

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

RENATA MOREIRA DE SÁ E SILVA

**ESTUDO DE ALVENARIAS E REVESTIMENTOS DE GESSO RECICLADO  
DESTINADO À HABITAÇÃO POPULAR**

Goiânia  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL



**ESTUDO DE ALVENARIAS E REVESTIMENTOS DE GESSO RECICLADO  
DESTINADO À HABITAÇÃO POPULAR**

RENATA MOREIRA DE SÁ E SILVA

Goiânia  
2008



## Termo de Ciência e de Autorização para Disponibilizar as Teses e Dissertações Eletrônicas (TEDE) na Biblioteca Digital da UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás–UFG a disponibilizar gratuitamente através da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD/UFG, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:         **Dissertação**         **Tese**

### 2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor(a):	Renata Moreira de Sá e Silva				
CPF:	913.661.511-00	E-mail:	eng_renata@yahoo.com.br		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não					
Vínculo Empregatício do autor	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Tocantins – Campus Palmas				
Agência de fomento:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	Sigla:	CAPES		
País:	Brasil	UF:	GO	CNPJ:	
Título:	Estudo de Alvenarias e Revestimentos de Gesso Reciclado destinado à habitação Popular.				
Palavras-chave:	gesso reciclado, tijolo de gesso reciclado, conforto térmico, conforto acústico, gestão de resíduos, revestimento de gesso reciclado.				
Título em outra língua:	Study of masonry and Coatings made by Recycled plaster for low cost housing.				
Palavras-chave em outra língua:	recycled gypsum, recycled brick plaster, thermal comfort, acoustic comfort, waste management, recycled gypsum coating.				
Área de concentração:	Estruturas e Materiais de Construção.				
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	08.11.2008				
Programa de Pós-Graduação:	CMEC- Curso de Mestrado em Engenharia Civil				
Orientador(a):	Dr. <sup>a</sup> Rejane Maria Candiota Tubino				
CPF:	514.238.710-49	E-mail:	rejane.tubino@ufrgs.br		
Co-orientador(a):					
CPF:		E-mail:			

### 3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?<sup>1</sup>         total         parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: \_\_\_\_\_

Outras restrições: \_\_\_\_\_

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data: 01/ 05/ 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) autor(a)

<sup>1</sup> Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

RENATA MOREIRA DE SÁ E SILVA

**ESTUDO DE ALVENARIAS E REVESTIMENTOS DE GESSO RECICLADO  
DESTINADO À HABITAÇÃO POPULAR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Área de Concentração:** Estruturas e Materiais de Construção

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rejane Maria Candiota Tubino

Goiânia  
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(GPT/BC/UFG)

**Silva, Renata Moreira de Sá e.**  
**S586e** **Estudo de alvenarias e revestimentos de gesso reciclado destinado à habitação popular [manuscrito] Renata Moreira de Sá e Silva. – 2008.**  
**128 f.: il., figs., tabs., grafs.**

**Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rejane Maria Candiota Tubino.**

**Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,**  
**Escola**  
**de Engenharia Civil, 2008.**

Bibliografia: f.106-112.  
**Inclui lista de figuras, tabelas, fotografias, quadros e**  
**abreviaturas.**  
**Anexos.**

1. Política Habitacional – Brasil 2. Habitação Popular – Gesso Reciclado 3. Alvenaria e Gesso – Isolamento térmico e acústico I. Tubino, Rejane Maria Candiota. II. Universidade Federal de Goiás, **Escola de Engenharia Civil** III. Título.

CDU: 365.24(81)



**ESTUDO DE ALVENARIAS E REVESTIMENTOS DE GESSO RECICLADO  
DESTINADO A HABITAÇÃO POPULAR**

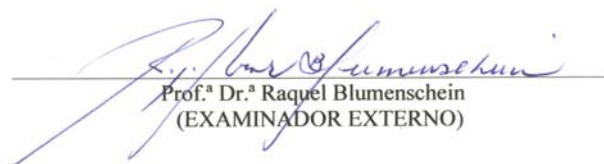
RENATA MOREIRA DE SÁ E SILVA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada dia 08/11/2008, pela banca examinadora  
constituída dos professores



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rejane Maria Candiota Tubino, Dr.<sup>a</sup> (UFG).  
(ORIENTADORA)



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Blumenschein  
(EXAMINADOR EXTERNO)



---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Régis de Castro Ferreira  
(EXAMINADOR INTERNO)



*Ao meu avô Bernardo Moreira, exemplo maior de  
força, garra e sabedoria, que nesse momento assiste  
minha conquista ao lado do Altíssimo.*

## AGRADECIMENTOS

---

Agradecer é a arte de reconhecer o valor das coisas. É a forma mais sincera de retribuir por aquilo que conquistamos com a ajuda dos outros, uma vez que uma grande obra, não é um empreendimento de um só coração, mas de muitas mentes que batalharam para que o projeto final constituísse em algo brilhante.

Em primeiro lugar, agradeço ao Senhor Deus por todas as vitórias que tem me proporcionado e por dar-me força, persistência e determinação para sempre vencer obstáculos e cumprir a vontade d’Ele em minha vida.

À Professora, orientadora e amiga, Doutora Rejane Maria Candiota Tubino pelo incentivo, apoio e confiança no meu trabalho ao longo desses anos de parceria.

Ao Laboratório Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda, sem cuja contribuição teria sido impossível executar o programa experimental dessa dissertação. É importante destacar o apoio dedicado pelo Geólogo Carlos Campos ao receber qualquer pesquisador, seja ele de graduação ou pós-graduação, de portas abertas para realização de atividades voltadas a pesquisa.

Ao técnico de laboratório Denílson, por todo apoio, paciência e conhecimento técnico compartilhado durante a realização dos ensaios, que foram de fundamental importância e sem o qual não teria a finalização dessa dissertação.

Aos técnicos de laboratório Natalício e Daniel que durante muitas e muitas tardes colocaram a “mão na massa” juntamente comigo.

A precursora do estudo de gesso reciclado e amiga Michelle Tereza, que idealizou, sonhou e hoje verifica a continuidade do seu estudo inicial.

A indústria Gesso Nobre, na pessoa do Sr. Carlos Benedito Duarte da Silva, criador do tijolo de gesso, que disponibilizou todos recursos necessários para o estudo dos resíduos de gesso. Em especial, agradecer a sua filha, Carla Cibele, por sempre estar a disposição de ajudar naquilo que se fizesse necessário, sempre com um sorriso no rosto e aos funcionários “Índio” e “Didi” que trabalharam duro comigo nos fins de semana na construção do protótipo de gesso.

Ao SENAI- GO, na pessoa do Engenheiro de Segurança do Trabalho Francisco Edson, que disponibilizou os equipamentos necessários para realização dos ensaios de conforto térmico e acústico do protótipo e aos Técnicos de Segurança do Trabalho, Diego e Franquat, que muito gentilmente me auxiliaram nas tarefas de campo.

Ao Laboratório da Universidade Federal de Goiás, nas pessoas do Professor Deusair e do técnico de laboratório Aguinaldo pelos auxílios técnicos.

Ao secretário do Mestrado em Engenharia Civil, Tancredo, sempre disposto a ajudar quando solicitado.

A todos os professores do curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás pelos ensinamentos passados durante o curso e em especial ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Enio Pazini, pela confiança depositada em mim e por permitir que eu ministrasse aulas sobre gesso a seus alunos da turma de Materiais de Construção do segundo ano de Engenharia Civil.

Ao meu avô, Bernardo, que me proporcionou estrutura familiar, amor, carinho e amizade, além de apoio financeiro indispensáveis para a execução desse curso de mestrado e que não pode aguardar para compartilhar comigo por mais essa vitória e a quem dedico essa produção científica.

Ao meu pai, Eng<sup>o</sup> Civil Reinaldo Barros, exemplo maior de profissionalismo que tenho, que sempre esteve ao meu lado me apoiando nas decisões difíceis a se tomar, como a opção por seguir a carreira acadêmica e que nesse momento se orgulha da conquista desse título de mestre. Obrigada por todos ensinamentos técnicos, todo amor e carinho que me serviram de alicerce durante todos os anos de minha vida e pelo auxílio na execução de alguns dos ensaios dessa pesquisa.

A minha mãe, Maria José, com quem aprendi que o mundo na grande maioria das vezes é injusto e desumano, que não adianta ser bom naquilo que se faça, é necessário ser o melhor, uma vez que o mercado, muitas vezes só terá uma vaga. Hoje sei bem o que é isso, ocupo a única vaga que tive no último concurso para Professor de Segurança do Trabalho para Educação Básica, Técnica e Tecnológica da Escola Técnica Federal de Palmas. Agradeço por todos ensinamentos que contribuíram para minha formação pessoal e principalmente pelo amor, carinho e força dedicada nesses últimos meses de estresse de final de pesquisa.

A minha avó Ritta, minha mãe duas vezes, por todo amor, cuidado, dedicação e por ter sido sempre meu escudo e suporte nas horas mais difíceis e ainda, pelas constantes orações que me fortaleceram nesse longo período de caminhada.

A minha avó Nair pelo apoio emocional, carinho e amor incondicional.

A minha irmã, Nanda, pelo amor e amizade, e pela grande ajuda na parte prática, pelas horas e horas de risadas durante os vários ensaios em que me auxiliou a realizar.

Ao meu irmão Reinaldo, pelo apoio dedicado na área computacional.

A minha irmãzinha Izadora por encher a casa de alegria com sua chegada e por todo carinho.

A minha madrastra e amiga Fátima Barcelos pelo exemplo de vitória profissional e pessoal e por todos os conselhos desempenhados ao longo desses anos.

Ao meu cunhado Beto, que sempre com muita paciência esteve disposto a me auxiliar no que estivesse ao seu alcance.

A amiga Lúcia que tamanha força desempenhou me auxiliando na fabricação do pó de gesso reciclado.

A amiga Iocelma “cumadre de coração” por todo auxílio na parte prática e pelas palavras de força e orações na etapa final.

Ao amigo Avelar Coelho pelo apoio desempenhado na parte escrita, no auxílio à fontes bibliográficas.

Ao amigo George Brito, pelas palavras de fé e otimismo que sempre me incentivaram a crer que tudo iria dar certo.

Aos colegas de mestrado e hoje amigos do coração Mario Sérgio, Danúbia e Danilo, por todo apoio desempenhado nos momentos difíceis, por todas as risadas nos momentos de descontração e por todas as dificuldades vencidas juntas no período de créditos.

Ao padrinho Arnaldo pelo amor e apoio desempenhado sempre que possível.

A madrinha Ana pela força nas horas difíceis e palavras de conforto.

Aos tios Bernardo e Gisele por toda carinho e dedicação e aos “cheirinhos”, Bernardo, Letícia e Leonardo pelo amor pela Renatinha.

A amiga Rívia pelas palavras de encorajamento nos momentos difíceis, pela companhia e amizade.

Ao amigo Marcelo por todo suporte e apoio dedicado desde que cheguei em Palmas.

Ao Prof<sup>o</sup> Guilherme Avelar, meu paizão em Palmas, e sua esposa Célia que me deram força e apoio familiar quando assumi o cargo de professora na ETFTo e tive que passar um bom tempo longe da minha família.

A ETFTo - Palmas, na pessoa do Coordenador da Área de gestão e amigo, Prof. Irair Amorim, por facilitar minhas idas à Goiânia para realização desta dissertação e a todos meus alunos por compreenderem minhas ausências quando na realização dos ensaios, em especial a aluna Paulinha, pela grande amizade demonstrada.

Ao CNPq pela bolsa de estudos.

À todos de minha família (avós, tios, tias, primos e primas) e amigos que souberam perdoar-me pelos momentos de ausência, pelos momentos não compartilhados, pelo mal humor decorrente de noites mal dormidas quando no decorrer desses anos.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Obrigada!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

*Renata Moreira de Sá e Silva*

*A ciência sem religião é manca, a religião sem a ciência é cega!*  
*Albert Einstein*

*"e se o meu povo, que se chama pelo meu nome, se humilhar, e orar, e buscar a minha face, e se desviar dos seus maus caminhos, então eu ouvirei do céu, e perdoarei os seus pecados, e sararei a sua terra. Agora estarão abertos os meus olhos e atentos os meus ouvidos à oração que se fizer neste lugar."  
II Cr 7.14,15.*

## SUMÁRIO

---

LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE FOTOGRAFIAS .....	xiii
LISTA DE TABELAS .....	xv
LISTA DE QUADROS .....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMO .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	01
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA .....	01
1.2 JUSTIFICATIVA.....	05
1.3 OBJETIVOS.....	07
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	08
CAPÍTULO 2 - RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA X RECICLAGEM .....	09
2.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA .....	09
2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA .....	10
2.3 RECICLAGEM DE RESÍDUOS .....	12
2.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PARA RECICLAGEM .....	16
2.5 VANTAGENS DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS .....	19
2.6 ALTERNATIVAS PARA AUMENTO DA RECICLAGEM .....	20
2.7 RECICLAGEM PRIMÁRIA X SECUNDÁRIA.....	21
2.8 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE GESSO .....	21
2.9 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO AMBIENTALMENTE CORRETOS.....	26
CAPÍTULO 3- O GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
3.1 HISTÓRICO.....	28
3.2 PRODUÇÃO .....	28
3.2.1 A Extração do gipso.....	29
3.2.2 Preparação para Calcinação.....	29
3.2.3 Calcinação.....	29
3.2.4 Seleção.....	30
3.3 GESSO DE CONSTRUÇÃO .....	30
3.4 HIDRATAÇÃO E PEGA DO GESSO .....	31
3.5 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS REAÇÕES DE HIDRATAÇÃO.....	34
3.6 PROPRIEDADES DA PASTA .....	35
3.6.1 Porosidade da pasta.....	35
3.6.2 Resistência mecânica .....	35
3.6.3 Resistência de Aderência.....	36
3.6.4 Absorção de água.....	39
3.7 VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO GESSO.....	39
3.8 DESVANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO GESSO .....	41
3.9 REVESTIMENTOS DE GESSO .....	41
3.9.1 Revestimento de Gesso Aplicado Mecanicamente.....	42
3.9.1.1 Execução do gesso projetado.....	43

