,0	19,2	39,0	3,00	14,0	19,2	39,0	3,00	14,0	19,2	39,0	2,80
13,8	19,2	38,9	3,00	13,9	19,1	39,0	3,20	13,9	19,2	39,0	2,80	13,9	19,2	39,0	2,80	13,9	19,2	38,9	2,70
13,9	19,1	38,9	2,80	14,0	19,1	39,0	3,00	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,2	38,9	3,00
13,9	19,2	38,9	2,80	14,0	19,1	38,8	3,20	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,1	39,0	3,20	14,0	19,3	38,8	3,00
14,0	19,0	39,0	2,00	13,8	19,0	39,0	2,00	13,9	19,0	39,0	2,00	13,9	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90
14,1	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	2,00	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,1	39,0	2,00	13,9	19,0	39,0	2,00
14,2	19,0	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	2,00	14,1	19,0	39,0	2,00
14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,1	38,8	2,00	13,9	19,0	39,0	2,00	13,9	19,0	39,0	2,00	13,9	19,1	39,0	1,90
14,1	19,0	39,0	2,00	13,9	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	2,00	14,1	19,0	39,0	2,00
14,0	19,0	39,0	1,90	14,2	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90
14,1	19,0	39,0	1,90	13,8	19,1	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90	14,1	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90
13,8	19,0	39,1	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	2,00	14,0	19,1	39,0	2,00	14,1	19,0	39,0	1,90
14,0	19,0	39,0	2,00	14,0	19,1	39,0	1,90	14,0	19,0	39,0	1,90	13,8	19,0	39,0	1,90	14,2	19,0	39,0	2,00
14,0	19,0	39,0	1,90	13,9	19,0	39,0	2,00	14,0	19,0	38,8	1,90	14,0	19,0	38,8	1,90	13,9	19,0	39,0	1,90

ABSORÇÃO DE AGUA		Peso (g) Amostra 1					
Nome	Classe	Normal	Seco	Úmido	N - S	U - N	% umid
Bloc-01	TE-MCO-SemL	10745	10583	11820	162	1075	10,47
Bloc-02	TE-MCA-SemL	9971	9798	11121	173	1150	11,90
Bloc-03	TV-MCO-SemL	8378	8205	9231	173	853	11,11
Bloc-04	TV-MCA-SemL	8237	8049	9074	188	837	11,30
Bloc-05	TE-MCO-LSe-L(1%)	9795	9638	10815	157	1020	10,88
Bloc-06	TE-MCO-LSe-L(3%)	10028	9891	11001	137	973	10,09
Bloc-07	TE-MCO-LSe-L(5%)	9846	9687	10794	159	948	10,26
Bloc-08	TE-MCO-LSe-L(10%)	10654	10482	11804	172	1150	11,20
Bloc-09	TE-MCO-LSe-L(15%)	9947	9782	10964	165	1017	10,78
Bloc-10	TE-MCA-LSe-L(1%)	9463	9302	10400	161	937	10,56
Bloc-11	TE-MCA-LSe-L(3%)	9578	9402	10451	176	873	10,04
Bloc-12	TE-MCA-LSe-L(5%)	9698	9518	10578	180	880	10,02
Bloc-13	TE-MCA-LSe-L(10%)	9725	9532	10613	193	888	10,19
Bloc-14	TE-MCA-LSe-L(15%)	9346	9147	10221	199	875	10,51
Bloc-15	TV-MCO-LSe-L(1%)	8874	8721	9804	153	930	11,05
Bloc-16	TV-MCO-LSe-L(3%)	8897	8722	9807	175	910	11,06
Bloc-17	TV-MCO-LSe-L(5%)	8439	8288	9431	151	992	12,12
Bloc-18	TV-MCO-LSe-L(10%)	8574	8401	9514	173	940	11,70
Bloc-19	TV-MCO-LSe-L(15%)	8319	8151	9307	168	988	12,42
Bloc-20	TV-MCA-LSe-L(1%)	8721	8576	9623	145	902	10,88
Bloc-21	TV-MCA-LSe-L(3%)	8459	8301	9328	158	869	11,01
Bloc-22	TV-MCA-LSe-L(5%)	8655	8501	9564	154	909	11,11
Bloc-23	TV-MCA-LSe-L(10%)	8547	8384	9344	163	797	10,27
Bloc-24	TV-MCA-LSe-L(15%)	8457	8301	9401	156	944	11,70
Bloc-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)	9587	9425	10534	162	947	10,53
Bloc-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)	9646	9472	10554	174	908	10,25
Bloc-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)	9923	9737	11206	186	1283	13,11
Bloc-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)	9851	9671	11021	180	1170	12,25
Bloc-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)	9945	9780	11211	165	1266	12,76
Bloc-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)	9199	9057	10136	142	937	10,65
Bloc-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)	9412	9251	10301	161	889	10,19
Bloc-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)	9681	9503	10693	178	1012	11,13
Bloc-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)	9774	9610	10917	164	1143	11,97
Bloc-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)	9685	9508	10931	177	1246	13,02
Bloc-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)	8578	8403	9474	175	896	11,30
Bloc-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)	8422	8247	9377	175	955	12,05
Bloc-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)	8745	8571	9637	174	892	11,06
Bloc-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)	8847	8665	9844	182	997	11,98
Bloc-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)	8858	8675	9984	183	1126	13,11
Bloc-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)	8090	7939	9008	151	918	11,87
Bloc-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)	8254	8097	9237	157	983	12,34
Bloc-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)	8154	7984	9198	170	1044	13,20
Bloc-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)	8499	8301	9828	198	1329	15,54
Bloc-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)	8699	8507	9930	192	1231	14,33

	Amostra 2					
Nome	Normal	Seco	Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	9832	9677	10757	155	925	10,04
Bloc-02	9931	9771	11034	160	1103	11,45
Bloc-03	8512	8343	9222	169	710	9,53
Bloc-04	8432	8247	9258	185	826	10,92
Bloc-05	10038	9878	10925	160	887	9,58
Bloc-06	10369	10197	11331	172	962	10,01
Bloc-07	9821	9674	10763	147	942	10,12
Bloc-08	9943	9781	10878	162	935	10,08
Bloc-09	8678	8516	9465	162	787	10,03
Bloc-10	9865	9700	10801	165	936	10,19
Bloc-11	9687	9523	10522	164	835	9,49
Bloc-12	9698	9522	10582	176	884	10,02
Bloc-13	9978	9817	10882	161	904	9,79
Bloc-14	9998	9806	10898	192	900	10,02
Bloc-15	8782	8615	9668	167	886	10,89
Bloc-16	8694	8514	9523	180	829	10,60
Bloc-17	8479	8319	9372	160	893	11,24
Bloc-18	8664	8480	9627	184	963	11,91
Bloc-19	8342	8167	9245	175	903	11,66
Bloc-20	8612	8462	9485	150	873	10,79
Bloc-21	8617	8445	9480	172	863	10,92
Bloc-22	8892	8699	9855	193	963	11,73
Bloc-23	8559	8378	9466	181	907	11,49
Bloc-24	8625	8457	9585	168	960	11,77
Bloc-25	9658	9479	10647	179	989	10,97
Bloc-26	9845	9635	10823	210	978	10,98
Bloc-27	9865	9690	10899	175	1034	11,09
Bloc-28	9847	9667	10997	180	1150	12,09
Bloc-29	10145	9965	11513	180	1368	13,45
Bloc-30	9026	8851	9983	175	957	11,34
Bloc-31	9117	8935	10098	182	981	11,52
Bloc-32	9251	9081	10383	170	1132	12,54
Bloc-33	9568	9381	10792	187	1224	13,07
Bloc-34	9688	9501	10975	187	1287	13,43
Bloc-35	8255	8101	9034	154	779	10,33
Bloc-36	8666	8489	9488	177	822	10,53
Bloc-37	8694	8496	9612	198	918	11,61
Bloc-38	8699	8511	9741	188	1042	12,63
Bloc-39	8631	8427	9765	204	1134	13,70
Bloc-40	7955	7769	8683	186	728	10,53
Bloc-41	8007	7845	8886	162	879	11,72
Bloc-42	8212	8034	9278	178	1066	13,41
Bloc-43	8764	8584	9891	180	1127	13,21
Bloc-44	8747	8554	9882	193	1135	13,44

Amostra 3						
Nome	Normal	Seco	Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	9978	9801	10847	177	869	9,64
Bloc-02	9837	9664	10778	173	941	10,34
Bloc-03	8353	8183	9148	170	795	10,55
Bloc-04	8532	8363	9391	169	859	10,95
Bloc-05	10158	9992	10971	166	813	8,92
Bloc-06	9951	9786	10824	165	873	9,59
Bloc-07	9928	9770	10843	158	915	9,90
Bloc-08	9847	9688	10853	159	1006	10,73
Bloc-09	9744	9582	10701	162	957	10,46
Bloc-10	9794	9637	10661	157	867	9,61
Bloc-11	9734	9574	10579	160	845	9,50
Bloc-12	9947	9789	10932	158	985	10,46
Bloc-13	9493	9308	10364	185	871	10,19
Bloc-14	9472	9287	10461	185	989	11,22
Bloc-15	8819	8687	9646	132	827	9,94
Bloc-16	8584	8414	9378	170	794	10,28
Bloc-17	8444	8265	9201	179	757	10,17
Bloc-18	8455	8314	9244	141	789	10,06
Bloc-19	8271	8099	9005	172	734	10,06
Bloc-20	8412	8247	9169	165	757	10,06
Bloc-21	8342	8171	9128	171	786	10,48
Bloc-22	8439	8255	9303	184	864	11,27
Bloc-23	8574	8384	9454	190	880	11,32
Bloc-24	8319	8145	9207	174	888	11,53
Bloc-25	9759	9582	10768	177	1009	11,01
Bloc-26	9870	9694	10843	176	973	10,60
Bloc-27	9937	9764	11001	173	1064	11,24
Bloc-28	10194	9996	11329	198	1135	11,77
Bloc-29	10327	10157	11574	170	1247	12,24
Bloc-30	9176	9001	10047	175	871	10,41
Bloc-31	9503	9325	10508	178	1005	11,26
Bloc-32	9582	9398	10596	184	1014	11,31
Bloc-33	9702	9507	10851	195	1149	12,39
Bloc-34	9898	9697	11099	201	1201	12,63
Bloc-35	8215	8053	9082	162	867	11,33
Bloc-36	8274	8102	9046	172	772	10,44
Bloc-37	8327	8147	9295	180	968	12,35
Bloc-38	8566	8370	9597	196	1031	12,79
Bloc-39	8651	8462	9682	189	1031	12,60
Bloc-40	8080	7913	8986	167	906	11,94
Bloc-41	8065	7895	8919	170	854	11,48
Bloc-42	8233	8055	9181	178	948	12,26
Bloc-43	8203	8004	9217	199	1014	13,16
Bloc-44	8347	8161	9428	186	1081	13,44