3.9.2	Revestimento de Pasta de Gesso Aplicado Manualmente.....	44
3.9.2.1	Execução “gesso corrido” .....	45
CAPÍTULO 4 - MATERIAIS UTILIZADOS .....		48
4.1	ALVENARIAS .....	48
4.1.1	Tijolo de Gesso Reciclado .....	48
4.1.2	Argamassas de Assentamento.....	49
4.1.2.1	Gesso Cola (GC) .....	49
4.1.2.2	Argamassa Tradicional (AT) .....	49
4.2	REVESTIMENTO .....	51
4.2.1	Revestimento Externo.....	51
4.2.1.1	Argamassa de Revestimento Externo (Reboco Externo).....	51
4.2.2	Revestimento Interno.....	51
4.2.2.1	Revestimentos de Gesso .....	51
4.2.2.1.1	Gesso Natural (GN).....	51
4.2.2.1.2	Gesso Reciclado Seco (RS) .....	51
4.2.2.1.3	Gesso Reciclado Úmido (RU) .....	53
4.2.2.2	Argamassa de Revestimento Interno (Reboco Interno).....	55
CAPÍTULO 5 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....		56
5.1	ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO INTERNO .....	58
5.1.1	Alteração na Fôrma do Bloco de Gesso Reciclado .....	58
5.1.2	Fabricação dos Blocos de Gesso .....	59
5.1.3	Construção das Alvenarias – Protótipo .....	61
5.1.3.1	Alvenaria Gesso Cola (GC).....	62
5.1.3.2	Alvenaria Argamassa Tradicional (AT) .....	63
5.1.3.3	Detalhes do Protótipo .....	64
5.1.3.4	Revestimento Externo – Protótipo.....	66
5.2	ANÁLISES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO .....	68
5.2.1	ANÁLISES DA ALVENARIA.....	68
5.2.1.1	Análise da Produtividade e do Custo das Argamassas de Assentamento (GC e AT).....	68
5.2.1.2	Análise da Resistência à Compressão do Tijolo que constitui a alvenaria.....	69
5.2.1.3	Análise da Resistência à Compressão das Argamassas de Assentamento e Revestimento Externo.....	69
5.2.1.4	Análise da Resistência à Compressão das Alvenarias (GC e AT).....	70
5.2.2	ANÁLISES REVESTIMENTO EXTERNO.....	71
5.2.2.1	Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo .....	71
5.2.2.2	Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Externo.....	73
5.3	AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL TÉRMICO E ACÚSTICO DO PROTÓTIPO .....	74
5.4	ANÁLISES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO.....	76
5.4.1	Análise quanto à Trabalhabilidade e a Fissuração.....	81
5.4.2	Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Interno .....	81
5.4.3	Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Interno.....	83



CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	85
6.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO.....	85
6.1.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ANÁLISE DA ALVENARIA.....	85
6.1.1.1 Resultados e Discussões da Análise da Produtividade e doCusto das Argamassas de Assentamento (GC e AT) .....	85
6.1.1.2 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à Compressão do tijolo que constitui a alvenaria .....	87
6.1.1.3 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à compressão das Argamassas de Assentamento e Revestimento Externo .....	88
6.1.1.4 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à Compressão das Alvenarias (GC e AT).....	90
6.1.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ANÁLISE DO REVESTIMENTO EXTERNO.....	91
6.1.2.1 Resultados e Discussões da Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo.....	91
6.1.2.2 Resultados e Discussões da Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Externo.....	92
6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL TÉRMICO E ACÚSTICO DO PROTÓTIPO.....	93
6.1.3.1 Resultados e Discussões da Análise do Conforto Térmico .....	93
6.1.3.2 Resultados e Discussões da Análise do Conforto Acústico.....	95
6.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO .....	96
6.2.1 Resultados e Discussões da Análise quanto à trabalhabilidade e a fissuração .....	96
6.2.2 Resultados e Discussões da Análise da Resistência de Aderência a tração do Revestimento Interno.....	99
6.2.3 Resultados e Discussões da Análise da Permeabilidade/Absorção de água pelo Método do Cachimbo.....	100
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	102
7.1 CONCLUSÕES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO .....	102
7.2 CONCLUSÕES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO .....	103
7.3 CONCLUSÃO GERAL .....	104
7.4 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106
ANEXO A - RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 .....	114
ANEXO B - RESOLUÇÃO nº 348 de 16 de agosto de 2004 .....	118
ANEXO C – Projeto de Lei - POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	119

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1 – Esquema dos componentes de um sistema de gestão de resíduos sólidos (BLUMENSCHHEIN, 2004). .....	18
Figura 3.1 – Evolução da hidratação do hemidrato $\alpha$ por microcalorimetria (SELMO, 1997) .....	32
Figura 3.2 – Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração (BORGES, 2003) .....	38
Figura 5.1 – Fluxograma do Estudo 1 .....	57
Figura 5.2 – Fluxograma do Estudo 2. ....	58
Figura 5.3 – Planta baixa do protótipo de gesso reciclado.....	61
Figura 5.4 – Desenho indicativo de divisão das paredes do protótipo.....	62
Figura 5.5 – Vista Frontal do protótipo de gesso reciclado.....	64
Figura 5.6 – Decibelímetro Digital modelo DEC- 460 (INSTRUTHERM, 2008) .....	76
Figura 5.7 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede A. ....	77
Figura 5.8 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede B. ....	78
Figura 5.9 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede C. ....	78
Figura 5.10 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede D. ....	79
Figura 6.1 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples dos Blocos de Gesso.....	88
Figura 6.2 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Assentamento.....	89
Figura 6.3 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Revestimento Externo.....	89
Figura 6.4 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples das Alvenarias (GC e AT) .....	90

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1.1 – Invasão da Linha ferroviária – Goiânia - GO.....	01
Foto 1.2 – Entulho abandonado em terreno baldio.....	03
Foto 1.3 – Recipientes de Coleta Seletiva de Lixo EEC/UFG .....	03
Foto 1.4 – Latão de Lixo sem separação EEC/UFG .....	04
Foto 1.5 – Entulho de gesso.....	05
Foto 2.1 – Equipamento utilizado para moagem do gesso hidratado (BARDELLA et al., 2003).....	23
Foto 2.2 – (a) Tijolo de gesso (b) Armazenagem a céu aberto (CARVALHO, 2005).....	25
Foto 2.3 – (a) Sobra de gesso sendo triturada. (b) “Peneira” utilizada parapadronizar a granulometria e a sobra de gesso utilizada (RIBEIRO, 2008).....	26
Foto 3.1 – Extração do Gipso (CARVALHO, 2005).....	29
Foto 3.2 – Equipamento de projeção de revestimento de gesso (GEROLLA, 2008).....	42
Foto 3.3 – Execução do Revestimento de gesso projetado (GEROLLA, 2008).....	44
Foto 3.4 – Execução do Revestimento de gesso corrido (CARVALHO, 2005).....	46
Foto 3.5 – Utilização parcial da pasta na masseira (CARVALHO, 2005). .....	47
Foto 3.6 – Morte do gesso.....	47
Foto 4.1 – Aspecto da parede de bloco maciço de gesso reciclado. ....	48
Foto 4.2 – (a) Parede de Bloco Maciço de Gesso Reciclado com 5 anos de idade (b) Parte inferior da Alvenaria de Gesso Reciclado .....	49
Foto 4.3 – Processo de fabricação do gesso reciclado (a) em Moinho de bolas- Abrasão Los Angeles; (b) gesso moído dentro do moinho; (c) peneiramento do gesso; (d) almofariz. ....	52
Foto 4.4 – Comparação pó de gesso reciclado com pó de gesso natural. ....	53
Foto 4.5 – Triturador de resíduos de gesso .....	53
Foto 4.6 – Secagem dos grãos ao sol. ....	54
Foto 4.7 – Gesso Úmido – Granulometria 1– fina.....	54
Foto 5.1 – Bloco de Gesso Reciclado .....	59
Foto 5.2 – Bloco com encaixe macho fêmea .....	59
Foto 5.3 – Encaixe entre blocos.....	59
Foto 5.4 – Processo de fabricação bloco de gesso reciclado: (a) Fôrma untada a espera de gesso, (b) Fabricação de molduras e sancas; (c) Enchimento da fôrma com pasta sem fluidez para moldagem de molduras e sancas; (d) Desempeno da superfície com desempenadeira de aço (e) Armazenamento dos blocos a céu aberto para secagem.....	60
Foto 5.5 – Alvenaria de Gesso Cola: (a) Preparo do gesso cola; (b) Assentamento da segunda fiada da alvenaria.....	62
Foto 5.6 – Encontro alvenarias de gesso com assentamento de gesso cola (GC).....	63
Foto 5.7 – Assentamento da primeira fiada de argamassa tradicional (AT).....	63
Foto 5.8 – Alvenaria assentada com argamassa tradicional (AT).....	64
Foto 5.9 – Inclinação da alvenaria para recebimento da cobertura.....	65
Foto 5.10 – Execução forro de gesso.....	66
Foto 5.11 – (a) Protótipo chapiscado sem cobertura. (b) Protótipo chapiscado com cobertura .....	67
Foto 5.12 – Execução do reboco externo (a) Sarrafeamento. (b) Acabamento. ....	67
Foto 5.13 – Ensaio de resistência à compressão dos blocos de gesso .....	69

Foto 5.14 – CP 5 x 10 cm para ensaio de resistência a compressão de argamassas. ....	70
Foto 5.15 – Construção paredes em modelo reduzido. ....	70
Foto 5.16 – (a) Parede com revestimento. (b) Vista lateral. ....	71
Foto 5.17 – (a) Gabarito para corte com “serra-copo”. (b) Revestimento após corte a espera da colagem da pastilha. (c) Colagem da Pastilha. ....	72
Foto 5.18 – Execução do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração. ....	73
Foto 5.19 – Ensaio de absorção pelo método do cachimbo. ....	73
Foto 5.20 – Avaliação do conforto térmico do protótipo: (a) medição externa. (b) medição interna. ....	75
Foto 5.21 – Preparação da Pasta de Gesso 100% RS para aplicação. ....	80
Foto 5.22 – Execução revestimento interno 100% RS na alvenaria de gesso cola. ....	80
Foto 5.23 – Perda do material na masseira gesso 100% RS fim do tempo útil. ....	81
Foto 5.24 – Parede de gesso após ensaio de resistência de aderência à tração e corte não utilizado, por ter quebrado a lateral antes da colagem da pastilha. ....	82
Foto 5.25 – Ensaio Método do Cachimbo parede de gesso: (a) Cachimbo cheio de água; (b) Parede após o ensaio. ....	84

## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 3.1 – Nomenclatura e fórmula química das fases do gesso (ANTUNES, 1999). .....	30
TABELA 3.2 – Reações de hidratação das fases que podem estar presentes em gessos de construção e que levam ao endurecimento progressivo da pasta fresca (SELMO, 1997). .....	32
TABELA 3.3 – Exigências Físicas do Gesso para construção Civil segundo NBR 12128 (ABNT, 1991). .....	33
TABELA 3.4 – Porosidade teórica de Pastas de gesso (Hallows, 1992). .....	35
TABELA 3.5 – Intervalo de variação das propriedades dos gessos de construção brasileiros (CINCOTTO et al., 1998b; HINCAPIÉ et al., 1997 apud ANTUNES, 1999). .....	37
TABELA 4.1 – Características do cimento e da cal. ....	50
TABELA 4.2 – Ensaio de Caracterização da Areia. ....	50
TABELA 6.1 – Custo m <sup>2</sup> Alvenaria de Gesso Reciclado com Argamassa Tradicional (AT). .....	86
TABELA 6.2 – Custo m <sup>2</sup> Alvenaria de Gesso Reciclado com Gesso Cola (GC). .....	86
TABELA 6.3 – Resultados do Ensaio de Compressão nos Blocos de Gesso. ....	87
TABELA 6.4 – Resultados Ensaio de Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Assentamento. ....	88
TABELA 6.5 – Resultados Ensaio de Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Revestimento Externo. ....	89
TABELA 6.6 – Resultados do Ensaio de Resistência à Compressão Simples das Alvenarias .....	90
TABELA 6.7 – Ensaio de Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo – Parede C (oeste). ....	91
TABELA 6.8 – Ensaio de Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo – Parede A (leste). .....	92
TABELA 6.9 – Resultados Médios do Ensaio de Permeabilidade - Método do Cachimbo .....	93
TABELA 6.10 – Medições Temperatura Protótipo de Gesso. ....	94
TABELA 6.11 – Medições Temperatura Protótipo de Solo cimento. ....	94
TABELA 6.12 – Comparativo IBUTG. ....	94
TABELA 6.13 – Medições de Ruído com Decibelímetro Digital. ....	96
TABELA 6.14 – Tempo Útil de utilização das pastas de gesso analisadas. ....	96
TABELA 6.15 – Análise dos revestimentos quanto à Fissuração. ....	97
TABELA 6.16 – Resumo dos resultados do ensaio de resistência de aderência à tração (em MPa) .....	100
TABELA 6.17 – Ensaio de Permeabilidade – Método do Cachimbo. ....	101

## LISTA DE QUADROS

---

QUADRO 2.1 - Componentes de um sistema integrado de gestão de resíduos (BLUMENSCHHEIN, 2004).....	17
QUADRO 5.1 – Quadro Resumo de Tipo de Alvenarias.....	62
QUADRO 5.2 – Quadro Resumo das Especificações do Estudo 1.....	68
QUADRO 5.3– Quadro representativo das amostras do ensaio de aderência.....	72
QUADRO 5.4 – Quadro representativo das amostras do ensaio de permeabilidade .....	74
QUADRO 5.5 – Quadro Resumo das Especificações do Estudo 2.....	76
QUADRO 5.6 – Quadro representativo das amostras do ensaio de aderência.....	82
QUADRO 5.7 – Quadro representativo das amostras de permeabilidade .....	83
QUADRO 6.1 – Limites de Tolerância para exposição ao calor (NR 15, 1978). .....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACV – Análise do Ciclo de Vida  
AT– Argamassa Tradicional  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CUB – Custos Unitários Básicos  
EUA – Estados Unidos da América  
GC– Gesso-Cola  
GN – Gesso Natural  
GO – Goiás  
IBUTG – Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo  
MPa – Mega Pascal  
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego  
NR – Norma Regulamentadora  
NPS – Nível de Pressão Sonora  
PIS – Projeto de Interesse Social  
R1 – Residência Unifamiliar  
RCRA – Resource Conservation and Recovering Act 1  
RMR – Região Metropolitana do Recife  
RSCD – Resíduos Sólidos de Construção e Demolição  
RS – Reciclado Seco  
RU – Reciclado Úmido  
SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A  
SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil  
Tbn – Termômetro de bulbo úmido natural  
Tbs – Termômetro de bulbo seco  
Tg – Termômetro de globo

## RESUMO

---

A geração de grandes quantidades de resíduos sólidos é um problema crescente nas áreas urbanas. Assim como os demais materiais de construção, o gesso é um gerador de entulho. A quantidade expressiva desse resíduo e o seu descarte inadequado causam graves impactos ambientais, sociais e econômicos. Isto impõe a busca de soluções rápidas e eficazes para sua gestão adequada, através da elaboração de programas específicos, que visem à minimização desses impactos. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de reutilizar um resíduo da indústria de gesso para construir habitações de interesse social visando um melhor conforto ambiental. Também foram motivações para este estudo as vantagens do gesso, dentre elas, isolamento térmico e acústico e a busca de uma forma de gerenciamento dos resíduos urbanos. Para tanto, estudou-se alvenarias de fechamento com tijolos produzidos através do reaproveitamento de pastas de gesso que não possuíam mais fluidez para a confecção de molduras e testando dois tipos de argamassa de assentamento, gesso cola (GC) e argamassa tradicional (AT) de forma a verificar a que melhor se adéqua a este sistema construtivo no aspecto produtividade, custo e resistência à compressão. Estudou-se também, revestimentos executados com dois tipos de gesso reciclado, gesso reciclado úmido (RU) e gesso reciclado seco (RS), variando suas proporções e analisando o desempenho destes quanto à trabalhabilidade e fissuração, resistência de aderência à tração e à absorção e permeabilidade à água, segundo o método do “cachimbo”, proposto pelo CSTC da Bélgica (NIT 140). Ainda realizou-se a análise do conforto térmico e acústico do protótipo produzido com esses novos materiais alternativos. Os resultados apontaram a argamassa tradicional (AT) como mais adequada à construção de alvenarias de gesso reciclado, destacando-se como revestimento interno a pasta com 25% de substituição por gesso reciclado úmido (RU) e revestimento externo o reboco comum (AT), muito utilizado em construções, traço 1:1:6. O protótipo executado de gesso reciclado ainda ofereceu uma melhor atenuação térmica quando comparado com um protótipo de solo cimento e garantiu um bom isolamento acústico. Após realização de todas as análises, verifica-se a viabilidade técnica e financeira de execução de construções de interesse social com esses materiais alternativos constituídos de gesso.



## ABSTRACT

---

The generation of large quantities of solid waste is a great problem faced by urban areas. Like all building materials, the gypsum plaster is a generator of solid waste. The amount and inadequate waste disposal cause serious environmental, social and economical impacts. This requires the search for quick and effective solutions for its management, through the development of specific programs, which aim to minimize these impacts. This study was developed with the purpose to use waste material of the gypsum industry to built low cost houses with better environmental comfort. Also there were motivations for this study the advantages of gypsum, among them thermal and acoustic insulation, and to help managing municipal waste. Thus, it was studied closing masonry with bricks made by the reuse of gypsum plaster which not have sufficient fluidity to make construction frames anymore. In order to verify which mortar better fit this construction system, two different types of settlement mortars were studied: traditional gypsum paste (GC) and traditional mortar (cement, lime and sand) (AT). The aspects of productivity, cost and strength compression of the constructive system were tested. Coatings were also studied, performed with two types of recycled gypsum: wet recycled gypsum (RU) and dry recycled gypsum (RS), varying their proportions and analyzing the performance of them concerning on workability, cracking, tensile strength and for water absorption and permeability, according to the NIT 140 method proposed by CSTC, from Belgium. In order to verify the thermal and acoustic comfort, a prototype was produced with these new materials. The results showed that the traditional mortar (AT) was the most suitable for the construction of closing masonry made by recycled gypsum, the best internal coating was the 25% paste substitution by wet plaster (RU) and external coating the traditional mortar (AT), 1:1:6 mixture proportion, widely used in constructions. In relation to thermal comfort, there was a better thermal attenuation of recycled gypsum prototype in comparison to a soil cement bricks prototype, also with a good acoustic isolation. The results assured technical and financial viability of using these types of coatings in the construction of low cost housing.

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

---

### 1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

Estudar as habitações é uma das formas para se conhecer os estágios de desenvolvimento tecnológico e científico do homem sobre a Terra. Isso porque, grande parte desse “conhecimento” é decorrente de incessantes pesquisas para tornar as habitações mais seguras, confortáveis, funcionais, eficientes e acessíveis (PRADO, 2007).

Um grande problema enfrentado pelas cidades brasileiras, principalmente pelas capitais, é a falta de moradia para as populações de baixa renda. Com o crescente desenvolvimento industrial, o problema da falta de moradias que sempre foi crítico, agravou-se, pois grande parte da população do campo migrou para as cidades em busca de emprego e melhores condições de vida.

Sem oferta satisfatória de novas moradias para esta grande demanda de pessoas, acontece o crescimento desordenado das cidades, principalmente, em suas áreas periféricas. Torna-se comum as ocupações irregulares (invasões), onde terrenos públicos e particulares passam a ser ocupados, por milhares de famílias em condições absolutamente precárias, à margem de qualquer apoio oficial.

Mas o problema de invasões não afeta somente a periferia. Muitas áreas centrais também sofrem com o problema, onde crianças dividem espaço em meio ao lixo e as péssimas condições de higiene e saúde pública dos barracos improvisados com sucata, como é o caso da antiga estrada ferroviária de Goiânia, hoje desativada e abrigo de inúmeras famílias goianas (Foto 1.1).



Foto 1.1 – Invasão da Linha ferroviária – Goiânia – GO.

Os municípios, com pouca verba para aplicar em programas habitacionais, passam a ser pressionados por uma demanda populacional que cobra por melhores condições de vida e que não pode ser atendida a curto prazo.

Acontece que a falta de moradia não é um problema apenas dos Municípios. A Constituição Federal (1988), em seu artigo sexto, garante à população o direito à moradia como sendo um direito social do cidadão.

Art. 6º São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a *moradia*, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição (Constituição Federal, 1988).

A Constituição define ainda que garantir a moradia, não é apenas uma obrigação do Município, mas atribui competência ao Governo seja ele representado pela União, Estado, Distrito Federal e Município. Segundo o artigo vinte e três, em seu capítulo nove, é de responsabilidade do Governo promover programas de Construção de moradias, bem como melhoria das habitações existentes e do saneamento básico, onde se enquadram água e esgoto a todas as pessoas.

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:  
IX - promover programas de construção de *moradias* e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico (Constituição Federal, 1988).

Por outro lado, outro grande problema enfrentado pelas áreas urbanas é a geração de grandes quantidades de resíduos sólidos. A quantidade expressiva desse resíduo e o seu descarte inadequado causam graves impactos ambientais, sociais e econômicos.

Ao relacionar os resíduos urbanos gerados em algumas cidades brasileiras com resíduos sólidos de construção, Pinto (1996) apresenta, para os resíduos de construção, valores na ordem de 2/3, em massa, de todo o entulho gerado na malha urbana.

Dessa forma estes entulhos acabam superlotando os aterros sanitários e ainda uma boa parte deste material é abandonada em locais inadequados, quase sempre clandestinos, provocando a degradação do meio ambiente (Foto 1.2). Quando abandonados à beira de aquíferos, os entulhos ainda provocam assoreamento das margens e poluição de suas águas contribuindo para o esgotamento do curso d'água.



Foto 1.2 – Entulho abandonado em terreno baldio.

O autor italiano Ítalo Calvino descreve em seu livro *As cidades imaginárias* o fim de uma população soterrada pelo seu próprio lixo. A história parece uma metáfora profética e apocalíptica sobre uma sociedade que valoriza o novo e o desperdício: A nossa. Claro que todos são a favor da reciclagem, mas quantos sabem de suas reais possibilidades e as utilizam? (COUTINHO, 2007).

Dentro da própria Universidade, existem exemplos práticos deste problema. Em meio aos inúmeros pontos de coleta seletiva na Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG) (Foto 1.3), encontram-se latões de lixo cheios de materiais aproveitáveis para a reciclagem misturados a materiais não recicláveis (Foto 1.4).



Foto 1.3 – Recipientes de Coleta Seletiva de Lixo na EEC/UFG.



Foto 1.4 – Latão de Lixo sem separação na EEC/UFG.

Isto impõe a busca de soluções rápidas e eficazes para a gestão adequada dos resíduos através da elaboração de programas específicos que visem à minimização dos impactos ambientais causados pela disposição inadequada desses materiais.

Em meio aos demais resíduos, é importante destacar a grande vantagem do entulho: seu elevado potencial de reciclagem para uso como matéria-prima na produção de novos materiais.

A adoção de uma política de incentivo para o reaproveitamento dos minerais descartados pelas obras civis, possibilita a redução da quantidade de minerais extraídos das jazidas e, conseqüentemente, redução do custo final da obra, além de garantir maior sustentabilidade na cadeia da produção civil, atenuando o impacto ambiental causado pela mesma.

Entretanto, nem todos os resíduos gerados na indústria da construção civil, segundo a Resolução CONAMA nº 307 (05/07/02) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, podem ser reutilizados ou reciclados. O gesso, por exemplo, é enquadrado na Classe C, “resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação”.

Com o crescente uso do gesso na construção civil, cresce também a geração de resíduos deste material (Foto 1.5). John (2008) afirma que na grande São Paulo a geração do entulho de gesso é na ordem de 120.000 ton/ano. No levantamento feito por Carvalho (2005) entre as indústrias de placas e molduras da cidade de Goiânia – GO, para cada metro linear produzido, 1 kg de entulho era gerado e mensalmente eram desperdiçadas 720 m<sup>2</sup> de placas de gesso. Dessa forma, torna-se necessário um estudo para viabilizar o reaproveitamento/reciclagem dos resíduos de gesso, uma vez que o gesso interfere no tempo

de pega do cimento, não podendo desta forma ser aproveitado indiscriminadamente como agregado reciclado (SILVA, 2005).



Foto 1.5 – Entulho de gesso.

Buscando viabilizar uma forma de aplicação do entulho do gesso, para proteção do meio ambiente e redução do custo das obras civis, Carvalho (2005) estudou duas formas para destinar os resíduos de gesso. A primeira, reciclando o entulho de gesso, transformando-o novamente em pó, o qual denominou de gesso em pó reciclado, estudando todas suas propriedades de forma a utilizá-lo como substituto do gesso em pó natural. E a segunda forma foi a reutilização de pastas de gesso, quando estas não possuíam mais fluidez para confecção de molduras, para a execução de tijolos maciços semelhantes ao tijolo comum.

Diante dos resultados positivos dessa pesquisa de destinação final para resíduos de gesso e buscando atenuar o problema da falta de moradia no Brasil, neste trabalho objetiva-se analisar a utilização desses tijolos de gesso e do revestimento feito com o gesso em pó reciclado na produção de casas destinadas à habitação popular. Em suma pretende-se que estes dois novos materiais alternativos permitam a construção de moradias a um baixo custo e que garanta um melhor conforto ambiental.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Prover conforto térmico ao usuário para que ele possa desempenhar plenamente suas atividades é uma condição inerente à boa arquitetura, independente do tipo de construção ou do local onde se situa. Hoje, no entanto, a necessidade crescente de reduzir o consumo de energia nas edificações acrescentou mais um desafio a ser superado para o pleno atendimento

dessa demanda. Dessa forma, o isolamento térmico da edificação é um importante fator a ser considerado na hora de optar pelo material a ser utilizado na construção.

Segundo Barbosa e Lamberts (2002), a grande demanda aliada a um clima ameno em quase todo país e uma falta de legislação apropriada tem levado a que construções direcionadas a suprir o mercado de baixa renda tenham um comportamento térmico inadequado.

A busca de um material que possa ser usado nessas edificações que seja um isolante térmico tem merecido destaque em pesquisas científicas, na busca de um material que tenha as características de boa eficiência térmica, boa resistência e baixo custo, uma vez que segundo Lamberts (1990), dentre as edificações para a população de baixa renda, casas unifamiliares ainda representam a grande maioria, e elas são mais expostas ao clima externo e, portanto com grande influência no ambiente térmico de seus componentes.

Nesse contexto, devido as suas propriedades físico-químicas, o gesso assume um papel importante já que é considerado um isolante térmico e acústico natural.

Segundo Coutinho (2007), muitos materiais de construção convencionais já podem ser substituídos por materiais reciclados. Assim, é possível construir uma habitação moderna e confortável utilizando-se materiais experimentais elaborados ecologicamente, sem agredir o meio ambiente e a saúde dos seres vivos, a partir do uso de matérias-primas naturais renováveis ou naturais não renováveis, mas reaproveitáveis, recicladas ou que impactem o mínimo possível durante seu processo de fabricação e pós-uso.

Dessa forma, buscando amenizar o problema social da falta de moradia que proporcione qualidade de vida às populações de baixa renda e em garantir a preservação do meio ambiente é que desenvolve-se esta pesquisa propondo a construção de habitações populares com a utilização de alvenarias e revestimentos constituídos de resíduos de gesso.

Assim, a grande quantidade de resíduos de gesso produzidos pelas indústrias de forros e molduras terão uma destinação mais nobre, onde deixarão de agredir o meio ambiente em bota-foras clandestinos e passarão a ser matéria-prima na produção de novos materiais de construção. As fábricas ainda passarão a atender a Resolução do CONAMA nº 307 (05/07/02), que prevê que: “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final”.

Em suma, a utilização de resíduos de gesso na construção de alvenarias e revestimentos para habitações populares permitirão a diminuição do custo final da habitação, já que os materiais convencionais serão substituídos por materiais reciclados, ou seja, ecologicamente corretos, sem, contudo, perder a qualidade final do ambiente construído e

ainda garantirá um melhor condicionamento térmico, item de grande importância na habitabilidade das construções e característica intrínseca do gesso. Este aspecto pouco considerado nas edificações de caráter social têm sido responsável por grande parte das queixas relacionadas à ambientes quentes no verão e frios no inverno.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é analisar as alvenarias construídas com tijolo de gesso e revestidas com gesso em pó reciclado para construção de casas destinadas à habitação popular. Para isto serão necessários os seguintes objetivos específicos:

- Estudar o formato do tijolo de gesso de Carvalho (2005), adequando sua fôrma para uma maior produtividade na fábrica e suas dimensões para maior produtividade quando na execução das alvenarias.
- Estudar dois tipos de argamassa de assentamento para as alvenarias de gesso: AT (argamassa tradicional de assentamento executada em obra, traço 1:2:8) e GC (gesso-cola) e definir a que melhor se adéqua a este sistema construtivo no aspecto produtividade, custo e resistência à compressão.
- Analisar se o revestimento externo usual em alvenarias convencionais de tijolos, chapisco grosso e reboco traço 1:1:6 apresenta bom desempenho para a alvenaria de gesso.
- Estudar o melhor tipo de revestimento interno para os dois tipos de alvenarias utilizados (AT e GC). Para isso, testam-se as seguintes proporções de gesso em pó reciclável de Carvalho (2005): 100% Reciclado Seco (RS)<sup>1</sup> e 50% Reciclado Seco (RS). Testa-se ainda o revestimento interno executado com gesso reciclável úmido nas proporções de 25% Reciclado Úmido (RU)<sup>2</sup> e 10% Reciclado Úmido (RU) e ainda gesso corrido realizado com gesso natural (GN). Para a alvenaria AT, ainda executa-se um reboco paulista de traço 1:2:9.
- Realizar ensaios de conforto térmico e acústico dentro do protótipo construído com o tijolo de gesso reciclável.

---

<sup>1</sup> RS – Reciclado Seco, Resíduo que sofreu reciclagem, explicado no Cap.4.

<sup>2</sup> RU – Reciclado Úmido, Resíduo reutilizado, explicado no Cap.4.