Amostra 4						
Nome	Normal	Seco	Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	9810	9637	10671	173	861	9,69
Bloc-02	9897	9717	10961	180	1064	11,35
Bloc-03	8543	8377	9294	166	751	9,87
Bloc-04	8432	8274	9297	158	865	11,00
Bloc-05	9889	9723	10799	166	910	9,96
Bloc-06	9832	9684	10804	148	972	10,37
Bloc-07	10008	9853	11018	155	1010	10,57
Bloc-08	9924	9726	11013	198	1089	11,69
Bloc-09	9771	9607	10893	164	1122	11,81
Bloc-10	9814	9656	10774	158	960	10,38
Bloc-11	9867	9704	10791	163	924	10,07
Bloc-12	9687	9515	10647	172	960	10,63
Bloc-13	9571	9413	10641	158	1070	11,54
Bloc-14	9651	9491	10708	160	1057	11,37
Bloc-15	8741	8593	9557	148	816	10,09
Bloc-16	8967	8801	9802	166	835	10,21
Bloc-17	9189	9019	10105	170	916	10,75
Bloc-18	9045	8879	10058	166	1013	11,72
Bloc-19	8967	8802	10024	165	1057	12,19
Bloc-20	8496	8344	9288	152	792	10,16
Bloc-21	8527	8357	9395	170	868	11,05
Bloc-22	8561	8395	9445	166	884	11,12
Bloc-23	8574	8399	9482	175	908	11,42
Bloc-24	8612	8445	9517	167	905	11,26
Bloc-25	9519	9374	10554	145	1035	11,18
Bloc-26	9743	9581	10779	162	1036	11,11
Bloc-27	9987	9806	11043	181	1056	11,20
Bloc-28	9988	9811	11141	177	1153	11,94
Bloc-29	9916	9751	11047	165	1131	11,73
Bloc-30	9221	9063	10146	158	925	10,67
Bloc-31	9283	9118	10378	165	1095	12,14
Bloc-32	9354	9208	10437	146	1083	11,78
Bloc-33	9453	9278	10564	175	1111	12,17
Bloc-34	9482	9302	10624	180	1142	12,44
Bloc-35	8379	8219	9221	160	842	10,87
Bloc-36	8496	8329	9350	167	854	10,92
Bloc-37	8478	8312	9371	166	893	11,30
Bloc-38	8504	8339	9496	165	992	12,18
Bloc-39	8635	8462	9630	173	995	12,13
Bloc-40	7995	7820	8772	175	777	10,85
Bloc-41	8278	8101	9188	177	910	11,83
Bloc-42	8178	8002	9097	176	919	12,04
Bloc-43	8666	8490	9611	176	945	11,66
Bloc-44	8575	8399	9551	176	976	12,06

	Amostra 5					
Nome	Normal	Seco	Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	10174	10021	11178	153	1004	10,35
Bloc-02	9812	9624	10812	188	1000	10,99
Bloc-03	8516	8342	9342	174	826	10,70
Bloc-04	8364	8175	9227	189	863	11,40
Bloc-05	10087	9941	10887	146	800	8,69
Bloc-06	9999	9833	10878	166	879	9,61
Bloc-07	9885	9704	10712	181	827	9,41
Bloc-08	10274	10103	11386	171	1112	11,27
Bloc-09	10220	10044	11430	176	1210	12,13
Bloc-10	9684	9522	10581	162	897	10,01
Bloc-11	9571	9407	10499	164	928	10,40
Bloc-12	9517	9371	10478	146	961	10,56
Bloc-13	9589	9431	10602	158	1013	11,05
Bloc-14	9891	9712	10987	179	1096	11,60
Bloc-15	8974	8831	9881	143	907	10,63
Bloc-16	8945	8801	9878	144	933	10,90
Bloc-17	9012	8855	9989	157	977	11,35
Bloc-18	8956	8757	9904	199	948	11,58
Bloc-19	9040	8865	10032	175	992	11,63
Bloc-20	8747	8591	9532	156	785	9,87
Bloc-21	8663	8495	9454	168	791	10,14
Bloc-22	8514	8345	9489	169	975	12,06
Bloc-23	8742	8562	9702	180	960	11,75
Bloc-24	8730	8548	9721	182	991	12,07
Bloc-25	9669	9497	10725	172	1056	11,45
Bloc-26	9701	9527	10807	174	1106	11,84
Bloc-27	9874	9704	10974	170	1100	11,57
Bloc-28	9978	9799	11234	179	1256	12,77
Bloc-29	10705	10523	12122	182	1417	13,19
Bloc-30	9238	9070	10282	168	1044	11,79
Bloc-31	9255	9083	10244	172	989	11,33
Bloc-32	9384	9187	10537	197	1153	12,81
Bloc-33	9414	9221	10543	193	1129	12,54
Bloc-34	9543	9356	10683	187	1140	12,42
Bloc-35	8333	8170	9174	163	841	10,94
Bloc-36	8474	8306	9330	168	856	10,98
Bloc-37	8512	8337	9391	175	879	11,22
Bloc-38	8555	8371	9631	184	1076	13,08
Bloc-39	8779	8597	9865	182	1086	12,85
Bloc-40	7998	7824	8771	174	773	10,80
Bloc-41	8314	8146	9234	168	920	11,78
Bloc-42	8542	8373	9461	169	919	11,50
Bloc-43	8714	8538	9652	176	938	11,54
Bloc-44	8613	8434	9587	179	974	12,03

	Amostra 6					
Nome	Normal	Seco	Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	10008	9841	10901	167	893	9,72
Bloc-02	9987	9815	10995	172	1008	10,73
Bloc-03	8430	8261	9247	169	817	10,66
Bloc-04	8275	8101	9075	174	800	10,73
Bloc-05	10771	10619	11891	152	1120	10,70
Bloc-06	10223	10060	11204	163	981	10,21
Bloc-07	10024	9850	11123	174	1099	11,44
Bloc-08	9984	9809	11001	175	1017	10,84
Bloc-09	9935	9756	10971	179	1036	11,07
Bloc-10	9717	9554	10557	163	840	9,50
Bloc-11	9485	9317	10405	168	920	10,46
Bloc-12	9714	9540	10683	174	969	10,70
Bloc-13	9684	9512	10781	172	1097	11,77
Bloc-14	9516	9341	10592	175	1076	11,81
Bloc-15	8324	8169	9132	155	808	10,55
Bloc-16	8873	8709	9707	164	834	10,28
Bloc-17	8958	8792	9956	166	998	11,69
Bloc-18	8912	8738	9954	174	1042	12,22
Bloc-19	8879	8701	9854	178	975	11,70
Bloc-20	8702	8548	9536	154	834	10,36
Bloc-21	8549	8397	9394	152	845	10,61
Bloc-22	8666	8503	9656	163	990	11,94
Bloc-23	8716	8541	9665	175	949	11,63
Bloc-24	8317	8143	9302	174	985	12,46
Bloc-25	10121	9953	11086	168	965	10,22
Bloc-26	9935	9766	10924	169	989	10,60
Bloc-27	9938	9764	10931	174	993	10,68
Bloc-28	10184	10009	11255	175	1071	11,07
Bloc-29	9954	9779	11103	175	1149	11,92
Bloc-30	9102	8934	10173	168	1071	12,18
Bloc-31	9410	9236	10567	174	1157	12,60
Bloc-32	9791	9616	11001	175	1210	12,59
Bloc-33	9325	9151	10454	174	1129	12,46
Bloc-34	9455	9279	10591	176	1136	12,39
Bloc-35	8714	8549	9521	165	807	10,21
Bloc-36	8541	8378	9324	163	783	10,15
Bloc-37	8594	8429	9418	165	824	10,50
Bloc-38	8299	8125	9284	174	985	12,48
Bloc-39	8277	8103	9326	174	1049	13,11
Bloc-40	8573	8399	9354	174	781	10,21
Bloc-41	8465	8290	9412	175	947	11,92
Bloc-42	8215	8037	9207	178	992	12,71
Bloc-43	8204	8031	9197	173	993	12,68
Bloc-44	8049	7867	9084	182	1035	13,40

	Absorção de Água			Media		
Nome	P. Amb.	P. Seco	P.Úmido	Am - S	Um - N	% umid
Bloc-01	10091	9927	11029	165	938	9,99
Bloc-02	9906	9732	10950	174	1044	11,12
Bloc-03	8455	8285	9247	170	792	10,40
Bloc-04	8379	8202	9220	177	842	11,05
Bloc-05	10123	9965	11048	158	925	9,79
Bloc-06	10067	9909	11007	159	940	9,98
Bloc-07	9919	9756	10876	162	957	10,28
Bloc-08	10104	9932	11156	173	1052	10,97
Bloc-09	9716	9548	10737	168	1022	11,05
Bloc-10	9723	9562	10629	161	906	10,04
Bloc-11	9654	9488	10541	166	888	9,99
Bloc-12	9710	9543	10650	168	940	10,40
Bloc-13	9673	9502	10647	171	974	10,75
Bloc-14	9646	9464	10645	182	999	11,09
Bloc-15	8752	8603	9615	150	862	10,52
Bloc-16	8827	8660	9683	167	856	10,56
Bloc-17	8754	8590	9676	164	922	11,22
Bloc-18	8768	8595	9717	173	949	11,53
Bloc-19	8636	8464	9578	172	942	11,61
Bloc-20	8615	8461	9439	154	824	10,35
Bloc-21	8526	8361	9363	165	837	10,70
Bloc-22	8621	8450	9552	172	931	11,54
Bloc-23	8619	8441	9519	177	900	11,31
Bloc-24	8510	8340	9456	170	946	11,80
Bloc-25	9719	9552	10719	167	1000	10,89
Bloc-26	9790	9613	10788	178	998	10,90
Bloc-27	9921	9744	11009	177	1088	11,48
Bloc-28	10007	9826	11163	182	1156	11,98
Bloc-29	10165	9993	11428	173	1263	12,55
Bloc-30	9160	8996	10128	164	968	11,17
Bloc-31	9330	9158	10349	172	1019	11,51
Bloc-32	9507	9332	10608	175	1101	12,03
Bloc-33	9539	9358	10687	181	1148	12,43
Bloc-34	9625	9441	10817	185	1192	12,72
Bloc-35	8412	8249	9251	163	839	10,83
Bloc-36	8479	8309	9319	170	840	10,84
Bloc-37	8558	8382	9454	176	896	11,34
Bloc-38	8578	8397	9599	182	1021	12,52
Bloc-39	8639	8454	9709	184	1070	12,92
Bloc-40	8115	7944	8929	171	814	11,03
Bloc-41	8231	8062	9146	168	916	11,85
Bloc-42	8256	8081	9237	175	981	12,52
Bloc-43	8508	8325	9566	184	1058	12,97
Bloc-44	8505	8320	9577	185	1072	13,12