## 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Com intuito de cumprir os objetivos propostos, a dissertação foi estruturada em **7** capítulos, sendo o primeiro relativo à **Introdução**, que contém objetivos gerais, específicos e justificativas para abordagem do tema proposto e o último as **Considerações Finais**, referente às conclusões e sugestões para a continuidade da pesquisa. Os demais capítulos estão assim divididos:

O capítulo 2 – **Resolução n° 307 do CONAMA x Reciclagem** aborda assuntos importantes com relação à reciclagem e à legislação ambiental em vigor, como fundamentos básicos e classificações dos resíduos segundo a resolução n° 307 do CONAMA, reciclagem de resíduos e gerenciamento de resíduos para reciclagem, vantagens da reciclagem de resíduos, alternativas para aumento da reciclagem, reciclagem primária x secundária, reciclagem de resíduos de gesso e materiais de construção alternativos.

O capítulo 3 – **O Gesso na Construção Civil** apresenta revisão bibliográfica sobre os principais aspectos do gesso como material de construção civil, tais como histórico, produção, hidratação e pega do gesso, fatores que influenciam nas reações de hidratação, propriedades da pasta, vantagens de utilização do gesso e desvantagens de utilização do gesso.

O Capítulo 4 – **Materiais Utilizados** apresenta os materiais utilizados para execução das alvenarias de fechamento e dos revestimentos externo e interno analisados nesta pesquisa.

O capítulo 5 – **Metodologia Experimental** apresenta a metodologia científica proposta nessa dissertação, com objetivo de verificar o comportamento dos tijolos de gesso reciclado para execução de alvenaria de fechamento e dos revestimentos externo e interno.

O capítulo 6 – **Resultados e Discussões** apresenta os resultados obtidos com a metodologia científica proposta nessa dissertação, acompanhados de suas respectivas análises e discussões.

Os Anexos dividem-se em:

- Anexo A: Resolução Conama n° 307, de 5 de julho de 2002.
- Anexo B: Resolução n° 348 de 16 de agosto de 2004.
- Anexo C: Projeto de Lei - Política Nacional de Resíduos Sólidos.

## CAPÍTULO 2

### RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA X RECICLAGEM

---

O advento do modelo linear de produção industrial e da sociedade de consumo, estreitamente aliados ao aumento da população, vem tornando o problema da geração de resíduos cada vez mais complexo.

Nos últimos anos, com a criação de leis ambientais que atribuem ao gerador a obrigação de dar destinação final a seus resíduos, é crescente a tendência de um setor produtivo gerador de um determinado resíduo, ofertar este resíduo a outro setor produtivo que poderá utilizá-lo como insumo, minimizando assim um de seus problemas no processo de produção.

Desta forma, o setor da construção civil por consumir grandes quantidades de materiais é vislumbrado como um setor que tem grande potencial para consumir os inúmeros resíduos gerados pelos outros setores, contribuindo assim para reutilização e/ou reciclagem dos mesmos.

Nesse capítulo, aborda-se assuntos importantes com relação à reciclagem e à legislação ambiental em vigor.

#### 2.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA

É de fundamental importância conhecer alguns conceitos comumente utilizados quando se trata de reciclagem de resíduos.

A Resolução n° 307 do CONAMA, de 5 de julho de 2002, disponível na íntegra no Anexo A, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Segundo esta resolução, tem-se as seguintes definições:

- Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

- Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;
- Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;
- Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;
- Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;
- Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
- Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;
- Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;
- Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;
- Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

## 2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO N° 307 DO CONAMA

De acordo com a Resolução n° 307 do CONAMA (2002), os resíduos podem ser classificados em 04 grandes grupos, da seguinte forma:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. Este item teve sua redação alterada pela Resolução CONAMA nº 348/04, que pode ser observada no Anexo B dessa dissertação, onde se incluiu os produtos oriundos do amianto,

É importante destacar que segundo esta Resolução, já em vigor desde dois de janeiro de 2003, os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final e que ainda os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

Desta forma, existe grande preocupação por parte dos geradores de resíduos em dar uma destinação final a eles, não por preocuparem-se com o impacto ambiental causados pela sua geração ou por sua deposição indevida, mas por estar garantido em lei a responsabilidade e sujeito a multas.

## 2.3 RECICLAGEM DE RESÍDUOS

A preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente recente no Brasil. Diferente de países como os EUA onde no final da década de 1960 já existia uma política para resíduos, chamada de Resource Conservation and Recovering Act 1 (RCRA) no Brasil ainda está em discussão uma legislação mais abrangente sobre resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem ainda não saiu do papel (JOHN; AGOPYAN, 2001). O que existe é um Projeto de Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que encontra-se em processo de votação na câmara de deputados em que seu principal foque é a articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, visando a cooperação técnica e financeira para a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos. Este texto pode ser observado na íntegra no Anexo C.

Sabe-se que as possibilidades de redução dos resíduos gerados nos diferentes processos produtivos apresentam limites técnicos objetivos. Segundo Souza et al. (1999), embora a redução na geração de resíduo seja sempre uma ação necessária, ela é limitada, uma vez que existem impurezas na matéria-prima, envolve custos e patamares de desenvolvimento tecnológico. Desta forma, sempre haverá uma pequena parcela de geração de resíduos.

De acordo Dorsthorst e Hendriks (2000), ações isoladas não irão solucionar os problemas advindos da geração de resíduos e a indústria produtora deve tentar fechar seu ciclo produtivo de tal forma que minimize a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não-renovável.

Em uma esfera mais ampla, é necessário que as comunidades busquem o gerenciamento integrado de seus resíduos sólidos urbanos, o qual constitui um conjunto articulado de ações destinadas a coletar, segregar, tratar e dispor o resíduo.

Segundo Hendricks (2000)<sup>3</sup> apud Blumenschein (2004) este conceito fundamenta-se na gerência ambiental, social e econômica de recursos naturais, visando à gerência do ciclo de vida de materiais. Baseia-se em um dos pilares de política ambiental, conhecida como “*integral chain management*”.

---

<sup>3</sup> HENDRIKS, CH. F. Durable and sustainable construction materials. The Netherlands: Aeneas Technical Publishers, 2000.

A gerência de cadeia integrada, o mesmo que, gerência do ciclo de vida dos materiais de construção, inclui cadeia de produção, construção, demolição, reuso ou reciclagem e disposição. Implica na redução dos usos de recursos naturais (fontes de energia e matéria-prima) e em mantê-los no ciclo de vida de produção o máximo de tempo possível. Tal conceito enfatiza a importância do projeto no processo construtivo que é visto como um processo de reciclagem.

Este conceito é um ponto chave que envolve mudanças em toda cadeia produtiva, tendo em vista a busca de um novo paradigma – o da sustentabilidade ambiental. A responsabilização das indústrias envolve desde o processo de produção de bens e serviços até o pós-consumo, o que deverá levar à revisão de processos produtivos com vistas à redução da geração de resíduos. Esta abordagem requer do setor produtivo uma redefinição e uma nova postura quanto às matérias-primas utilizadas e quanto ao perfil de produtos oferecidos no mercado.

Dessa forma, a reciclagem surge como uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa em uma fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição. Ou seja, na ponta geradora do resíduo a reciclagem significa redução de custos e até mesmo novas oportunidades de negócio, na outra ponta do processo, a cadeia produtiva que recicla reduz o volume de extração de matéria-prima, preservando os recursos naturais limitados (JOHN, 2000).

A reciclagem de resíduos industriais representa, ainda, uma componente primordial do esforço para um desenvolvimento sustentável, já que ela guarda uma relação econômica importante com as práticas legais de descarte, cada vez mais restritivas (TUBINO GEYER, 2001).

No processo de reciclagem de resíduos, segundo John (2007), é recomendável a participação de um especialista da indústria que produz o resíduo, pois somente um especialista nesta área pode trazer informações sobre a exata composição do resíduo, amplitude da variabilidade de sua composição química e até mesmo julgar a possibilidade de alterar algum aspecto do processo produtivo gerador do resíduo de forma a tornar a reciclagem mais competitiva.

É importante destacar que o processo de reciclagem envolve uma abordagem multidisciplinar requerendo uma visão holística dos profissionais envolvidos, para um melhor desenvolvimento do processo como um todo. Dessa forma, a complexidade e multiplicidade de pessoas e aspectos que fazem parte do projeto exigem o desenvolvimento de uma abordagem sistêmica, onde o impacto de cada decisão ou resultado experimental é avaliado simultaneamente em todas as demais atividades que estão sendo desenvolvidas.

A inexistência de marcas de qualidade ambiental nos produtos demonstra que, diferente de outros países, as empresas brasileiras que eventualmente reciclem não utilizam sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing, apesar do consumidor, mantido o preço e a qualidade, preferir produtos com menor impacto ambiental (MORENO, 1998). Segundo Ângulo; Zordan; John (2001) e Lauritzen (1998), uma das causas possíveis para este aparente desinteresse por parte das empresas quanto a divulgação da prática da reciclagem se dá em um eventual receio de que o público consumidor leigo associe o produto reciclado a produto de baixa qualidade.

Dessa forma, John (2007), destaca a importância de incorporar no processo de reciclagem conceitos de *marketing* e finanças, pois qualquer produto, contendo resíduos ou não, precisa ser adequado ao mercado. Ainda mais em um setor conservador como é o da construção civil, com pouca experiência de inovação tecnológica.

Segundo Tubino Geyer (2001), o aproveitamento de resíduos na Construção Civil tem se tornado freqüente, já que os materiais alternativos geralmente são mais baratos e, muitas vezes, possuem características de resistência e durabilidade melhores que os materiais convencionais

Existe atualmente um forte grupo na universidade brasileira, muito ativo no estudo dos resíduos de construção, seja no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, seja em políticas públicas para o manuseio dos resíduos e ainda tecnologias para a reciclagem (JOHN; AGOPYAN, 2001).

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos de construção variam de acordo com a sua composição. Sabe-se que a presença de produtos de gesso – solúveis em água e que apresentam reações expansivas com o cimento Portland é um limitador importante da reciclagem da fração cerâmica (JOHN; AGOPYAN, 2001).

De uma forma geral, os ciclos de reciclagem dentro da construção civil tentam aproximá-lo ao conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, um processo que leva a mudanças na exploração de recursos, na direção dos investimentos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas mudanças institucionais, todas visando à harmonia e ao entrelaçamento nas aspirações e necessidades humanas presentes e futuras. Este conceito não implica somente multidisciplinariedade, envolve também mudanças culturais, educação ambiental e visão sistêmica (ZWAN, 1997; BRANDON, 1998).

Chermont e Motta (1996)<sup>4</sup> apud Blumenschein (2004) afirmam que a minimização dos impactos causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição (RSCD) requer um sistema de gestão que integre diversos fatores, entre eles, a quantificação destes resíduos, sua forma de geração, acondicionamento, sistemas de coleta e de disposição, utilização e destinação final. Ou seja, um importante ponto para o processo de reciclagem é a gestão do processo como um todo.

Segundo Blumenschein (2004) um mau gerenciamento desses resíduos contribuem para o acelerado esgotamento das áreas de disposição final do lixo urbano, além dos custos adicionais de governos e do desperdício de recursos naturais não renováveis.

A viabilidade financeira também é um fator importante a ser analisada. Deve ser avaliado o valor de mercado do produto reciclado, considerando os custos do processo de reciclagem e ainda os custos da disposição em aterro. Dessa forma, uma metodologia específica precisa ser desenvolvida. A importância deste aspecto é facilmente percebida levando-se em conta que muitos produtos, tecnicamente viáveis e plenamente desenvolvidos nunca chegam ao mercado (JOHN, 2007).

---

<sup>4</sup> CHERMONT, L.S. & MOTTA, R.S. Aspectos econômicos da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Texto para discussão 416, Rio de Janeiro: IPEA, 1996.



## 2.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS PARA RECICLAGEM

Na gestão de resíduos, vigora uma hierarquia (LEACH et al., 1997<sup>5</sup>, GRÜBI; RÜHL, 1998<sup>6</sup>; EU, 1999<sup>7</sup> apud JOHN 2000):

- Reduzir a geração do resíduo na fonte;
- Reutilizar o resíduo;
- Reciclar
- Incinerar recuperando a energia;
- Depositar em aterros sanitários.

Os padrões de identificação e de descarte de resíduos industriais variam sensivelmente entre os países. Praticamente todas as nações industrializadas têm revisto e tornado mais restritivas suas legislações ambientais, em especial no que concerne à produção, ao transporte, ao tratamento e à deposição final dos resíduos industriais (TUBINO GEYER, 2001).

Segundo Blumenschein (2004), a busca pela racionalidade deve começar pelo projeto da obra, pois erros e indefinições na elaboração e na execução dos projetos, e ainda a má qualidade dos materiais utilizados só aumentam a quantidade de entulhos, além de elevar ainda mais o custo final da construção.

Hoje, o que se observa nas caçambas é entulho misturado com todo tipo de resto de obra. Isso prejudica muito o processo de reciclagem, pois para este produto ter valor comercial e ser aproveitado, tem que estar totalmente segregado, de acordo com a classificação determinada pela Resolução n° 307 do CONAMA, como já foi abordado.

---

<sup>5</sup> LEACH, M.A.; BAUEN, A.; LUCAS, N.J.D. A systems approach to materials flow in sustainable cities a case study of paper. J. Environmental Planning and Management. V.40, n.6, p.705-723, 1997.

<sup>6</sup> GRÜBI, P.; RÜHL, M. German committee for reinforced concret (Dafstb) – Code: Concrete with recycled aggregates. In: Use of recycled concrete aggregate. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998 p.410 - 418.

<sup>7</sup> EU (European Union). Construction and demolition waste management practices and their economic impacts. Report to DGXI European Comission. 1999.83p.

Sendo assim, um dos desafios da reciclagem é conseguir fazer com que os operários separem os resíduos nos canteiros de obra, o que facilitaria sobremaneira o reaproveitamento e a reciclagem. Mas para que isso ocorra, é necessário a conscientização de todos os agentes envolvidos na indústria da construção civil, principalmente os gerenciadores, engenheiros e arquitetos.

Blumenschein (2004) prevê para o programa de reciclagem de entulho três etapas: a gestão dos resíduos sólidos nos canteiros de obras, a racionalização e redução das perdas e por fim a análise dos materiais reciclados. Propõe ainda a instalação de pontos de recolhimento de entulho em locais estratégicos, a qual denomina de Eco-pontos de transbordo, segregação e redistribuição do material. Nestes locais, o entulho ainda poderá ser separado por catadores retirados das ruas. Com a integração desses fatores, acontece a integração de agentes (setor produtivo, setor público, pesquisa e terceiro setor), instrumentos (legais, econômicos e técnicos) e ações (planejamento, operação e normatização técnica), como pode ser observado no Quadro 2.1.

QUADRO 2.1 - Componentes de um sistema integrado de gestão de resíduos (BLUMENSCHHEIN, 2004).