A 1	Resistência a Compressão	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf / cm 2	Mpa
Bloc-01	TE-MCO-SemL	14,2	39,0	3,10	21800	553,8	39,4	3,9
Bloc-02	TE-MCA-SemL	14,0	39,0	3,10	19800	546,0	36,3	3,6
Bloc-03	TV-MCO-SemL	14,1	39,1	1,80	18000	551,3	32,6	3,3
Bloc-04	TV-MCA-SemL	14,0	39,1	1,80	18800	547,4	34,3	3,4
Bloc-05	TE-MCO-LSe-L(1%)	13,9	39,0	2,80	20200	542,1	37,3	3,7
Bloc-06	TE-MCO-LSe-L(3%)	14,0	38,8	3,10	17800	543,2	32,8	3,3
Bloc-07	TE-MCO-LSe-L(5%)	14,0	39,0	3,10	14800	546,0	27,1	2,7
Bloc-08	TE-MCO-LSe-L(10%)	14,0	39,0	2,80	12100	546,0	22,2	2,2
Bloc-09	TE-MCO-LSe-L(15%)	14,0	39,9	3,10	12600	558,6	22,6	2,3
Bloc-10	TE-MCA-LSe-L(1%)	14,0	39,2	3,10	19500	548,8	35,5	3,6
Bloc-11	TE-MCA-LSe-L(3%)	13,8	39,0	3,10	16600	538,2	30,8	3,1
Bloc-12	TE-MCA-LSe-L(5%)	14,0	38,9	3,10	13000	544,6	23,9	2,4
Bloc-13	TE-MCA-LSe-L(10%)	13,9	39,0	3,10	11800	542,1	21,8	2,2
Bloc-14	TE-MCA-LSe-L(15%)	14,1	38,9	3,30	10800	548,5	19,7	2,0
Bloc-15	TV-MCO-LSe-L(1%)	14,0	39,0	1,80	16800	546,0	30,8	3,1
Bloc-16	TV-MCO-LSe-L(3%)	13,9	38,9	1,80	15800	540,7	29,2	2,9
Bloc-17	TV-MCO-LSe-L(5%)	13,8	39,0	1,90	13000	538,2	24,2	2,4
Bloc-18	TV-MCO-LSe-L(10%)	14,0	39,0	1,90	13500	546,0	24,7	2,5
Bloc-19	TV-MCO-LSe-L(15%)	14,0	39,0	1,80	12700	546,0	23,3	2,3
Bloc-20	TV-MCA-LSe-L(1%)	14,0	39,0	1,85	18000	546,0	33,0	3,3
Bloc-21	TV-MCA-LSe-L(3%)	14,0	39,0	1,80	16800	546,0	30,8	3,1
Bloc-22	TV-MCA-LSe-L(5%)	14,0	39,0	1,90	12500	546,0	22,9	2,3
Bloc-23	TV-MCA-LSe-L(10%)	14,0	39,0	1,90	10800	546,0	19,8	2,0
Bloc-24	TV-MCA-LSe-L(15%)	14,0	39,0	1,90	9100	546,0	16,7	1,7
Bloc-25	TE-MCO-LUm(x%)-L(1%)	14,1	39,2	3,15	21000	552,7	38,0	3,8
Bloc-26	TE-MCO-LUm(x%)-L(3%)	14,0	39,1	3,15	17800	547,4	32,5	3,3
Bloc-27	TE-MCO-LUm(x%)-L(5%)	13,8	39,0	3,15	11900	538,2	22,1	2,2
Bloc-28	TE-MCO-LUm(x%)-L(10%)	14,1	38,7	3,15	7300	545,7	13,4	1,3
Bloc-29	TE-MCO-LUm(x%)-L(15%)	13,9	38,8	3,15	5900	539,3	10,9	1,1
Bloc-30	TE-MCA-LUm(x%)-L(1%)	14,0	39,1	3,15	18800	547,4	34,3	3,4
Bloc-31	TE-MCA-LUm(x%)-L(3%)	14,2	39,0	2,80	18600	553,8	33,6	3,4
Bloc-32	TE-MCA-LUm(x%)-L(5%)	14,0	38,9	3,00	10700	544,6	19,6	2,0
Bloc-33	TE-MCA-LUm(x%)-L(10%)	14,0	38,9	2,70	3200	544,6	5,9	0,6
Bloc-34	TE-MCA-LUm(x%)-L(15%)	13,9	38,9	2,80	2500	540,7	4,6	0,5
Bloc-35	TV-MCO-LUm(x%)-L(1%)	14,0	39,1	2,00	16300	547,4	29,8	3,0
Bloc-36	TV-MCO-LUm(x%)-L(3%)	14,0	39,0	1,90	10700	546,0	19,6	2,0
Bloc-37	TV-MCO-LUm(x%)-L(5%)	14,1	39,0	1,90	9100	549,9	16,5	1,7
Bloc-38	TV-MCO-LUm(x%)-L(10%)	13,8	39,0	2,00	3200	538,2	5,9	0,6
Bloc-39	TV-MCO-LUm(x%)-L(15%)	14,0	39,0	1,90	1800	546,0	3,3	0,3
Bloc-40	TV-MCA-LUm(x%)-L(1%)	14,1	39,0	1,90	15700	549,9	28,6	2,9
Bloc-41	TV-MCA-LUm(x%)-L(3%)	13,8	39,1	1,80	13000	539,6	24,1	2,4
Bloc-42	TV-MCA-LUm(x%)-L(5%)	14,0	39,0	1,90	9000	546,0	16,5	1,6
Bloc-43	TV-MCA-LUm(x%)-L(10%)	14,0	39,0	2,00	2100	546,0	3,8	0,4
Bloc-44	TV-MCA-LUm(x%)-L(15%)	14,1	39,0	1,90	2000	549,9	3,6	0,4

A 2	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf / cm 2	Mpa
Bloc-01	14,0	39,1	3,20	22200	547,4	40,6	4,1
Bloc-02	13,9	39,0	3,20	19600	542,1	36,2	3,6
Bloc-03	14,0	39,1	1,80	19000	547,4	34,7	3,5
Bloc-04	14,0	39,1	1,85	17800	547,4	32,5	3,3
Bloc-05	14,0	39,0	2,90	21400	546,0	39,2	3,9
Bloc-06	13,9	38,8	3,10	16400	539,3	30,4	3,0
Bloc-07	14,1	39,0	3,20	14200	549,9	25,8	2,6
Bloc-08	14,0	39,0	2,80	12200	546,0	22,3	2,2
Bloc-09	14,0	38,9	2,80	12200	544,6	22,4	2,2
Bloc-10	14,0	39,0	3,00	19000	546,0	34,8	3,5
Bloc-11	14,0	38,9	3,20	18600	544,6	34,2	3,4
Bloc-12	13,9	38,9	3,15	14000	540,7	25,9	2,6
Bloc-13	13,9	38,9	3,20	10400	540,7	19,2	1,9
Bloc-14	14,0	38,9	3,20	9200	544,6	16,9	1,7
Bloc-15	14,0	39,0	1,80	16600	546,0	30,4	3,0
Bloc-16	14,1	38,9	1,90	14200	548,5	25,9	2,6
Bloc-17	14,0	39,0	1,80	12800	546,0	23,4	2,3
Bloc-18	14,1	39,0	1,80	11600	549,9	21,1	2,1
Bloc-19	13,9	39,1	1,80	11500	543,5	21,2	2,1
Bloc-20	13,9	39,0	1,80	16800	542,1	31,0	3,1
Bloc-21	14,0	39,0	1,80	14500	546,0	26,6	2,7
Bloc-22	14,0	39,0	1,90	12000	546,0	22,0	2,2
Bloc-23	14,0	39,0	1,80	9800	546,0	17,9	1,8
Bloc-24	14,0	39,0	1,80	8800	546,0	16,1	1,6
Bloc-25	13,9	38,9	3,10	20500	540,7	37,9	3,8
Bloc-26	13,9	39,0	3,25	16000	542,1	29,5	3,0
Bloc-27	13,9	38,9	3,20	11800	540,7	21,8	2,2
Bloc-28	14,0	38,7	3,15	7300	541,8	13,5	1,3
Bloc-29	14,0	38,9	3,20	5800	544,6	10,7	1,1
Bloc-30	14,1	39,1	3,20	18800	551,3	34,1	3,4
Bloc-31	14,1	39,1	3,00	15600	551,3	28,3	2,8
Bloc-32	13,9	38,9	2,80	9800	540,7	18,1	1,8
Bloc-33	13,9	38,9	3,00	4900	540,7	9,1	0,9
Bloc-34	14,0	38,8	2,80	2500	543,2	4,6	0,5
Bloc-35	14,0	39,0	2,00	17200	546,0	31,5	3,2
Bloc-36	14,1	39,0	1,90	11300	549,9	20,5	2,1
Bloc-37	14,0	39,0	2,00	8400	546,0	15,4	1,5
Bloc-38	13,8	39,0	1,90	4500	538,2	8,4	0,8
Bloc-39	14,0	39,0	2,00	1900	546,0	3,5	0,3
Bloc-40	13,8	39,0	1,90	18200	538,2	33,8	3,4
Bloc-41	14,0	39,0	1,90	12800	546,0	23,4	2,3
Bloc-42	14,2	39,0	2,00	7400	553,8	13,4	1,3
Bloc-43	14,1	39,0	2,00	2200	549,9	4,0	0,4
Bloc-44	14,0	39,0	1,90	2000	546,0	3,7	0,4

A 3	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf / cm 2	Mpa
Bloc-01	14,0	39,0	3,00	21600	546,0	39,6	4,0
Bloc-02	14,0	39,0	3,15	22000	546,0	40,3	4,0
Bloc-03	13,9	39,0	1,80	17800	542,1	32,8	3,3
Bloc-04	14,0	39,1	1,80	19000	547,4	34,7	3,5
Bloc-05	14,1	39,0	2,80	20500	549,9	37,3	3,7
Bloc-06	14,0	39,0	3,20	17600	546,0	32,2	3,2
Bloc-07	14,1	39,0	3,20	12800	549,9	23,3	2,3
Bloc-08	14,0	39,0	2,80	11600	546,0	21,2	2,1
Bloc-09	14,0	39,0	2,80	11600	546,0	21,2	2,1
Bloc-10	13,9	39,0	3,30	18000	542,1	33,2	3,3
Bloc-11	14,0	38,9	3,25	16100	544,6	29,6	3,0
Bloc-12	14,0	38,9	3,20	13000	544,6	23,9	2,4
Bloc-13	14,1	39,0	3,20	10800	549,9	19,6	2,0
Bloc-14	14,0	38,9	3,30	9000	544,6	16,5	1,7
Bloc-15	14,0	39,0	1,80	16800	546,0	30,8	3,1
Bloc-16	14,0	38,9	1,80	15600	544,6	28,6	2,9
Bloc-17	13,8	39,0	1,80	12200	538,2	22,7	2,3
Bloc-18	14,1	39,0	1,90	11800	549,9	21,5	2,1
Bloc-19	13,9	39,9	1,80	11000	554,6	19,8	2,0
Bloc-20	13,9	38,9	1,80	15200	540,7	28,1	2,8
Bloc-21	14,0	39,0	1,80	13500	546,0	24,7	2,5
Bloc-22	13,9	39,0	1,80	12000	542,1	22,1	2,2
Bloc-23	14,0	39,0	1,90	10900	546,0	20,0	2,0
Bloc-24	14,0	39,0	1,90	9700	546,0	17,8	1,8
Bloc-25	13,8	39,0	3,20	19400	538,2	36,0	3,6
Bloc-26	14,0	39,0	3,20	16000	546,0	29,3	2,9
Bloc-27	14,1	39,0	3,20	11800	549,9	21,5	2,1
Bloc-28	14,0	39,0	3,20	7300	546,0	13,4	1,3
Bloc-29	13,9	39,0	3,25	4800	542,1	8,9	0,9
Bloc-30	14,0	39,0	3,20	18800	546,0	34,4	3,4
Bloc-31	14,0	39,0	3,00	17800	546,0	32,6	3,3
Bloc-32	13,9	39,0	3,20	9800	542,1	18,1	1,8
Bloc-33	14,0	39,0	3,00	4300	546,0	7,9	0,8
Bloc-34	14,0	38,8	3,20	2800	543,2	5,2	0,5
Bloc-35	13,8	39,0	2,00	14800	538,2	27,5	2,7
Bloc-36	14,0	39,0	2,00	10800	546,0	19,8	2,0
Bloc-37	14,1	39,0	2,00	6600	549,9	12,0	1,2
Bloc-38	14,0	38,8	2,00	5000	543,2	9,2	0,9
Bloc-39	13,9	39,0	1,90	2300	542,1	4,2	0,4
Bloc-40	14,2	39,0	2,00	14100	553,8	25,5	2,5
Bloc-41	13,8	39,0	1,90	10400	538,2	19,3	1,9
Bloc-42	14,0	39,0	1,90	6700	546,0	12,3	1,2
Bloc-43	14,0	39,0	1,90	1900	546,0	3,5	0,3
Bloc-44	13,9	39,0	2,00	1800	542,1	3,3	0,3

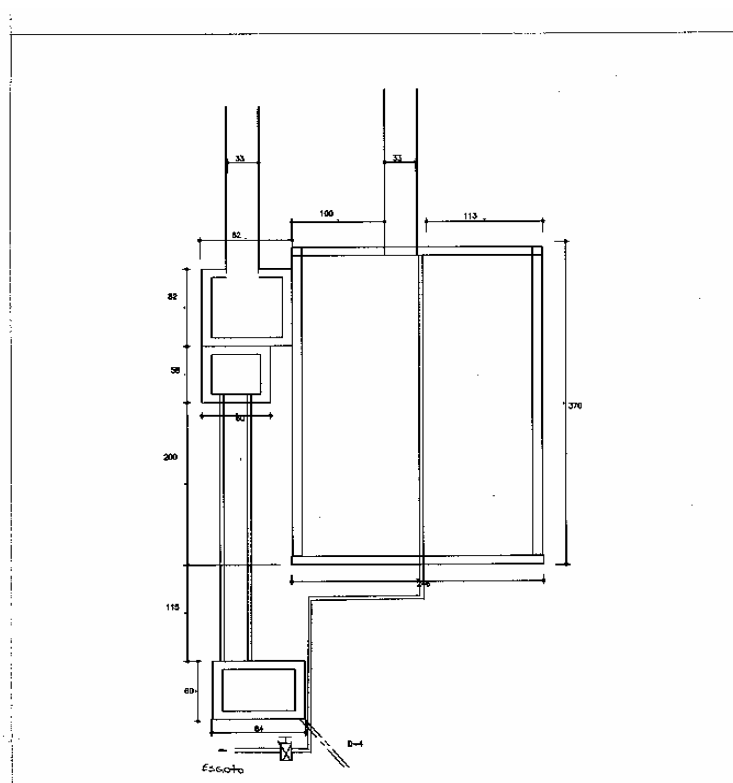
A 4	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf / cm 2	Mpa
Bloc-01	14,0	39,1	3,20	22200	547,4	40,6	4,1
Bloc-02	13,9	39,1	3,10	19200	543,5	35,3	3,5
Bloc-03	14,1	39,1	1,85	17800	551,3	32,3	3,2
Bloc-04	14,0	39,0	1,80	17300	546,0	31,7	3,2
Bloc-05	14,0	39,1	2,70	21000	547,4	38,4	3,8
Bloc-06	14,0	38,9	3,20	19800	544,6	36,4	3,6
Bloc-07	14,0	39,0	3,20	15000	546,0	27,5	2,7
Bloc-08	14,1	39,0	2,70	12400	549,9	22,5	2,3
Bloc-09	14,0	39,4	2,80	12000	551,6	21,8	2,2
Bloc-10	14,0	39,2	3,15	18200	548,8	33,2	3,3
Bloc-11	14,1	38,9	3,20	16800	548,5	30,6	3,1
Bloc-12	14,0	39,0	3,20	14200	546,0	26,0	2,6
Bloc-13	14,2	39,1	3,25	10900	555,2	19,6	2,0
Bloc-14	14,0	39,0	3,30	10000	546,0	18,3	1,8
Bloc-15	14,0	39,0	1,80	17500	546,0	32,1	3,2
Bloc-16	14,0	38,9	1,90	15400	544,6	28,3	2,8
Bloc-17	13,8	39,0	1,80	11800	538,2	21,9	2,2
Bloc-18	14,1	39,0	1,90	11800	549,9	21,5	2,1
Bloc-19	13,9	39,5	1,80	11000	549,1	20,0	2,0
Bloc-20	13,9	38,9	1,90	15100	540,7	27,9	2,8
Bloc-21	14,0	39,0	1,80	12700	546,0	23,3	2,3
Bloc-22	14,0	39,0	1,80	11000	546,0	20,1	2,0
Bloc-23	14,0	39,0	1,80	10800	546,0	19,8	2,0
Bloc-24	13,9	39,0	1,90	9800	542,1	18,1	1,8
Bloc-25	14,1	39,0	3,20	21000	549,9	38,2	3,8
Bloc-26	14,0	39,1	2,80	14400	547,4	26,3	2,6
Bloc-27	13,8	39,0	2,80	10700	538,2	19,9	2,0
Bloc-28	14,0	39,0	2,80	8200	546,0	15,0	1,5
Bloc-29	14,0	39,0	2,80	4100	546,0	7,5	0,8
Bloc-30	14,1	39,1	2,80	18200	551,3	33,0	3,3
Bloc-31	14,0	39,0	3,00	14000	546,0	25,6	2,6
Bloc-32	13,9	39,0	2,80	9200	542,1	17,0	1,7
Bloc-33	14,0	39,0	3,20	2000	546,0	3,7	0,4
Bloc-34	14,0	39,0	3,20	2500	546,0	4,6	0,5
Bloc-35	13,9	39,0	1,90	15700	542,1	29,0	2,9
Bloc-36	14,0	39,0	2,00	13200	546,0	24,2	2,4
Bloc-37	14,0	39,0	2,00	9300	546,0	17,0	1,7
Bloc-38	13,9	39,0	2,00	3700	542,1	6,8	0,7
Bloc-39	14,0	39,0	2,00	1900	546,0	3,5	0,3
Bloc-40	14,0	39,0	1,90	16200	546,0	29,7	3,0
Bloc-41	14,1	39,0	1,90	12800	549,9	23,3	2,3
Bloc-42	14,0	39,0	2,00	7800	546,0	14,3	1,4
Bloc-43	13,8	39,0	1,90	2200	538,2	4,1	0,4
Bloc-44	14,0	38,8	1,90	1900	543,2	3,5	0,3

A 5	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf / cm 2	Mpa
Bloc-01	14,2	39,1	3,20	20000	555,2	36,0	3,6
Bloc-02	14,0	39,1	3,10	20000	547,4	36,5	3,7
Bloc-03	14,2	39,1	1,85	18300	555,2	33,0	3,3
Bloc-04	14,0	39,0	1,80	17600	546,0	32,2	3,2
Bloc-05	13,9	39,1	2,70	21200	543,5	39,0	3,9
Bloc-06	14,0	38,9	3,20	19000	544,6	34,9	3,5
Bloc-07	14,0	39,0	3,20	15600	546,0	28,6	2,9
Bloc-08	14,0	39,0	2,70	11800	546,0	21,6	2,2
Bloc-09	14,0	39,4	2,80	11500	551,6	20,8	2,1
Bloc-10	14,2	39,2	3,15	18100	556,6	32,5	3,3
Bloc-11	14,1	38,9	3,20	18000	548,5	32,8	3,3
Bloc-12	14,0	39,0	3,20	14100	546,0	25,8	2,6
Bloc-13	14,0	39,1	3,25	11500	547,4	21,0	2,1
Bloc-14	14,1	39,0	3,30	10600	549,9	19,3	1,9
Bloc-15	14,0	39,0	1,80	16000	546,0	29,3	2,9
Bloc-16	13,8	38,9	1,80	13800	536,8	25,7	2,6
Bloc-17	14,0	39,0	1,80	12600	546,0	23,1	2,3
Bloc-18	14,1	39,0	1,90	11800	549,9	21,5	2,1
Bloc-19	13,9	39,5	1,80	11500	549,1	20,9	2,1
Bloc-20	13,9	38,9	1,80	15200	540,7	28,1	2,8
Bloc-21	14,1	39,0	1,90	14000	549,9	25,5	2,5
Bloc-22	14,2	39,0	1,90	11000	553,8	19,9	2,0
Bloc-23	14,0	39,0	1,90	8800	546,0	16,1	1,6
Bloc-24	14,1	39,0	1,90	8000	549,9	14,5	1,5
Bloc-25	14,0	39,0	3,25	21800	546,0	39,9	4,0
Bloc-26	14,1	39,1	3,25	14600	551,3	26,5	2,6
Bloc-27	14,1	38,8	3,20	10700	547,1	19,6	2,0
Bloc-28	14,0	38,8	3,15	7400	543,2	13,6	1,4
Bloc-29	13,9	38,8	3,25	4100	539,3	7,6	0,8
Bloc-30	14,1	39,1	3,20	19000	551,3	34,5	3,4
Bloc-31	14,0	39,0	2,70	16900	546,0	31,0	3,1
Bloc-32	13,9	39,0	2,80	10000	542,1	18,4	1,8
Bloc-33	14,0	38,9	3,00	3000	544,6	5,5	0,6
Bloc-34	13,9	38,9	2,70	2000	540,7	3,7	0,4
Bloc-35	14,2	39,0	2,00	16600	553,8	30,0	3,0
Bloc-36	13,9	39,0	2,00	12700	542,1	23,4	2,3
Bloc-37	14,0	39,0	2,00	9200	546,0	16,8	1,7
Bloc-38	14,0	39,0	1,90	3200	546,0	5,9	0,6
Bloc-39	14,1	39,0	2,00	2200	549,9	4,0	0,4
Bloc-40	14,0	39,0	2,00	13600	546,0	24,9	2,5
Bloc-41	13,9	39,0	1,90	10100	542,1	18,6	1,9
Bloc-42	14,0	39,0	1,90	5800	546,0	10,6	1,1
Bloc-43	13,8	39,0	2,00	1900	538,2	3,5	0,4
Bloc-44	14,2	39,0	1,90	1700	553,8	3,1	0,3