<b>Agentes</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Ações</b>	<b>Barreiras</b>
1) Setor Público: Federal Estadual Municipal			
2) Setor Produtivo Empresas Instituições de Classe Instituições Patronais Associações	<b>Econômicos</b>	<b>Planejamento</b>	<b>Técnicas</b>
	<b>Legais</b>	<b>Implantação</b>	<b>Mercados</b>
3) Pesquisa Universidades Centros de Pesquisa Institutos de Pesquisa	<b>Técnicos</b>	<b>Monitoramento</b>	<b>Culturais</b>
		<b>Operação</b>	<b>Legais</b>
4) Terceiro Setor		<b>Avaliação</b>	<b>Regulamentação</b>

A implantação de um Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos requer a integração de diversos fatores, entre eles: formas de geração e disposição, atores, instrumentos, ações e recursos (BLUMENSCHHEIN, 2004).

As dificuldades em definir a melhor combinação possível entre as várias alternativas de disposição envolvem: (a) a redução da geração de lixo na fonte; b) uma vez gerado o resíduo buscar maneiras de reutilizá-lo sem comprometer a qualidade do processo ou produto reutilizado; c) o encaminhamento para reciclagem; d) a utilização do resíduo para recuperação de energia (incineração) e e) o encaminhamento para aterros sanitários ou depósitos específicos para resíduos inertes e perigosos (CHERMONT e MOTTA 1996<sup>8</sup> apud BLUMENSCHHEIN, 2004).

Blumenschein (2004) ainda coloca que as dificuldades expostas exigem que atores, instrumentos e ações estejam integrados viabilizando o compartilhamento de responsabilidades e recursos. Esta integração requer a estruturação de um sistema complexo, que além de enfrentar as dificuldades inerentes a um número extenso de fatores, enfrenta ainda as barreiras técnicas e de mercado como ser observado esquematicamente na Figura 2.1.

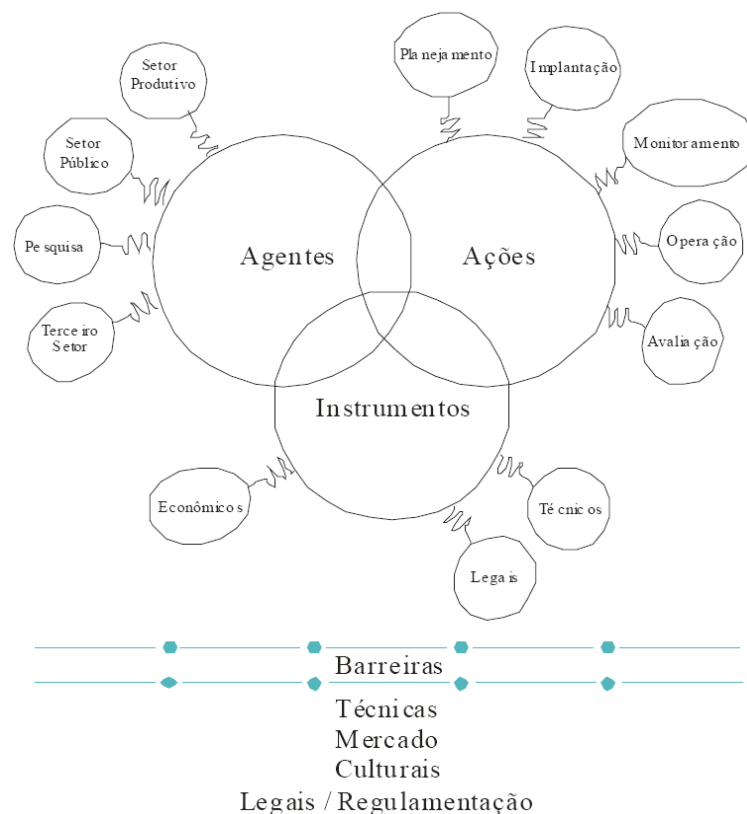


Figura 2.1 - Esquema dos componentes de um sistema de gestão de resíduos sólidos (BLUMENSCHHEIN, 2004).

<sup>8</sup> CHERMONT, L.S. & MOTTA, R.S. Aspectos econômicos da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Texto para discussão 416, Rio de Janeiro: IPEA, 1996.

Após aprimorada a tecnologia de reciclagem de resíduos sólidos, Blumenschein (2004) prevê o repasse do projeto às cooperativas e associações de casas populares. Segundo ela, a expectativa é que a produção de agregados com base no entulho proporcione redução de 80% de deposição de resíduos em aterros sanitários.

## 2.5 VANTAGENS DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS

Incorporar resíduos na produção de novos materiais é uma alternativa interessante, uma vez que na maioria dos casos, há a redução no consumo de energia, considerando que estes produtos raramente incorporam grandes quantidades de energia e ainda possibilita a redução do custo final do produto, já que se reduz o gasto com o transporte das matérias-primas que antes eram utilizadas.

No caso das escórias e pozolanas, é este nível de energia que permite produção de cimentos sem a calcinação da matéria-prima, permitindo uma redução do consumo energético de até 80%. Pode-se ainda reduzir a poluição gerada, como no caso da incorporação de escórias e pozolanas no cimento, em que se reduz substancialmente a produção de CO<sub>2</sub> no processo produtivo (JOHN, 1995<sup>9</sup> apud JOHN, 2000).

Por fim, a incorporação de resíduos permite muitas vezes a produção de materiais com melhores características técnicas. Este é o caso da adição de sílica ativa que viabiliza concretos de alta resistência mecânica e da escória de alto-forno, que melhora o desempenho do concreto frente à corrosão por cloretos (JOHN, 2000).

Mediante conhecimento das inúmeras vantagens da reciclagem de resíduos, observa-se a importância do seu incentivo em busca de alcançar êxito em qualquer política ambiental atuante.

---

<sup>9</sup> JOHN, V.M. Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio. São Paulo. PCC/USP, 1995. 200p. (Tese de Doutorado).

## 2.6 ALTERNATIVAS PARA AUMENTO DA RECICLAGEM

Segundo Miranda (2000) para que a reciclagem do entulho de construção realmente atinja uma proporção compatível a sua geração, é necessário que o processo de reciclagem não seja excessivamente complexo e/ou dispendioso.

Para isto, é preciso fazer o uso de algumas técnicas capazes de melhorar a qualidade do resíduo gerado, nos próprios locais onde eles são gerados com um raio mínimo de deslocamento.

Simons e Henderieckx (1994) apresentam algumas ferramentas a serem utilizadas para estimular a reciclagem:

- agregados reciclados devem ser utilizados com sólidas técnicas em obras públicas, pois além de aumentar o mercado, atrai a atenção de investidores privados;
- criação de uma marca oficial para produtos reciclados que seja uma garantia de boa qualidade do produto;
- emissão de novas especificações para os trabalhos de demolição, de forma a obter maior quantidade e canalização de produtos recicláveis;
- criação de indústrias de reciclagem pelo setor privado, como forma de atividade econômica;
- necessidade de novas aplicações do material reciclado, onde devem ser dadas prioridades para atividades que utilizem grande quantidade deste material.

Para que a reciclagem de resíduos possa evoluir, torna-se importante que as iniciativas não partam somente do setor privado, mas que também haja ações governamentais, tais como incentivos legais e fiscais, como por exemplo, a criação de leis que beneficiem as empresas que tenham uma política de reciclagem com a diminuição de seus impostos.

Blumenschein (2004) prevê além dos instrumentos legais como incentivo da reciclagem, ainda a integração dos agentes, instrumentos e ações como explicado no item 2.4.

## 2.7 RECICLAGEM PRIMÁRIA X SECUNDÁRIA

Segundo John (2007), as possibilidades de reciclagem de resíduos dentro do mesmo processo responsáveis por sua geração são limitadas ou muitas vezes, de alto custo. Assim, a reciclagem secundária dos resíduos é uma alternativa que deve ser explorada.

A reciclagem primária é definida como a reciclagem do resíduo dentro do mesmo processo que o originou. Ela é muito comum e possui grande importância na produção do aço e vidro, mas é muitas vezes técnica ou economicamente inviável (JOHN, 2000).

A reciclagem secundária, definida como a reciclagem de um resíduo em outro processo produtivo que não aquele que o originou apresenta inúmeras possibilidades, particularmente no macrocomplexo da construção civil.

Sabe-se que a construção civil utiliza grandes volumes de diferentes materiais. Diferente de outras indústrias, a maioria dos materiais utilizados são de composição e produção simples. Isto acontece, especialmente, com relação aos componentes que fazem uso do cimento Portland em sua composição, pois toleram uma variabilidade razoável e exigem baixas resistências mecânicas, já que o cimento de certa forma, possui sua resistência original.

Outro fator que incentiva a reciclagem secundária na cadeia da construção civil é o fato das atividades desse setor estarem presentes em todas as regiões do país e ainda muitos de seus produtos estarem protegidos do contato direto com as intempéries, o que pode ser interessante no encapsulamento de resíduos industriais perigosos (JOHN, 1996<sup>10</sup> apud JOHN, 2007).

## 2.8 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE GESSO

Com o aumento da utilização do gesso nas construções brasileiras devido a suas inúmeras vantagens, característica atribuída às propriedades do material e aliado ao seu baixo custo, aumenta também a geração de entulho.

---

<sup>10</sup> JOHN, V. M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. 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, 1996. 161 p. p. 21-30.

Independente da classificação que os resíduos de gesso tenham recebido na Resolução n° 307 do CONAMA, é necessário que o setor de gesso estabeleça uma política de gestão adequada para estes resíduos gerados na fabricação, construção e demolição, a fim de estabelecer uma política de desenvolvimento de mercado de reciclagem de gesso (JOHN; CINCOTTO, 2003).

A geração de resíduos de gesso de construção, resultante do desperdício em obra, é de aproximadamente 45% (Nita et al., 2004). Diversas são as origens do resíduo de gesso, tais como: fábricas de componentes de gesso, indústria de moldagem de cerâmica de decoração e sanitária, perdas na construção como sobras de gesso acartonado, gesso para revestimento de paredes e placas de gesso, gesso utilizado para decoração (sancas, molduras, etc.) e gesso proveniente de demolições e reformas, apresentando estes últimos resíduos um elevado grau de contaminação, o que dificulta a sua reutilização (RIBEIRO, 2008).

Existem alguns fatores limitantes para a reutilização do gesso. Como agregado ao concreto, pode-se destacar o aumento do teor de sulfatos nos agregados para a produção de componentes de concreto de cimento Portland, visto que a maioria das normas limita em no máximo 1% esse valor (JOHN; CINCOTTO, 2003). Assim, na presença de umidade, os aluminatos do cimento reagem com o sulfato do gesso gerando a etringita, composto que cria tensões expansivas.

A solubilidade do gesso em água também limita a sua presença em aterros ou em base de pavimentações devido aos vazios provocados pela lixiviação do gesso, a longo prazo (John et al., 2000). Além disso, segundo Nita et al. (2004), pode resultar na formação de soluções com íons sulfato capazes de contaminar os solos e os lençóis freáticos.

Segundo Carvalho (2005), a reciclagem do gesso na produção do cimento é uma possível aplicação, pois o processo de hidratação do gesso de construção puro resulta em produto com composição exatamente igual a que originou a gipsita (dihidrato), sendo que esta é adicionada ao cimento Portland na etapa de moagem do clínquer para controle de pega.

Existe ainda outro fator importante no que diz respeito a reciclagem de gesso que é o custo do processamento. Deve-se levar em consideração gastos como consumo de energia, mão-de-obra, equipamentos, transporte, etc. que estão envolvidos no processo de reciclagem versus o custo da matéria-prima (JOHN, 2000; MARVIN, 2000; CIWMB, 2001).

Com este intuito, alguns pesquisadores têm voltado seus olhares para o estudo de técnicas que possibilitem a reutilização e/ ou reciclagem dos resíduos de gesso e importantes verificações têm sido descobertas.

Bardella et al. (2003) realizaram um estudo com amostras de gesso hidratado provenientes do desperdício da etapa de revestimento interno de diferentes obras da região de Campinas – SP, comparando seu desempenho em relação às propriedades físicas e mecânicas com a do gesso comercial (gesso de pega lenta). Os resíduos foram mantidos em condições de laboratório, triturados numa máquina moedora (Foto 2.1) até a finura de 80% passante na peneira 0,297 mm e desidratados à temperatura de 200 °C ( $\pm 5$  °C) por um período de 24 horas. As conclusões da pesquisa foram que as propriedades físicas e mecânicas analisadas apresentaram-se similares para ambas amostras: gesso reciclado e gesso comercial. O autor destacou que houve um aumento no tempo de início de pega do gesso reciclado e que este ainda apresentou um aspecto mais rústico, não possuindo a mesma coloração do gesso comercial, característica esta que não impede seu emprego. Enfatizou, ainda, os aspectos positivos do aproveitamento do gesso, no que tange a obedecer à Resolução nº 307 do CONAMA, deixar de ser um problema sério nos aterros e permitir a reutilização do gesso como revestimento em paredes internas de construções de interesse social.



Foto 2.1 – Equipamento utilizado para moagem do gesso hidratado (BARDELLA et al., 2003).

Nita et al. (2004) apresentaram alternativas tecnológicas para reciclagem de resíduos de gesso de construção e sua reutilização como adições ao próprio gesso de construção. Os autores estudaram duas possibilidades: (a) na forma de dihidrato, finamente moído, como substituição ao gesso hemidrato natural e (b) na forma de hemidrato, após moagem e calcinação à 140 °C, como substituição ao gesso de construção e obtiveram



resultados positivos nos ensaios de resistência à compressão comparados ao material original. Porém, observaram um aumento na consistência do gesso e aceleração do tempo de pega. Para solucionar este problema os autores sugerem, por exemplo, a adição de aditivos retardadores do tempo de pega.

Carvalho (2005) em sua pesquisa sobre os resíduos de gesso e suas aplicações na construção civil verificou que é possível reaproveitar os resíduos de gesso hidratados sem prejudicar as propriedades exigidas; necessitando apenas de aperfeiçoar o processo de secagem e moagem, de forma a torná-lo industrial. Os ensaios de resistência mecânica de pastas executadas com o gesso reciclado apresentaram-se inferior ao do gesso natural, porém, dentro das especificações da NBR 13207/94 (ABNT, 1994). Os demais ensaios não apresentaram diferenças significativas que justifiquem a não reciclagem do gesso. É importante destacar nessa pesquisa que foi possível confeccionar uma moldura com o gesso reciclado, garantido a qualidade comparada com a do gesso natural, com a mesma relação água/gesso.

Outra forma analisada por Carvalho (2005) foi a reutilização de pastas de gesso que não possuíam mais fluidez para a confecção de molduras na elaboração de tijolos de gesso. Estes tijolos, o qual denominou de tijolo de gesso reciclado (Fotos 2.2a e 2.2b), apresentaram resistência à compressão superior à exigida para tijolo cerâmico maciço comum, que foi de 1,7 MPa , aos 28 dias, enquanto a exigência da norma NBR 7170/83 (ABNT, 1983) para tijolos cerâmicos maciços é de 1,5 MPa. Entretanto, nos ensaios quanto à absorção observou-se a necessidade de realização de mais testes buscando avaliar melhor a absorção dos tijolos, uma vez que estes não foram ensaiados após a utilização de revestimento. Os resultados da análise individual dos tijolos foram promissores. Segundo a autora, como proposta para trabalho futuro, poderia ser feita a análise de paredes construídas com este tijolo e sua interação com os demais elementos construtivos.