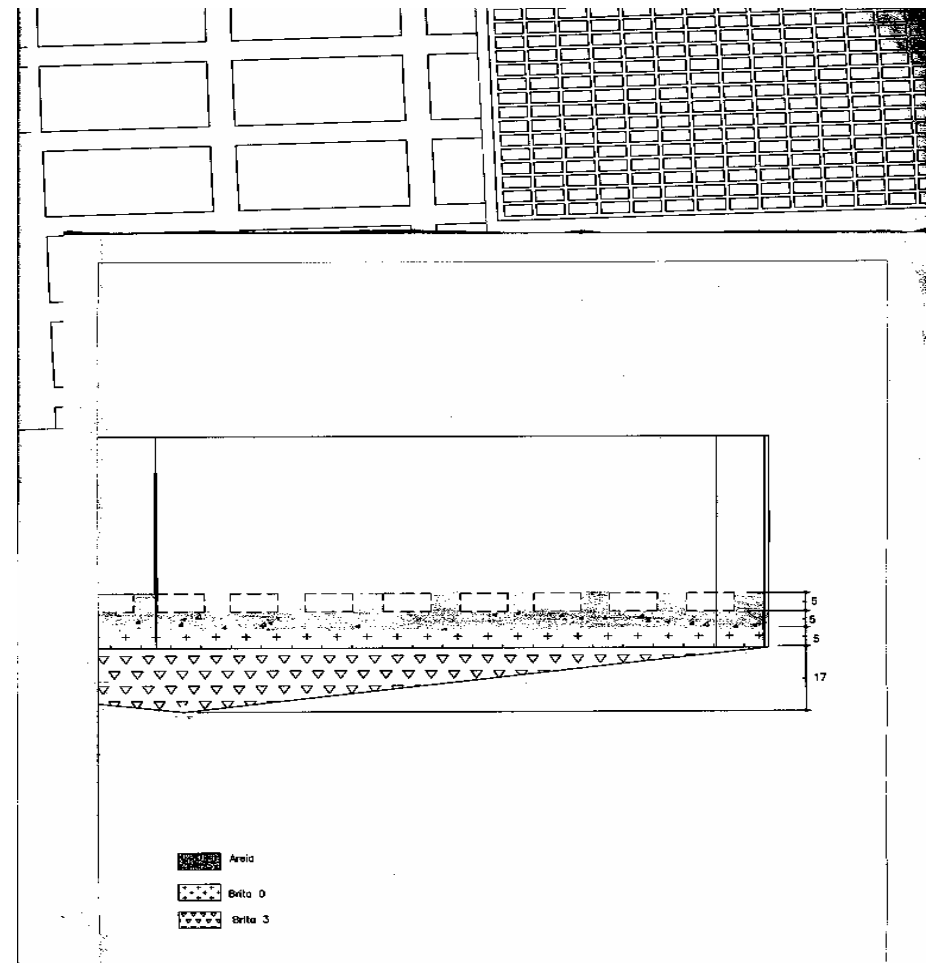
A 6	Dimens. (cm)			Kgf	(cm 2)	Kgf/cm2	Mpa	Media Total	Media Total
Bloc-01	14,1	39,0	3,00	23500	549,9	42,7	4,3	39,8	4,0
Bloc-02	13,9	39,1	3,00	22000	543,5	40,5	4,0	37,5	3,8
Bloc-03	14,0	39,1	1,90	17800	547,4	32,5	3,3	33,0	3,3
Bloc-04	14,0	39,0	1,90	16400	546,0	30,0	3,0	32,6	3,3
Bloc-05	13,9	39,0	3,00	21300	542,1	39,3	3,9	38,4	3,8
Bloc-06	14,1	39,0	3,10	19000	549,9	34,6	3,5	33,5	3,4
Bloc-07	14,0	39,0	3,00	15200	546,0	27,8	2,8	26,7	2,7
Bloc-08	14,0	39,0	3,00	11400	546,0	20,9	2,1	21,8	2,2
Bloc-09	14,0	39,0	3,00	11300	546,0	20,7	2,1	21,6	2,2
Bloc-10	13,9	39,0	3,10	21000	542,1	38,7	3,9	34,7	3,5
Bloc-11	14,1	39,0	3,00	18300	549,9	33,3	3,3	31,9	3,2
Bloc-12	14,0	39,0	3,00	15000	546,0	27,5	2,7	25,5	2,5
Bloc-13	13,9	39,0	3,20	10700	542,1	19,7	2,0	20,2	2,0
Bloc-14	14,0	39,0	3,10	9900	546,0	18,1	1,8	18,1	1,8
Bloc-15	14,2	39,0	1,90	16200	553,8	29,3	2,9	30,4	3,0
Bloc-16	14,0	39,0	1,90	15300	546,0	28,0	2,8	27,6	2,8
Bloc-17	14,0	39,1	1,90	12600	547,4	23,0	2,3	23,0	2,3
Bloc-18	13,9	39,1	1,80	11600	543,5	21,3	2,1	21,9	2,2
Bloc-19	13,8	39,1	1,90	11400	539,6	21,1	2,1	21,1	2,1
Bloc-20	14,2	39,1	1,90	18500	555,2	33,3	3,3	30,2	3,0
Bloc-21	14,1	39,1	1,90	14400	551,3	26,1	2,6	26,1	2,6
Bloc-22	13,9	39,0	1,90	10900	542,1	20,1	2,0	21,2	2,1
Bloc-23	14,0	39,0	1,90	9400	546,0	17,2	1,7	18,5	1,8
Bloc-24	14,0	39,0	1,90	9000	546,0	16,5	1,6	16,6	1,7
Bloc-25	14,0	39,0	3,00	20000	546,0	36,6	3,7	37,8	3,8
Bloc-26	14,0	39,0	3,00	17300	546,0	31,7	3,2	29,3	2,9
Bloc-27	13,9	39,0	3,10	12000	542,1	22,1	2,2	21,2	2,1
Bloc-28	14,0	39,0	3,00	7500	546,0	13,7	1,4	13,8	1,4
Bloc-29	14,0	39,0	3,00	4000	546,0	7,3	0,7	8,8	0,9
Bloc-30	14,0	39,0	3,00	19100	546,0	35,0	3,5	34,2	3,4
Bloc-31	14,0	39,1	2,80	17300	547,4	31,6	3,2	30,4	3,0
Bloc-32	13,8	39,0	3,00	11000	538,2	20,4	2,0	18,6	1,9
Bloc-33	14,0	39,0	3,00	2100	546,0	3,8	0,4	6,0	0,6
Bloc-34	14,0	39,0	3,00	2000	546,0	3,7	0,4	4,4	0,4
Bloc-35	14,0	39,0	2,00	16300	546,0	29,9	3,0	29,6	3,0
Bloc-36	14,0	39,0	1,90	11600	546,0	21,2	2,1	21,5	2,1
Bloc-37	14,1	39,0	1,90	7600	549,9	13,8	1,4	15,3	1,5
Bloc-38	14,0	39,0	2,00	3100	546,0	5,7	0,6	7,0	0,7
Bloc-39	13,8	39,0	2,00	2300	538,2	4,3	0,4	3,8	0,4
Bloc-40	14,2	39,0	1,90	13500	553,8	24,4	2,4	27,8	2,8
Bloc-41	14,0	39,0	1,90	9800	546,0	17,9	1,8	21,1	2,1
Bloc-42	14,1	39,0	2,00	5700	549,9	10,4	1,0	12,9	1,3
Bloc-43	14,0	39,0	1,90	1900	546,0	3,5	0,3	3,7	0,4
Bloc-44	14,0	39,1	1,90	1800	547,4	3,3	0,3	3,4	0,3

Anexo 2 ESQUEMAS DO LEITO DE SECAGEM UTILIZADO NA PESQUISA

PLANTA BAIXA E CORTE TRANSVERSAL DO LEITO DE SECAGEM



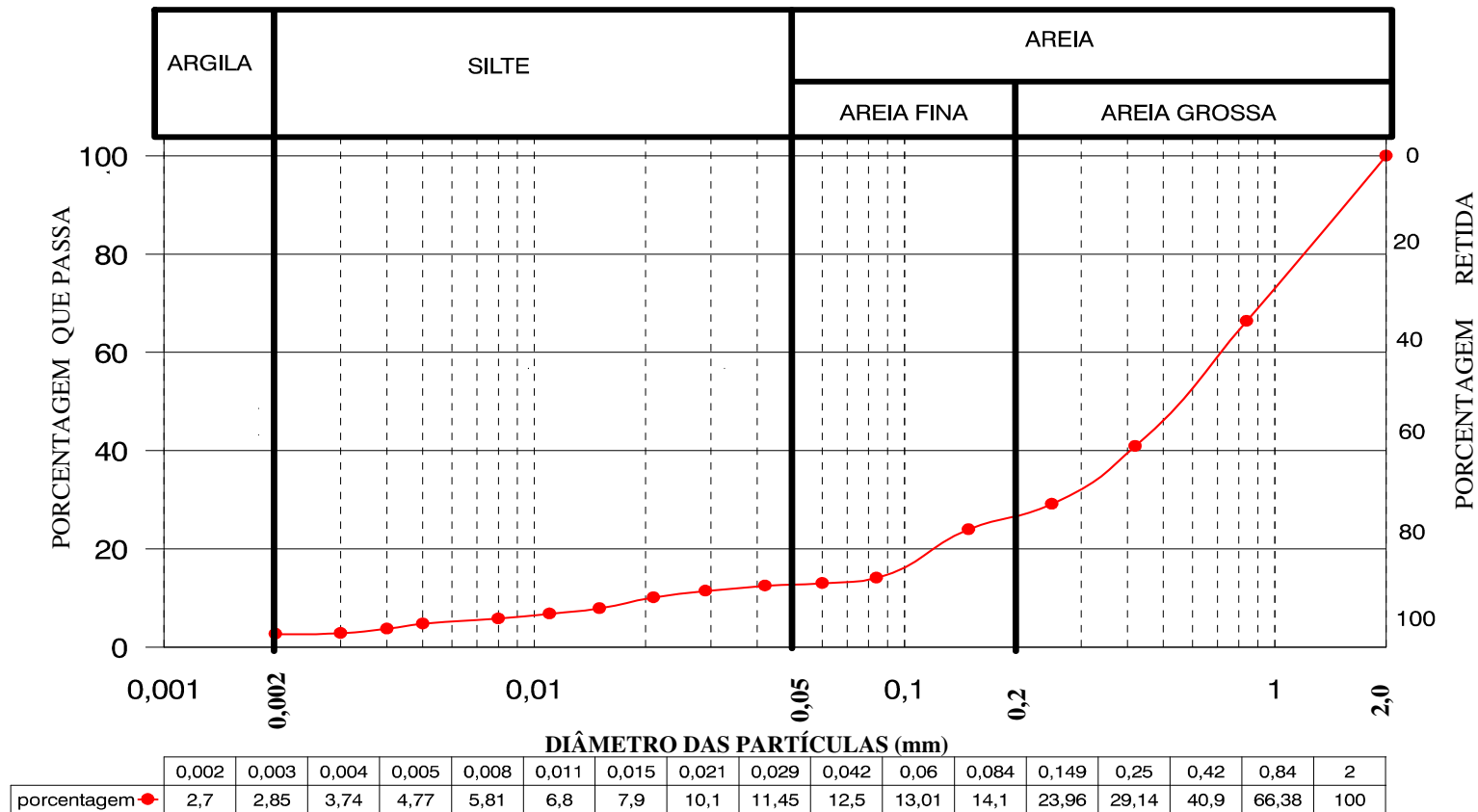
EXERCÍCIO	Leito de secagem			RA
ASSUNTO	Planta baixa			FOLHA Nº 1/4
DES	BETA	DATA	19/11/2003	
ARG/ENG		DATA		
VER	BETA	DATA	19/11/2003	
ESCALAS				
1:400 (medidas em cm)				



Anexo 3 CURVAS GRANULOMÉTRICAS - PORCENTAGEM QUE PASSA POR CADA UMA DAS PENEIRAS.