Foto 2.2 – (a) Tijolo de gesso (b) Armazenagem a céu aberto (CARVALHO, 2005).

Ribeiro (2006) analisou o gesso reciclado proveniente de resíduos de revestimento e de forro e constatou que a composição química dos resíduos apresentou valores muito próximos dos encontrados na literatura para gesso natural produzido no Pólo Gesseiro do Araripe, apresentando pureza da ordem de 92,1% (revestimento) e 98,9% (forro). Em sua dissertação, Ribeiro (2006) ainda avaliou o emprego de resíduos de gesso provenientes de revestimento, forro, decoração e molde cerâmico e comprovou que os quatro tipos de gesso utilizados satisfizeram às exigências da NBR 12775 (ABNT, 1992) em relação à resistência à flexão. A resistência à compressão foi satisfatória quando utilizou-se resíduos de forro e revestimento. A dureza Shore, dureza de choque ou resalto, medida através do Escleroscópio de Shore, só não foi satisfatória quando foi utilizado o resíduo de moldes cerâmicos.

Na Região Metropolitana do Recife (RMR) existem atualmente 05 (cinco) empresas que vêm reutilizando com sucesso a sobra de gesso proveniente de construção civil e, diferente da proposta apresentada por Nita et al. (2004), as empresas da RMR não utilizam moagem mecânica para redução da granulometria. A sobra de gesso é apenas triturada, manualmente na própria obra (Foto 2.3a) e depois peneirada (Foto 2.3b), reduzindo significativamente custos do processo com energia e equipamentos (RIBEIRO, 2008).

Ribeiro (2008) descreve que A Lajeiro Gesso, uma das cinco empresas que atuam na RMR, que vem reciclando o resíduo de gesso produzido em obra desde 2005, não vê neste momento como sendo financeiramente vantajoso o uso da sobra de gesso re-calcinada devido ao baixo custo da matéria-prima na região e ao custo com transporte. Entretanto, como já apresentado anteriormente a utilização de resíduos abrange políticas que vão muito além do custo.



Foto 2.3 – (a) Sobra de gesso sendo triturada. (b) “Peneira” utilizada para padronizar a granulometria e a sobra de gesso utilizada (RIBEIRO, 2008).

## 2.9 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO AMBIENTALMENTE CORRETOS

No cenário atual da reciclagem de resíduos de construção pode-se identificar a necessidade de especificações técnicas para a produção e aplicação do reciclado, para a garantia da qualidade dos produtos e para respaldar o aumento do consumo do material, fator fundamental para viabilizar economicamente as centrais de reciclagem. Sendo a reciclagem de resíduos de construção relativamente recente no Brasil e estando em fase de avanço é natural que existam lacunas de conhecimento sobre produção e aplicação do material produzido (LIMA, 1999).

Mehta e Monteiro (1994) defendem que cada projetista, ao fazer a escolha dos materiais de construção, é também responsável pelas conseqüências ecológicas e sociais dessa escolha, uma vez que são as pessoas que determinam como os materiais são usados na sociedade. Dentro desse pensamento, a utilização dos materiais reciclados surge como uma alternativa interessante para inserção da construção civil dentro das práticas de desenvolvimento sustentável e responsabilidade social.

Contudo, segundo Zordan (1997) é preciso cuidado com a simples substituição dos materiais convencionais pelos reciclados, já que se tratam de materiais alternativos e, portanto, com limitações.

Para Kelly e Williams (1995), decidir sobre o uso de materiais reciclados a partir de resíduos depende de um número de variáveis, entre elas as listadas a seguir:

- pode o novo material resistir adequadamente a todas as cargas de uso?
- não compromete a qualidade padrão do material?
- é o material de qualidade consistente, não prejudicado pela heterogeneidade do resíduo ?
- atualmente, o uso do material reduz acima de tudo o impacto ambiental?
- ele pode ser produzido a custos compatíveis aos materiais padrões?
- pode o resíduo ser adequadamente mantido ou embalado, sem provocar danos ao consumidor, ao ambiente ou aos trabalhadores que lidam com o material?

Hoje em dia, ainda questiona-se o desempenho ambiental do produto, onde inclui a Análise do Ciclo de Vida (ACV) dos novos materiais. Busca-se materiais ambientalmente corretos.

Diante desses questionamentos, é preciso ter bom senso na hora de se utilizar os materiais reciclados.

Por outro lado, a reciclagem representa muito mais que uma maneira de diversificar e aumentar a oferta de materiais de construção, viabilizando eventualmente reduções de preço (ZORDAN, 1997). A produção de materiais de construção reciclados pode gerar benefícios sociais adicionais bastantes significativos dentro de uma sociedade em que impera o déficit habitacional.

A reciclagem dos resíduos de construção civil pode combinar a preservação do meio ambiente com o aperfeiçoamento de políticas sociais, através de uma política habitacional, favorecida pela adoção de medidas de incentivo específicas para a produção de habitações de baixa renda, utilizando-se produtos reciclados de desempenho comprovado (JOHN, 1996).

## CAPÍTULO 3 O GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

---

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica sobre os principais aspectos do gesso como material de construção civil.

### 3.1 HISTÓRICO

O gesso é o mais antigo aglomerante de que se tem notícia. Foi encontrado em construções no Antigo Egito como na pirâmide de Khufu, com cerca de cinco mil anos. Suas técnicas de calcinação e suas propriedades hidráulicas já eram amplamente conhecidas pelos egípcios o que permite inferir que o material era utilizado por civilizações até anteriores a esta. Seu emprego era variado, desde a confecção de objetos decorativos, como estátuas, até revestimentos de paredes na forma de argamassas e pastas que serviram de base para afrescos que decoram até hoje o interior de algumas pirâmides. Também era comum a utilização de pigmentos para a produção de revestimentos coloridos (TURCO, 1961<sup>11</sup>; KARNI; KARNI, 1995<sup>12</sup> apud ANTUNES, 1999).

### 3.2 PRODUÇÃO

O Brasil possui reservas de gipsita da ordem de 1.250 bilhões de toneladas, sendo considerada uma das maiores do planeta, estando a frente dos EUA com 700 bilhões e Canadá com 450 bilhões de toneladas (PIRES SOBRINHO, 2002). Estas abundantes reservas de gipsita estão localizadas no estado de Pernambuco na região do Araripe, que participa com 94% da produção brasileira de gesso (SINDUSGESSO, 2004).

Mesmo com esta parcela significativa de reservas, a produção brasileira é considerada tímida, estando na ordem de 1,4 mil t/ano encontrando-se muito atrás dos EUA que exploram 17,0 mil t/ano e do Canadá que explora 8,0 mil t/ano (PIRES SOBRINHO, 2002).

A produção do gesso natural acontece basicamente em 4 etapas: extração do gipso; preparação para calcinação; calcinação e seleção.

---

<sup>11</sup> TURCO, T. *Il gesso: lavorazione trasformazione, impieghi*. Milão, Ulrico Hoepli, 1961.

<sup>12</sup> KARNI, J.; KARNI, E. *Gypsum in construction: origin and properties*. *Materials and Structure*, n. 28, p. 92-100, 1995.

### 3.2.1 A Extração do gipso

O gipso é uma rocha sedimentar, particularmente denominada evaporito. Em sua composição estão presentes, basicamente, a gipsita, a anidrita e algumas impurezas, geralmente argilo-minerais, calcita, dolomita e material orgânico (ANTUNES, 1999).

A gipsita é o mineral que se constitui na matéria-prima para o gesso; sua fórmula química é  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Desse modo a qualidade do gipso é avaliada pelo teor de gipsita. A matéria-prima nacional é bastante pura, favorecendo a produção de gessos de alvura elevada (HINCAPIÉ et al., 1996a).

A exploração de gipsita é feita em bancadas de exploração segundo planos de desmontes pré-estabelecidos que permitam a fragmentação em pedras de até 40 kg (Foto 3.1).



Foto 3.1 – Extração do Gipso (CARVALHO, 2005).

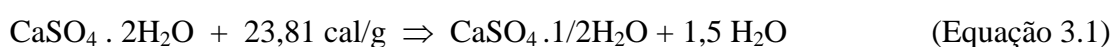
### 3.2.2 Preparação para Calcinação

Após a extração a gipsita passa por alguns processos de beneficiamento de adequação ao tipo de forno onde será calcinada. Basicamente, as etapas são as seguintes: britagem, moagem grossa; estocagem; secagem; moagem fina e ensilagem.

### 3.2.3 Calcinação

A calcinação é o processo térmico pelo qual a gipsita é desidratada. Segundo Pires Sobrinho (2002), essa desidratação pode acontecer utilizando 5 tipos de fornos: tipo panela; tipo marmita; tipo rotativo, tubulares paralelos e barriga quente. A maior diferença entre eles no que tange ao processo, consiste no controle de temperatura de calcinação.

O material é calcinado numa faixa de temperatura da ordem de 140 °C a 160 °C, quando se deseja obter hemidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), como exposto na equação (3.1). A anidrita III ( $\text{CaSO}_4 \cdot \varepsilon\text{H}_2\text{O}$ ) é obtida entre 160°C e 200°C e pode conter água de cristalização em baixo teor. Esta fase é solúvel, como o hemidrato, porém instável, transformando-se em hemidrato com a umidade do ar. Quando a calcinação acontece em temperaturas variando de 250°C a 800°C a anidrita III transforma-se em anidrita II ( $\text{CaSO}_4$ ) cuja velocidade de hidratação é lenta. A anidrita I, só é obtida em temperaturas acima de 800°C (CINCOTO et al. 1988a; SANTOS, 1998).



A calcinação ainda pode ser por via seca ou úmida. Se o gesso for calcinado a seco sob pressão atmosférica, ou baixa pressão, será obtido o hemidrato  $\beta$ . Caso a calcinação ocorra sob pressão de vapor de água saturante, será obtido o hemidrato  $\alpha$ .

Devido ao menor tempo de pega, maior resistência mecânica e custo mais elevado, o hemidrato  $\alpha$  tem sua maior utilização como gesso hospitalar. Já o  $\beta$ , com custo de produção mais baixo, predomina no gesso de construção nacional (CINCOTTO et al., 1998a).

A Tabela 3.1 faz um resumo da nomenclatura e a fórmula química das fases do gesso.

TABELA 3.1 – Nomenclatura e fórmula química das fases do gesso (ANTUNES, 1999).

<b>Nomenclatura</b>	<b>Fórmula Química</b>
Gipsita ou Dihidrato	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Hemidrato	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
Anidrita III	$\varepsilon\text{CaSO}_4$
Anidrita II e I	$\text{CaSO}_4$

### 3.2.4 Seleção

O material calcinado é moído, selecionado em frações granulométricas e classificado conforme o tempo de pega, de acordo com a NBR 13207 (ABNT, 1994).

## 3.3 GESSO DE CONSTRUÇÃO

O gesso é utilizado em áreas bem distintas como: agricultura, indústria cerâmica, saúde (especialmente na odontologia) e na construção civil. Para diferenciar o gesso utilizado

na construção civil dos demais na norma nacional foi adotado o termo Gesso de Construção (ANTUNES, 1999).

Como neste trabalho não abrange nenhuma das demais áreas de aplicação do material, o Gesso de Construção será chamado apenas de gesso. A seguir, tem-se algumas definições para este material.

A RILEM (1982) define gesso de construção como material pulverulento, constituído predominantemente de hemidrato ou de uma mistura de sulfatos (hemidrato, anidrita ou gipsita), um baixo valor percentual de água livre e substâncias consideradas como impurezas: carbonato de cálcio e de magnésio, argilominerais e sais solúveis.

Segundo Petrucci (1993), o gesso é um aglomerante aéreo, produzido a partir da calcinação da gipsita composta basicamente de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (sulfato de cálcio dihidrato) e algumas impurezas como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgO}$  não ultrapassando 6% do total.

A NBR 13207 (ABNT, 1994) define gesso para construção como material moído em forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores de pega. Ainda classifica os gessos em dois tipos: fundição e revestimento; sendo subdivididos em fino e grosso.

A diferença mais marcante entre os dois tipos de gessos: gesso para fundição e gesso para revestimento, basicamente, é o teor de anidrita II, sendo mais elevado no tipo para revestimento. Diferenciam-se ainda pelo fato de o de fundição ser utilizado para pré-fabricados de construção civil e o de revestimento ser destinado para uso interno em edificações, uma vez que sofre alterações de suas propriedades pela ação da água. O gesso de revestimento pode ainda ser chamado de gesso comum.

É importante destacar que o gesso é um dos três tipos de aglomerantes disponíveis para a construção civil; os outros dois são o cimento Portland e a Cal. Possui, geralmente, cor branca, mas pode apresentar também aspecto acinzentado, branco-amarelado, rosado ou marrom quando na presença de impurezas diversas. O gesso pode ainda ser pigmentado para a produção de revestimentos coloridos.

### 3.4 HIDRATAÇÃO E PEGA DO GESSO

A hidratação do gesso é a reação química que ocorre entre o material anidro e a água, regenerando o dihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ou seja a gipsita, conforme reações apresentadas na Tabela 3.2



TABELA 3.2 – Reações de hidratação das fases que podem estar presentes em gessos de construção e que levam ao endurecimento progressivo da pasta fresca (SELMO, 1997).

Fase	Reações de Hidratação
Hemidrato $\beta$	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + 3/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + (111,9 \pm 0,50) \text{ J/g}$
Anidrita III $\beta$	$\text{CaSO}_4\text{III} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + (175,3 \pm 0,5) \text{ J/g}$
Anidrita II $\beta$	$\text{CaSO}_4\text{II} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + (98,0 \pm 0,50) \text{ J/g}$

O mecanismo de hidratação é explicado por meio da teoria da cristalização (Figura 3.1), passando por 3 estágios (KARNI; KARNI, 1995<sup>13</sup> apud ANTUNES, 1999 ):

- fenômeno químico da dissolução: ao ser misturado com a água de amassamento, os cristais do hemidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) se dissolvem dando origem a uma solução saturada de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ;
- fenômeno físico da cristalização: quando a solução fica supersaturada, os cristais de dihidrato (gipsita) ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) precipitam em forma de agulhas;
- fenômeno mecânico do endurecimento: com o aumento da concentração dos cristais há o endurecimento da pasta.

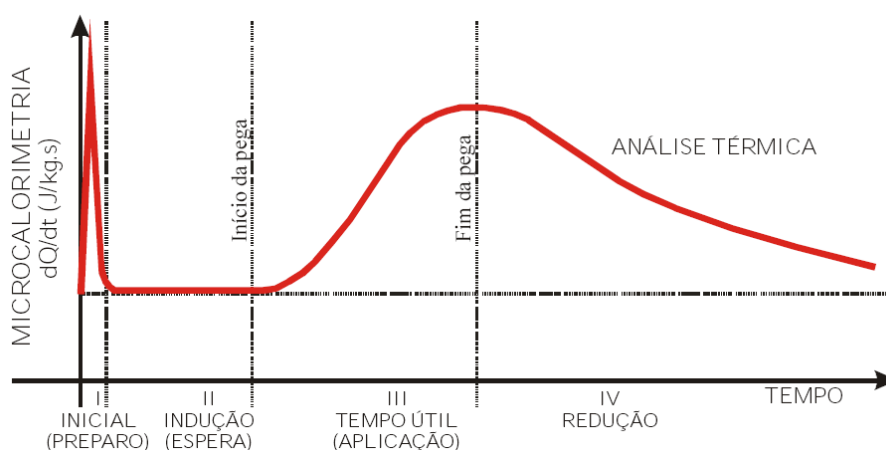


Figura 3.1 – Evolução da hidratação do hemidrato  $\alpha$  por microcalorimetria (SELMO, 1997).

Deve-se salientar que o tempo útil, isto é, o intervalo disponível para utilização das pastas de gesso, diferencia do intervalo empregado pelos materiais que usam o cimento como aglomerante (ANTUNES, 1999).

<sup>13</sup> KARNI, J.; KARNI, E. Gypsum in construction: origin and properties. Materials and Structure, n. 28, p. 92-100, 1995.

As pastas, argamassas e concretos de cimento são utilizados antes que sua pega inicie, ou seja, o tempo disponível para o seu preparo, transporte e aplicação é o tempo antes do início da pega, aproximadamente de duas horas e meia. Para as pastas de gesso este princípio não pode ser adotado. As pastas devem ser utilizadas após o início da pega, pois antes deste período são extremamente fluidas e de aplicação impossível. Na prática este momento é determinado empiricamente pelo gesseiro e equivale à precipitação de dihidratos (fase III). No instante em que ocorre o fim da pega a pasta já está excessivamente rígida, não sendo mais possível a sua utilização. Assim, *tempo útil* para pastas de gesso equivale ao intervalo de início ao fim da pega, na qual a pasta se encontra dentro da faixa de consistência adequada para aplicação (CARVALHO, 2005). Este tempo segundo Antunes (1999) é aproximadamente de 30 a 35 minutos.

A *pega* pode ser descrita segundo um fenômeno físico, onde ocorre o início da reação correspondente à formação de núcleos de cristais de gipsita que crescem durante o período de indução. Após esse período, os cristais de dihidrato começam a precipitar ocasionando um aumento na consistência da pasta conhecido como *início de pega*. Com o aumento da taxa da reação de hidratação a pasta vai adquirindo cada vez mais resistência mecânica até o seu completo endurecimento, diz-se então que se deu o *fim da pega* (ANTUNES, 1999).

A Tabela 3.3 mostra os tempos de início e fim de pega do gesso segundo a NBR 12128 (ABNT, 1991), limitando-se ao máximo de 45 minutos, onde ocorre o fim da pega e chamado “morte do gesso”.

TABELA 3.3 – Exigências Físicas do Gesso para construção Civil segundo NBR 12128 (ABNT, 1991).

Classificação do Gesso	Tempo de Pega (min)	
	Início	Fim
Gesso Fino para revestimento	> 10	> 45
Gesso Grosso para revestimento	> 10	> 45
Gesso Fino para fundição	4 - 10	20 - 45
Gesso Grosso para fundição	4 - 10	20 - 45

### 3.5 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS REAÇÕES DE HIDRATAÇÃO

Existem alguns parâmetros que influenciam a reação de hidratação e a pega das pastas de gesso, são eles: matéria-prima e condições de produção do gesso; relação água/gesso; temperatura da água de amassamento, energia de mistura e uso de aditivos.

A *matéria-prima e as condições de produção do gesso* influenciam seu tempo de pega. Isso acontece devido às impurezas contidas na matéria-prima e ainda pelos diferentes processos de produção obtendo-se gessos com reatividade diferentes (SANTOS, 1998<sup>14</sup> apud ANTUNES, 1999).

A *relação água/gesso* é o parâmetro de maior influência na cinética da reação de hidratação e, conseqüentemente, na pega do gesso. Quanto maior a quantidade de água de amassamento, maior o intervalo de tempo necessário para saturar a solução. Isto causa a ampliação do período de indução, retardando o início da precipitação dos cristais de dihidrato e, por conseguinte, aumentando o tempo de pega. Assim sendo, quanto maior a relação água/gesso, menor a taxa da reação e maior o tempo de pega (NOLHIER, 1986<sup>15</sup> apud ANTUNES, 1999). É sabido que para relações água/gesso (a/g) superiores a 0,6 há um aumento da porosidade dos produtos de hidratação com o aumento da relação a/g e queda na resistência mecânica (OLIVARES et al., 1999).

A *temperatura da água de amassamento* influencia a solubilidade do gesso. Segundo Clifton (1973)<sup>16</sup> apud Antunes (1999), até 45° C a solubilidade aumenta com o aumento da temperatura, acelerando a hidratação. Acima de 45° C o efeito é inverso.

O incremento da *energia de mistura* acelera a hidratação das pastas de gesso por facilitar a dispersão do pó na água de amassamento (MAGNAN, 1973; BLAINE, 1997, ANTUNES 1999) e possibilitar a formação de mais núcleos de cristalização.

Os *aditivos controladores de pega* interferem na velocidade da reação de hidratação (acelerando-a ou retardando-a) e, conseqüentemente, no tempo de pega. Os aceleradores (ex: alúmen ou silicato duplo de alumínio e potássio e sulfatos de alumínio e potássio) agem de forma a aumentar a solubilidade do hemidrato.

---

<sup>14</sup> SANTOS, V. A. Fundamentos sobre processos de produção de gesso a partir da desidratação térmica da gipsita. Recife, PEDITEC-ITEP-DQ/UNICAPDEQ/UFPE, 1998.

<sup>15</sup> NOLHIER, M. Contruire em plâte. Paris, L'Harmattan, 1986.

<sup>16</sup> CLIFTON, J.R. Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster. Technical Note, 755, National Bureau of Standards. 1973.

Os retardadores (ex: sulfato de sódio, bórax, fosfato, caseína, açúcar, álcool) permitem amassar o gesso com menor quantidade de água e obter assim produtos menos porosos e mais resistentes. Os retardadores ainda dividem-se em dois grupos básicos: retardadores que ampliam o período de indução, causando o deslocamento da curva de calor de hidratação e retardadores que interferem na formação da microestrutura do dihidrato (PETRUCCI, 1993; ANTUNES, 1999). Normalmente os aditivos não ultrapassam teores de 0,2%, em relação à massa de gesso (CARVALHO, 2005).

### 3.6 PROPRIEDADES DA PASTA

#### 3.6.1 Porosidade da pasta

A porosidade da pasta endurecida pode ser definida pelo volume de poros ou vazios em relação ao volume aparente, partindo da simplificação de que a porosidade de uma pasta de gesso endurecida resulta, essencialmente, do excesso de água de amassamento do preparo. Hallows (1992) estudou a porosidade teórica em função da relação água/gesso em massa, na distribuição dos poros de pastas de gesso, obtida por meio de porosimetria por intrusão de mercúrio. Os resultados podem ser observados na Tabela 3.4, onde observa-se que quanto maior a relação a/g, maior a porosidade verificada.

TABELA 3.4 – Porosidade teórica de Pastas de gesso (Hallows, 1992).

<b>Relação a/g (kg/kg)</b>	<b>Porosidade teórica (%)</b>
0,30	18,2
0,40	29,5
0,50	38,1
0,60	44,7
0,70	50,1
0,80	54,6
0,90	58,3
1,00	61,4

#### 3.6.2 Resistência mecânica

As propriedades mecânicas das pastas decrescem com o crescimento da relação água/gesso, aumentando a porosidade das pastas. Assim, a influência da relação água/gesso

nas propriedades mecânicas é função, principalmente, da sua relação com a porosidade das pastas (MURAT et al., 1979; RÖSSLER; ODLER, 1989; ANTUNES, 1999).

Rössler e Odler (1989) concluíram em seus estudos que nem o tamanho dos cristais nem a distribuição dos poros tem efeito apreciável sobre a resistência, atribuindo à *porosidade total* da pasta a maior influência sobre a resistência.

### 3.6.3 Resistência de Aderência

Para Nohier (1986)<sup>17</sup> apud Antunes (1999), o mecanismo de aderência dos revestimentos (pasta de gesso) à base é, em princípio, físico. Durante a aplicação da pasta, a água de amassamento saturada é absorvida por capilaridade pela base possibilitando que os cristais de dihidrato se precipitem em seus poros. A ancoragem ocorre pela formação de uma malha de cristais de dihidrato desde o interior do poro (base) até o revestimento. Por este motivo, existem três fatores principais que podem impedir uma boa aderência:

1. utilização de gesso já hidratado – como os cristais já estão formados não haverá ancoragem nem formação da malha;
2. sucção da base extremamente elevada – pode retirar a água necessária à completa hidratação do gesso impedindo a formação da estrutura;
3. sucção da base muito baixa – como a pasta não é absorvida a ancoragem fica prejudicada.

Assim, a *resistência de aderência* das pastas de gesso é função, principalmente da relação água/gesso e do tipo e condições da base.

De maneira geral, substratos mais porosos apresentam valores maiores de resistência de aderência. Os resultados apresentados por Dias (1994), Tango et al (1995), Delgado; Pires Sobrinho (1997) e John; Antunes (2002) apresentaram para resistência de aderência às pastas aplicadas sobre blocos de concreto valores superiores às aplicadas sobre blocos cerâmicos. Os valores da resistência de aderência encontrados por esses pesquisadores para base úmida, bloco cerâmico e relação água/gesso = 0,75 são da ordem de 0,4 MPa. Para bases secas, mais porosas (bloco de concreto, por exemplo) e com relações água/gesso empregadas em obra (~ 0,7), este valor chegou a 1,6 MPa.

---

<sup>17</sup> NOLHIER, M. Contruire em plâte. Paris, L'Harmattan, 1986.

Hincapié et al. (1997)<sup>18</sup> apud Antunes (1999), em seu estudo, analisaram a zona de ruptura dos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de resistência de aderência. Segundo os autores, o crescimento da relação água/gesso de 0,6 para 0,8 provocou o deslocamento progressivo da zona de ruptura do substrato (50% dos casos) para a interface substrato-pasta (49% dos casos) e para a pasta (49% dos casos). Este deslocamento pode ser atribuído ao incremento da porosidade da pastas com o incremento da relação água/gesso.

A seguir, a Tabela 3.5 apresenta um resumo dos valores típicos das propriedades mecânicas dos gessos nacionais e suas respectivas relações água/gesso referentes a diversas marcas de gesso nacional, do trabalho pioneiro de Cincotto et al. (1988b).

Para pastas destinadas a revestimento, a resistência de aderência e a dureza superficial são as principais propriedades mecânicas a serem analisadas.

O gesso possui boa aderência aos substratos de alvenaria, pedra, vidro, ferro (SILVA et al., 1998), mas adere mal à madeira e aos agregados lisos (PETRUCCI, 1993). Apesar de sua boa aderência ao ferro, não se utiliza gesso armado devido à corrosão do aço, comum nesta situação devido ao pH neutro do sulfato de cálcio hidratado (SILVA et al., 1998).

TABELA 3.5 – Intervalo de variação das propriedades dos gessos de construção brasileiros (CINCOTTO et al., 1998b; HINCAPIÉ et al., 1997 apud ANTUNES, 1999).

<b>Propriedade</b>	<b>a/g</b>	<b>(MPa)</b>
Resistência à compressão	0,650 – 0,450	9,93 – 27,29
Resistência à tração na flexão	0,653 – 0,433	4,40 – 10,50
Dureza Superficial	0,483 – 0,450	13,55 – 53,08
Resistência de aderência *	0,600 – 0,800	0,40 – 1,60

\* HINCAPIÉ et al., 1997.

Borges (2003) analisou a resistência de aderência de revestimento de gesso em EPS - nervuras de lajes. As análises aconteceram para duas situações: a aderência do revestimento de gesso ao substrato (EPS) utilizando uma camada de cola (base de homopolímero de Acetato de polivinila - PVA) e água na proporção 1:5 (em volume) e sem a camada de cola/água.

<sup>18</sup> HINCAPIÉ, A. M.; OLIVEIRA, C. T. A.; TAKEASHI, M. S.; CINCOTTO, M. A.; SELMO, S. M. Revestimento de gesso liso - avaliação da aderência e dureza superficial. In: Encontro Nacional do Gesso na Construção Civil, I. Recife, 1997. Anais. ITEP, Olinda, 1997, p. 119-126.

Na realização dos ensaios, foram adotados todos os procedimentos e equipamentos recomendados na NBR 13528 (ABNT, 1994). É importante destacar que este procedimento de ensaio normatizado é destinado a argamassas inorgânicas, dessa forma constituindo uma forma de adaptação quando utilizado para pastas de gesso.

O processo utilizado por Borges (2003) foi o seguinte: Cortou-se o gesso até o EPS com uma furadeira elétrica de baixa rotação com serra-copo de aço acoplado, diâmetro interno de 5 mm, colaram-se as pastilhas (corpo-de-prova) sobre o revestimento de gesso, aguardou-se o prazo de secagem e logo após foi realizado o arrancamento, esquematizado na Figura 3.2.

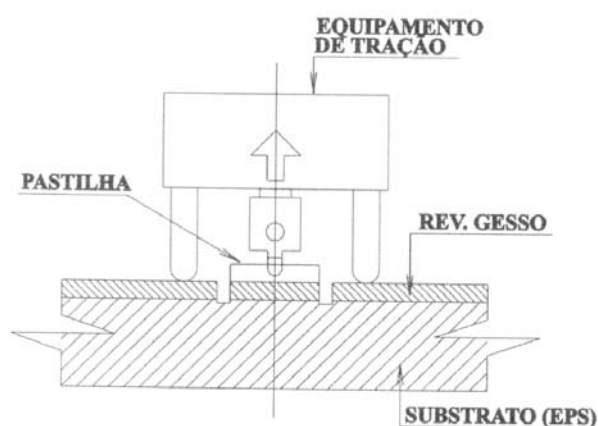


Figura 3.2 – Esquema do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração (BORGES, 2003).

Os resultados dessa pesquisa foram que a aderência ao EPS é obtida com o próprio gesso por este possuir características cimentícias, não dependendo de nenhuma ponte para tal, no caso estudado a cola teve a função de selante, umedecendo o plano de laje e eliminando o pó e sujeira, que poderia prejudicar a aderência. Quanto à ruptura, esta ocorreu pela baixa resistência do EPS à tração, sendo que dessa forma a aderência deverá ser satisfatória à ação do peso próprio do gesso e do acabamento final (emassamento e pintura), para que não haja o descolamento por efeito da gravidade.