CURVA GRANULOMETRICA CONJUNTA

Lodo - Classe USDA - Areia



Anexo 4

**CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE LODO E AGREGADO RECICLADO
(MATRIZ CONCRETO E CERÂMICA) LAB. BIOAGRI.**

Tabela 1				Lodo ETA.	Matrizes	Entulho	Miúdo		
Resultados Analíticos das Amostras					Cerâmica	Concreto	Concreto	Projeção do Entulho Futuro	
Determinação sobre a Massa Bruta.				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		Método Usado
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultad o	
Umidade	%p/p	0,1		64,1	8,90	7,80	7,20	5,97	Média
Inflamabilidade ^a									
Ponto de Fulgor	°C		60 ^d	>60	>60	>60	>60	>60	Analogia
Corrosividade ^b									
pH (suspensão a 50%)			2,0-12,5	7,3	8,5	9,9	11,4	8,5 - 11,4	Intervalo
Reatividade ^c			Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo	Não Reativo	Analogia
Cianeto (como HCN)	mg/kg	10	250	<10	<10	<10	<10	<10	Analogia
Sulfeto (como H ₂ S)	mg/kg	10	500	<10	<10	<10	<10	<10	Analogia

Tabela 1 Continuação Resultados Analíticos das Amostras Determinação sobre a Massa Bruta.				Lodo ETA.	Matrizes	Entulho	Miúdo	Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
				Resultado	Resultado	Resultado	Resultado		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Complemento Parâmetros Inorgânicos									
Carbono Orgânico Total	%p/p	0,05		3,30	1,40	1,70	1,40	1,50	Média
Sólidos Voláteis	%p/p	0,05		5,98	2,55	3,08	2,47	2,70	Média
Mercúrio	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Cromo VI	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Cloretos	mg/kg	0,5		923	80,0	61,0	26,0	55,7	Média
Berílio	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Selênio	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Líquidos Livres				Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Analogia
Cromo Total	mg/kg	0,5		42,1	13,0	12,2	11,1	12,10	Média
Vanádio	mg/kg	0,5		68,0	31,0	26,1	21,0	26,0	Média
Arsênio	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Óleos e Graxas	%p/p	0,05		0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Índice de Fenóis	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Chumbo	mg/kg	0,5		22,2	12,1	6,11	17,2	11,8	Média
Cobre	mg/kg	0,5		53,1	14,2	21,2	12,0	15,8	Média
Cádmio	mg/kg	0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
Alumínio	mg/kg	0,5		35191	13643	8100	8807	10183	Média
Ferro	mg/kg	0,5		86891	9852	6197	7159	7736	Média
Manganês	mg/kg	0,5		1542	264	307	349	307	Média
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/kg	0,5		3277	1365	392	591	783	Média

Tabela 1 Continuação Resultados Analíticos das Amostras Determinação sobre a Massa Bruta.				Lodo ETA.	Matrizes			Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
					Cerâmica	Entulho Concreto	Miúdo Concreto		
				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Complemento Bacteriologia									
Giárdia sp				Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Analogia
Coliformes Totais	NMP/g	5		457	<5	<5	<5	<5	Analogia
Coliformes Fecais	NMP/g	5		<5	<5	<5	<5	<5	Analogia
Cryptosporidium sp				Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Analogia
Complemento PAH									
Benzo (a) pireno	mg/kg	0,01		<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Criseno	mg/kg	0,01		<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Acenaftileno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Fluoreno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Antraceno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,02	Máximo
Fenantreno	mg/kg	0,01		<0,01	0,05	<0,01	0,02	0,05	Máximo
Dibenzo (1,2,3,cd) pireno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Indeno (1,2,3,cd)pireno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Pireno	mg/kg	0,01		<0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	Máximo
Acenafteno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Fluoranteno	mg/kg	0,01		<0,01	0,03	<0,01	0,02	0,03	Máximo
Naftaleno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzo (a) antraceno	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Resultados Analíticos das Amostras Determinação sobre a Massa Bruta									

Tabela 1 Continuação									
Resultados Analíticos das Amostras Determinação sobre a Massa Bruta.				Lodo ETA.	Cerâmica	Concreto	Concreto	Projeção	
				Ag-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005	Entulho Futuro	Método Usado
Parâmetro PCB	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultad o	
PCB 8	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 28	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 37	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 44	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 49	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 52	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 60	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 66	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 70	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 74	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 77	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 82	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 87	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 99	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 101	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 105	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 114	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 118	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 126 + PCB 166	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 128	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 138 + PCB 158	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 153	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 156	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 169	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 170	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 179	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 180	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
PCB 183	mg/kg	0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia

Tabela 1 Continuação				Lodo ETA.	Matrizes Cerâmica	Entulho Concreto	Miúdo Concreto	Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
Resultados Analíticos das Amostras									
Determinação sobre a Massa Bruta.				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Complemento VOC									
1,1,1 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1,2 - Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1,2,2 - Tetracloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,2 - Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,2 - Dicloropropano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,3 - Dicloropropano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
4- Metil - 2-Pentanona	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzeno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Bromodiclorometano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Bromofórmio	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Bromometano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Cis-1,2 - Dicloroeteno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Cis-1,3 - Dicloropropeno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Diclorometano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Cloreto de Vinila	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Clorobenzeno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia

Tabela 1 Continuação				Lodo	Matrizes	Entulho	Miúdo		
Resultados Analíticos das Amostras				ETA.	Cerâmica	Concreto	Concreto	Projeção	
Determinação sobre a Massa Bruta. da NBR 10004:2004				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005	do Entulho Futuro	Método Usado
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Cloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Clorofórmio	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Clorometano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Dibromoclorometano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Dissulfeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Estireno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Etilbenzeno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Complemento VOC - Continuação									
m.p-.Xileno	mg/kg	0,06		<0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	Analogia
O-Xileno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tetracloroeto de Carbono	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tetracloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tolueno	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Trans-1,2-Dicloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tricloroetano	mg/kg	0,03		<0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
(a) = Para a avaliação da Inflamabilidade foi monitorado o item "a" do tópico 4.2.1.1 (b) = Para a avaliação da Corrosividade foi monitorado o item "a" do tópico 4.2.1.2 (c) = Para a avaliação da reatividade do resíduo foram monitorados os itens "a", "b", "c" e "e" do tópico 4.2.1.3 (d) = Valor Máximo para Resíduos Líquidos									

Tabela 2				Lodo	Matrizes	Entulho	Miúdo		
Resultados Analíticos das Amostras				ETA.	Cerâmica	Concreto	Concreto	Projeção	
Determinação sobre o Lixiviado. obtido de acordo com NBR10005:2004				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005	do Entulho Futuro	Método Usado
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Porcentagem de Sólidos	%p/p	0,1		35,9	91,1	98,2	92,8	94,03	Média
pH Final				7,8	6,5	9,0	8,5	6,5 - 9,0	Intervalo
Tempo Total de Lixiviação (h)			18±2	18	18	18	18	18	Analogia
Inorgânica									
Arsênio	mg/L	0,05	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Bário	mg/L	0,1	70,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Analogia
Cádmio	mg/L	0,05	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Chumbo	mg/L	0,05	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Cromo Total	mg/L	0,05	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Fluoreto	mg/L	1	150,0	5,40	15,3	1,4	<1,0	15,3	Máximo
Mercúrio	mg/L	0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Prata	mg/L	0,05	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Selênio	mg/L	0,05	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia

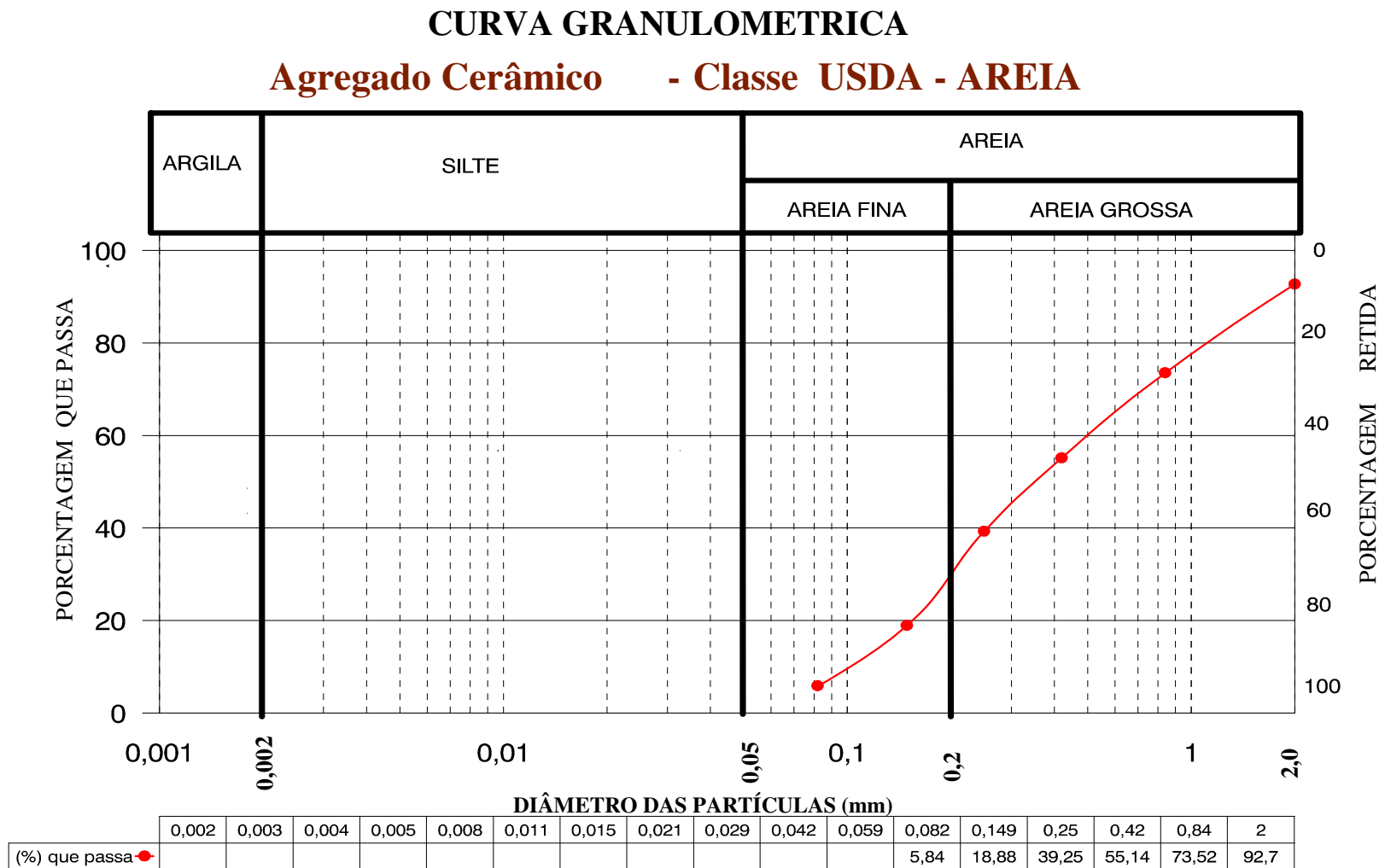
Tabela 2				Lodo ETA.	Matrizes	Entulho	Miúdo	Projeção	
Resultados Analíticos das Amostras					Cerâmica	Concreto	Concreto		
Determinação sobre o Lixiviado. obtido de acordo com NBR10005:2004				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005	do Entulho Futuro	Método Usado
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Pesticidas									
Aldrin+Dieldrin	mg/L	0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
Clordano (isômetros)	mg/L	0,005	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	Analogia
DDT (p,p'DDT+p,p'DDD+p,p'DDE)	mg/L	0,01	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
2,4-D	mg/L	0,01	3,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Endrin	mg/L	0,001	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Heptacloro e Epóxidos	mg/L	0,05	0,003	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
Lindano	mg/L	0,05	0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Metoxicloro	mg/L	0,05	2,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Pentaclorofenol	mg/L	0,05	0,9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Toxofeno	mg/L	0,05	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
2,4,5-T	mg/L	0,05	0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
2,4,5-TP	mg/L	0,05	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Benzeno	mg/L	0,01	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Benzo(a)pireno	mg/L	0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Cloreto dew Vinila	mg/L	0,1	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Clorobenzeno	mg/L	0,5	100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Analogia
Clorofórmio	mg/L	1,0	6,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Analogia
o-Cresol	mg/L	1,0	200,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	Analogia
m-Cresol	mg/L	1,0	200,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	Analogia
p-Cresol	mg/L	1,0	200,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	Analogia

Tabela 2 Continuação				Lodo ETA.	Matrizes Entulho Miúdo			Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
Resultados Analíticos das Amostras					Cerâmica	Concreto	Concreto		
Determinação sobre o Lixiviado. obtido de acordo com NBR10005:2004				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	7,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,01	3,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
2,4-Dinitrotolueno	mg/L	0,01	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Hexaclorobenzeno	mg/L	0,01	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,01	0,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Hexacloroetano	mg/L	0,01	3,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Metiletilcetona	mg/L	5	200,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	Analogia
Nitrobenzeno	mg/L	0,01	2,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Piridina	mg/L	5	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	Analogia
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,01	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tetracloroetano	mg/L	0,01	4,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Tricloroetano	mg/L	0,01	7,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
2,4,5-Triclorofenol	mg/L	0,1	400,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Analogia
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	0,1	20,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Analogia

Tabela 3				Lodo ETA.	Matrizes	Entulho	Miúdo	Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
Resultados Analíticos das Amostras					Cerâmica	Concreto	Concreto		
Determinação sobre o Solubilizado obtido de acordo com NBR10005:2004				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
pH Final				8,0	8,90	9,3	11,9	8,9 - 11,9	Intervalo
Inorgânicos									
Alumínio	mg/L	0,05	0,2	<0,05	<0,05	0,07	1,80	0,2	VMP
Arsênio	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Bário	mg/L	0,1	0,7	<0,11	<0,1	<0,1	0,52	0,52	Máxima
Cádmio	mg/L	0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	Analogia
Chumbo	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Cianeto	mg/L	0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Cloreto	mg/L	1	250,0	89,4	9,0	17,5	5,70	10,73	Média
Cobre	mg/L	0,05	2,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Fenóis Totais	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Ferro	mg/L	0,05	0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Fluoreto	mg/L	0,1	1,5	<0,4	0,90	0,40	0,20	0,50	Média
Manganês	mg/L	0,05	0,1	2,5	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	VMP
Mercúrio	mg/L	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
Nitrato (como N)	mg/L	0,1	10,0	<0,1	5,21	1,3	1,20	2,57	Média
Prata	mg/L	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia
Selênio	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Analogia
Sódio	mg/L	0,1	200,0	3,41	7,0	14	14	11,67	Média
Sulfato (como SO4)	mg/L	1	250,0	17,0	214	125	8	115,7	Média
Surfactantes	mg/L	0,1	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Analogia
Zinco	mg/L	0,05	5,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	Analogia

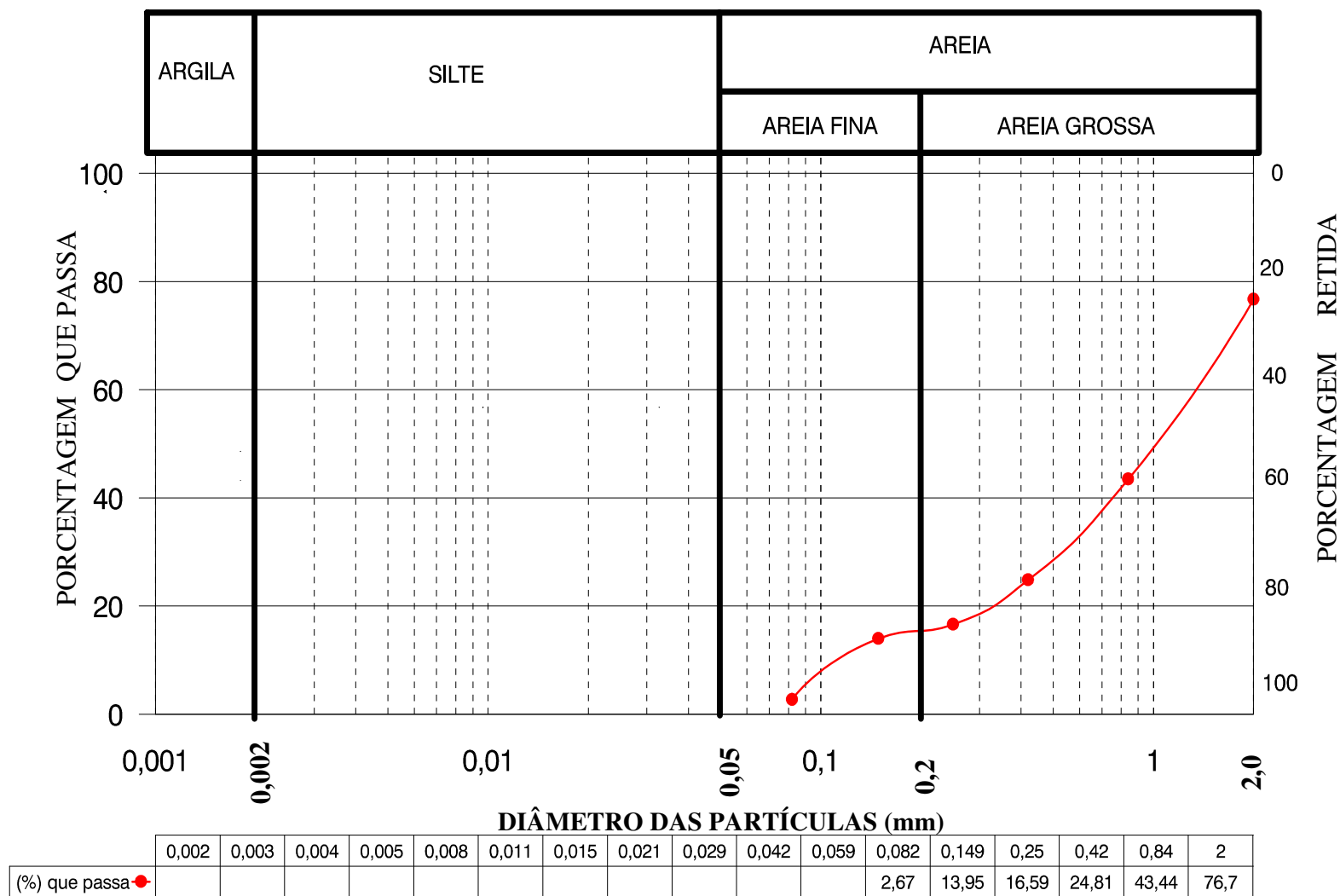
Tabela 3 Resultados Analíticos das Amostras Determinação sobre o Solubilizado obtido de acordo com NBR10005:2004				Lodo	Matrizes	Entulho	Miúdo	Projeção do Entulho Futuro	Método Usado
				ETA.	Cerâmica	Concreto	Concreto		
				Ago-Nov 2005	Jul-Ago 2005	Fev-Mar 2005	Out-Nov 2005		
Parâmetro	Unidade	LQ	VMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
Orgânicas									
Aldrin+Dieldrin	mg/L	3E-05	0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	Analogia
Clordano (isômeros)	mg/L	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	Analogia
2,4-D	mg/L	0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
DDT (Isômeros)	mg/L	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
Endrin	mg/L	0,0001	0,0006	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	Analogia
Heptacloro e Epóxidos	mg/L	3E-05	0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	Analogia
Hexaclorobenzeno	mg/L	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	Analogia
Lindano (g-HBC)	mg/L	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	Analogia
Metoxicloro	mg/L	0,005	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	Analogia
Toxafeno	mg/L	0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
2,4,5-T	mg/L	0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia
2,4,5-TP	mg/L	0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	Analogia

Anexo 5 CURVAS GRANULOMÉTRICAS - PORCENTAGEM QUE PASSA NO DIÂMETRO DE PARTÍCULAS.



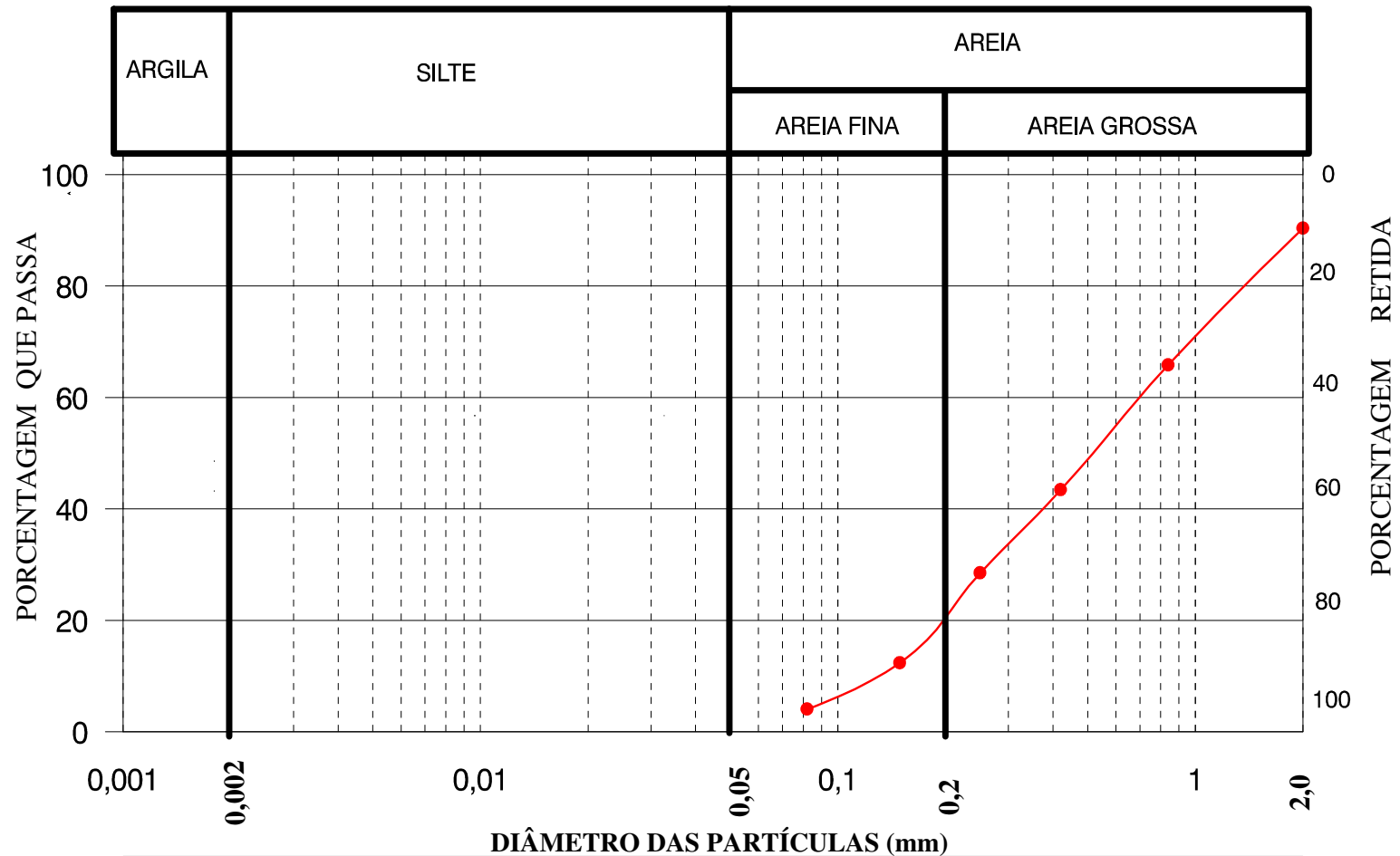
CURVA GRANULOMETRICA

Agregado Concreto 1- Classe USDA - AREIA



CURVA GRANULOMETRICA

Agregado Concreto 2 - Classe USDA - AREIA



	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,011	0,015	0,021	0,029	0,042	0,059	0,082	0,149	0,25	0,42	0,84	2
(%) que passa												4,04	12,34	28,48	43,41	65,81	90,36

Anexo 6 - RESULTADOS DOS TIJOLOS CONFECCIONADOS COM AGREGADOS E LODO DA ETL.

DIMENSÕES DOS TIJOLOS CONFECCIONADOS COM O LODO DA ETL APÓS SECAGEM EM LEITO E EM ESTUFA.

Amostra	Lodo (%)	Teor Umidade lodo (%)	Cimento %	Dimensões (cm)			Volume(cm ³)	Volume %
1	10	50	10	22,7	11,0	5,7	1423	94
2	10	50	10	22,5	10,9	5,5	1349	89
3	10	50	10	22,5	10,7	5,0	1204	79
Média				22,6	10,9	5,4	1324	87
4	15	50	10	22,7	10,7	5,5	1336	88
5	15	50	10	22,5	10,8	5,8	1409	93
6	15	50	10	22,8	10,9	5,3	1317	87
Média				22,7	10,8	5,5	1355	89
7	20	50	10	22,5	10,9	5,8	1422	94
8	20	50	10	22,5	10,8	5,3	1288	85
9	20	50	10	22,5	10,9	5,8	1422	94
Média				22,5	10,9	5,6	1377	91
10	25	50	10	22,4	10,9	5,7	1392	92
11	25	50	10	22,5	10,6	5,5	1312	86
12	25	50	10	22,2	10,6	5,8	1365	90
Média				22,4	10,7	5,7	1356	89
13	10	0	10	22,2	10,8	5,8	1391	92
14	10	0	10	22,8	10,6	5,8	1402	92
15	10	0	10	22,6	10,8	5,5	1342	88
Média				22,5	10,7	5,7	1379	91

16	15	0	10	22,8	10,9	5,9	1466	97
17	15	0	10	22,8	10,9	5,8	1441	95
18	15	0	10	23,0	10,9	5,9	1479	97
Média				22,9	10,9	5,9	1462	96
19	20	0	10	23,0	11,0	5,8	1467	97
20	20	0	10	23,0	11,0	6,0	1518	100
21	20	0	10	23,0	11,0	6,0	1518	100
Média				23,0	11,0	5,9	1501	99
22	25	0	10	23,0	11,0	6,0	1518	100
23	25	0	10	23,0	11,0	6,0	1518	100
24	25	0	10	23,0	11,0	6,0	1518	100
Média				23,0	11,0	6,0	1518	100

ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS TIJOLOS CONFECCIONADOS COM O LODO DESAGUADO EM LEITO DE SECAGEM E TOTALMENTE SECO EM ESTUFA.

Amostra	Lodo (%)	Umidade Teor (%)	Cimento %	Peso (g)	Peso (seco)	Peso Saturado (g)	Absorção %
1	10	50	10	2003	1830	2288	25,0
2	10	50	10	2210	2096	2495	19,0
3	10	50	10	2100	1993	2468	23,8
Média				2104	1973	2417	22,5
4	15	50	10	2164	2051	2467	20,3
5	15	50	10	2124	2012	2421	20,3
6	15	50	10	2123	2014	2417	20,0
Média				2137	2026	2435	20,2

ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS TIJOLOS Continuação							
7	20	50	10	2345	2231	2673	19,8
8	20	50	10	2033	1938	2318	19,6
9	20	50	10	2184	2071	2490	20,2
Média				2187	2080	2494	19,9
10	25	50	10	2381	2260	2715	20,1
11	25	50	10	2071	1962	2301	17,3
12	25	50	10	2211	2111	2489	17,9
Média				2221	2111	2502	18,5
13	10	0	10	2147	2045	2401	17,4
14	10	0	10	2077	1972	2312	17,2
15	10	0	10	1997	1854	2214	19,4
Média				2074	1957	2309	18,0
16	15	0	10	2340	2212	2546	15,1
17	15	0	10	2182	2070	2385	15,2
18	15	0	10	2606	2471	2846	15,2
Média				2376	2251	2592	15,2
19	20	0	10	2543	2403	2798	16,4
20	20	0	10	2293	2170	2486	14,6
21	20	0	10	2500	2372	2750	15,9
Média				2445	2315	2678	15,7
22	25	0	10	2667	2530	2897	14,5
23	25	0	10	2640	2499	2895	15,8
24	25	0	10	2314	2186	2558	17,0
Média				2540	2405	2783	15,7

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS TIJOLOS CONFECCIONADOS COM LODO TOTALMENTE SECO E QUE ATENDERAM OS LIMITES ESTIPULADOS PARA DIMENSÕES E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Amostra	Lodo %	Umidade Teor (%)	Cimento (%)	Força (Kgf)	Área (cm²)	Resistência (MPa)
16	15	0	10	1480	121	1,2
17	15	0	10	1420	121	1,2
18	15	0	10	1490	121	1,2
Média				1463	121	1,2
19	20	0	10	1408	121	1,2
20	20	0	10	1320	121	1,1
21	20	0	10	1545	121	1,3
Média				1424	121	1,2
22	25	0	10	1088	121	0,9
23	25	0	10	1500	121	1,2
24	25	0	10	1680	121	1,4
Média				1423	121	1,2

Anexo 7 QUANTIDADES E PREÇOS DAS MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

Misturas Produção	Total Latas	Pó de Pedra		Pedrisco		Areia Média		Cimento		Total	
		R\$ / kg = 0,025		R\$ / kg = 0,025		R\$ / kg = 0,03		R\$ / kg = 0,25		R\$ / kg =	
ELEMENTOS DE ALVENARIA Tipo	(10 Kg)	latas	%	latas	%	latas	%	latas	%	latas	%
Blocos Aparentes	13	10	76,92	0	0,00	2	15,38	1	7,69	13	100
Blocos Rústicos	8,5	6	70,59	2	23,53	0	0,00	0,5	5,88	8,5	100

Produção ELEMENTOS DE ALVENARIA	Peso Média(Kg)	Pó de Pedra		Pedrisco		Areia Média		Cimento		Total	
		Kg	R\$	Kg	R\$	Kg	R\$	Kg	R\$	Kg	R\$
1- Bloco Estrutural Aparente (liso)	15,50	11,92	0,29	0,00	0,00	2,38	0,07	1,19	0,30	15,50	0,66
2- Bloco Estrutural Rústico	15,20	10,73	0,26	3,58	0,09	0,00	0,00	0,89	0,22	15,20	0,58
3- Bloco Vedação Aparente (liso)	12,00	9,23	0,23	0,00	0,00	1,85	0,06	0,92	0,23	12,00	0,51
4- Bloco Vedação Rústico	11,80	8,33	0,20	2,78	0,07	0,00	0,00	0,69	0,17	11,80	0,45

QUANTIDADES E CUSTOS DOS BLOCO BLOCOS FABRICADOS COM MATERIAL RECICLADO.

Mistura Tipo RECICLADO	100 % Reciclado 0 % Natural			Cimento		Agregado/Lodo	
				R\$ / kg =	0,25	R\$ / kg =	0,01
Produção ELEMENTOS DE ALVENARIA	Peso (Kg)	Cimento		Agregado / Lodo		Total	
		Kg	R\$	Kg	R\$	Kg	R\$
Estrutural Agregado/Lodo	10,00	1,00	0,25	9,00	0,09	10,00	0,34
Vedação Agregado/Lodo	8,60	0,86	0,22	7,74	0,08	8,60	0,29