Barbosa et al., (2004) estudaram a aderência das pastas de gesso em lajotas de concreto sem preparação do substrato e com preparação do mesmo (chapisco). Os resultados mostraram uma perda de 23,3% da aderência nas lajotas com preparação em relação às sem a camada de preparação. Este fato ocorreu porque quando se aplica o chapisco na base, este diminui o atrito na interface, ou seja, a microancoragem (produzida pela pasta de gesso que penetra nos vazios da base) passa a não ser formada quando se usa o chapisco, já que nesse

caso, os vazios ou poros do substrato (lajotas de concreto) passam a ser preenchidos pela pasta de cimento do chapisco.

Vale salientar que até o momento não existe um método padronizado de ensaio de resistência de aderência a tração, constituindo os ensaios desenvolvidos por estes autores adaptações de ensaios já existentes e destinados à argamassas inorgânicas.

#### 3.6.4 Absorção de água

A umidade, assim como a porosidade, também influencia o comportamento mecânico do gesso. Este perde grande parte de suas propriedades mecânicas em presença de umidade. É importante destacar que a umidade é o maior limitador da utilização do gesso como material de construção.

Segundo Nohier (1986)<sup>19</sup> apud Antunes (1999), a resistência à compressão e à tração na flexão variam de forma inversa com o teor de umidade. Em seus estudos observou que a resistência à compressão de pastas mantidas à UR (Umidade Relativa) de 90% é apenas 63 % da encontrada para pastas secas.

No entanto, não só efeitos negativos tem o fenômeno de absorção de água do gesso de construção endurecido. Uma das propriedades mais apreciadas no gesso é a de ser um regulador higrotérmico do ambiente. Dessa forma, a pasta de gesso endurecida absorve ou libera umidade, de acordo com as condições higrotérmicas e de ventilação do ambiente. Quando há um aumento de temperatura, a quantidade de vapor de água na atmosfera aumenta e o gesso absorve a água. Quando ocorre o inverso, o gesso libera rapidamente a água absorvida, proporcionando conforto ambiental e prevenindo a condensação de vapor d'água sobre a superfície (HINCAPIÉ et al, 1996b). Porém, para revestimentos de pequena espessura este efeito no ambiente provavelmente não é significativo (ANTUNES, 1999).

### 3.7 VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO GESSO

Segundo Petrucci (1993), o gesso (hemidrato  $\beta$ ) apresenta propriedades extremamente atraentes para a construção civil, principalmente para a produção de revestimentos.

---

<sup>19</sup> NOLHIER, M. *Construire em plâtre*. Paris, L'Harmattan, 1986.



Pode ser empregado sob forma de pasta, argamassa ou chapas, tanto para paredes como para tetos (sem função estrutural) e é um material fácil de cortar, perfurar, pregar ou aparafusar. Seu endurecimento rápido proporciona rapidez na execução dos serviços, resultando em uma elevada produtividade (ANTUNES, 1999). Além disso, é um aglomerante capaz de produzir produtos com boa capacidade termo-acústico (como a madeira seca e o tijolo) devido à sua absorção de calor (PETRUCCI, 1993) e boa resistência ao fogo, protegendo bem as estruturas contra incêndio devido a grande quantidade de moléculas de água em sua composição. Ressaltando-se que o dihidrato, por se decompor a baixas temperaturas, libera de 1,5 a 2 moléculas de água por molécula de sulfato, formando uma névoa que retarda a propagação do fogo (AGOPYAN, 1989).

As pastas feitas com gesso apresentam boa plasticidade produzindo uma superfície endurecida lisa, evidenciando um excelente acabamento que pode, muitas vezes, dispensar o acabamento final, como a massa corrida. Possuem ainda, rápido endurecimento, possibilitando a agilidade na execução do revestimento (MAEDA, 2000) e praticamente não retraem por secagem, diminuindo o risco de fissuração nas primeiras idades. E como relatado anteriormente, por apresentarem facilidade de absorção e perda de água, ainda contribuem no equilíbrio da umidade relativa do ar de ambientes fechados, principalmente climatizados (ANTUNES, 1999).

O custo do gesso na construção civil é menor devido ao baixo consumo de energia para sua fabricação em relação aos outros aglomerantes. Em seu processamento as temperaturas raramente atingem valores acima de 300°C, ao passo que na fabricação do clínquer do cimento Portland tais temperaturas atingem 1.450°C e na cal entre 800 e 1100°C (CINCOTTO, et al., 1988b). Além disso, o gesso é um material com baixo peso por unidade de volume em condições normais, podendo reduzir sua densidade para mesma relação a/g adicionando agregados leves como vermiculita (ÇOLAK, 2000). Desta forma há possibilidade de redução em relação ao custo das edificações feitas com gesso em decorrência de baixa densidade desse sistema. Tal característica torna as fundações e estrutura da edificação mais econômicas já que se apresentam mais leves, bem como ocasiona uma diminuição nos prazos de execução da obra, possibilitando um menor tempo de mobilização do investimento, melhorando a relação custo/benefício (SILVA et al., 1998).

### 3.8 DESVANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO GESSO

O gesso, como qualquer outro material, possui particularidades que limitam sua utilização. Em geral, os problemas apresentadas em elementos construtivos constituídos de gesso acontecem em decorrência do ambiente em que se está exposto, de modo geral, em ambientes com presença de umidade.

A umidade contínua provoca o amolecimento do gesso causando perda de aderência e manchamento. Este efeito deve-se à alta solubilidade da gipsita, que em presença de água, dissolve-se. Este fenômeno pode ocorrer em revestimentos, placas ou qualquer outro elemento de gesso, restringindo sua aplicação a ambientes internos e secos.

A umidade excessiva, a má ventilação e ao fato do pH da solução dos poros do gesso ser próximo ao neutro favorece o crescimento de microorganismos, principalmente fungos (bolor) e ainda provocam a corrosão de qualquer elemento metálico que esteja em contato com o gesso.

Ainda na presença de umidade, o gesso pode reagir com o cimento Portland, provocando manchas em contato com peças de aço carbono (HINCAPIE et al., 1996b; ANTUNES, 1999).

As propriedades mecânicas também são minoradas pela ação da umidade. Além disso, o gesso é solúvel em água, limitando sua utilização em ambientes internos, ou em ambientes externos com proteção.

Outro obstáculo para o crescimento da utilização do gesso na construção civil deve-se à distância das jazidas em relação aos centros consumidores. O gesso em si é relativamente barato, entretanto as despesas com transporte oneram em até 100% o preço do material (ANTUNES, 1999) e ainda assim, esse material é bastante viável economicamente (CARVALHO, 2005).

Mediante os problemas citados recomenda-se evitar o uso do gesso em ambientes sujeitos à umidade e caso isso seja inevitável, fazer uso de algum sistema de proteção impermeabilizante.

### 3.9 REVESTIMENTOS DE GESSO

É possível encontrar no mercado duas formas de uso do gesso como revestimento interno. O gesso liso ou “gesso corrido” que é a pasta de gesso aplicada manualmente e o gesso projetado, material também conhecido como argamassa de gesso projetada que tem

como principal aglomerante o gesso (sulfato de cálcio hemidratado tipo beta, carbonato de cálcio, cal hidratada e aditivos orgânicos) que é aplicado utilizando uma bomba-misturadora.

### 3.9.1 Revestimento de Gesso Aplicado Mecanicamente

O gesso projetado é uma técnica de revestimento para tetos e paredes executada mediante projeção mecânica do material, por equipamento especializado (Foto 3.2), que dosa, mistura e bombeia a matéria-prima através da mangueira de projeção (GEROLLA, 2008).



Foto 3.2 – Equipamento de projeção de revestimento de gesso (GEROLLA, 2008).

A argamassa de gesso pode ser aplicada diretamente sobre a alvenaria, substituindo o sistema tradicional de chapisco, emboço e reboco. Por não ser muito resistente à umidade, ela só é utilizada em ambientes internos.

Segundo Antunes (1999) a execução de revestimento de gesso com o auxílio de equipamentos de projeção é uma alternativa que proporciona maior produtividade, diminui desperdício e não necessita de profissional especializado, o que potencializa a qualidade do revestimento. Todavia, tal método de aplicação tem custo elevado, o que essa tem sido uma grande desvantagem. De acordo com Gerolla (2008), o gesso projetado custa, em média, 40% mais que o gesso corrido.

Outra desvantagem que deve ser considerada na utilização do gesso projetado é a manutenção das máquinas, que exige planejamento e mão-de-obra especializada. Uma máquina nova, importada, custa a partir de R\$ 25 mil – e é preciso considerar que poucas peças de reposição são fabricadas no Brasil. Além disso, o uso do gesso projetado exige

material de melhor qualidade, que não é encontrado em qualquer lugar, ou mesmo próximo dos grandes centros consumidores. Assim há ainda o problema do custo do frete, uma vez que os fornecedores ficam, em sua maioria, no Nordeste do País. Dessa forma, enquanto o metro quadrado do gesso liso aplicado, por exemplo na Região Sudeste, sai por R\$ 8 ou R\$ 9, o projetado pode chegar a custar mais que R\$ 13 (GEROLLA, 2008).

### 3.9.1.1 Execução do gesso projetado

O gesso projetado pode ser utilizado para revestir superfícies de concreto, blocos cerâmicos e blocos de concreto.

Antes de dar início à aplicação, a alvenaria deve estar concluída e deve ser verificado se a superfície está limpa de pó, óleo, graxas ou outro material que possa diminuir a aderência do revestimento. Os contramarcos das esquadrias devem estar fixados e as caixas das instalações elétricas devem estar protegidas com buchas de papel amassado.

Segundo Gerolla (2008), deve-se executar na base a receber o revestimento, o assentamento de taliscas de no mínimo 5 mm de espessura. Elas devem ficar, no máximo, a 1,80 m de distância umas das outras, e a 30 cm dos pontos de acabamento ou quinas. Passadas 24 horas do assentamento, inicia-se a execução de mestras, com uma régua de alumínio de pelo menos 2 m de comprimento e 5 cm de largura, finalizando-se o preparo da base.

A execução começa com a projeção do gesso na parede, até que se chegue à espessura das mestras e se preencham todos os vazios (Foto 3.3a). Depois é sarrafeado o trecho com a régua de alumínio, de baixo para cima (Foto 3.3b). A argamassa retida é retirada com uma desempenadeira ou espátula e reaproveitada nos espaços vazios. Esse processo é repetido até que toda a superfície fique preenchida e homogênea. Em seguida o sarrafo é passado no sentido horizontal e se aguarda aproximadamente 30 minutos (Foto 3.3c). Para o pré-acabamento é aplicado gesso sobre a superfície com a mão (Foto 3.3d) e raspa-se com um facão em movimentos horizontais (Foto 3.3e) e é feito novamente uma pausa de 30 minutos. O acabamento ou queima é realizado com uma desempenadeira grande de aço (Foto 3.3f), onde todos os poros da parede são preenchidos com uma argamassa mais fluida que a anterior e em seguida, raspado os excessos e aguardado mais 10 minutos. Por último, antes de fazer o acabamento final, deve ser aberto todas as caixas e pontos de luz e, com uma desempenadeira, repetido o procedimento anterior de aplicação de massa bem fluida em movimentos horizontais e retirando-se os excessos com movimentos verticais. Esse procedimento deve ser

repetido até que a superfície fique com aspecto liso. Após uma semana, a parede estará pronta para ser lixada, selada e pintada (GEROLLA, 2008).

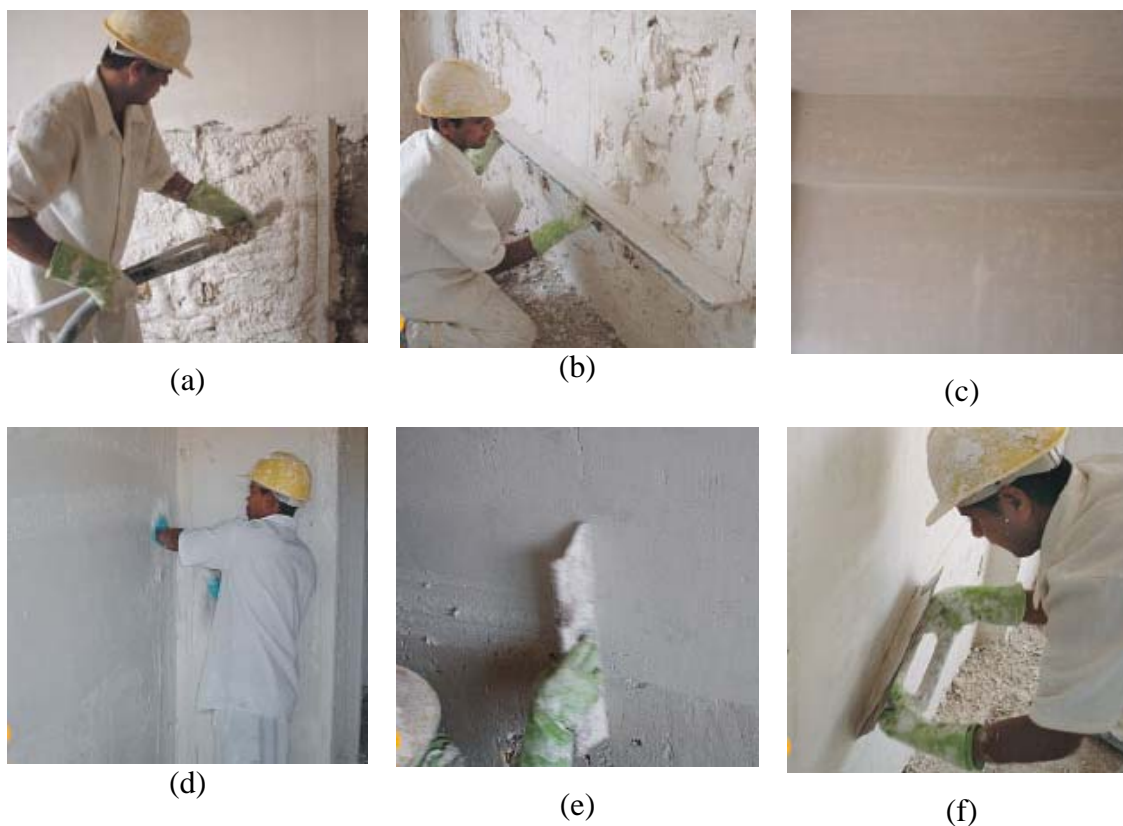


Foto 3.3 – Execução do Revestimento de gesso projetado (GEROLLA, 2008).

É importante destacar que, antes de usar o equipamento de projeção, deve-se umedecer a mangueira com um fluxo constante de água e limpá-lo também após o uso, até que a água saia limpa.

### 3.9.2 Revestimento de Pasta de Gesso Aplicado Manualmente

A construção civil no Brasil já utiliza a pasta de gesso em acabamentos substituindo o tradicional sistema chapisco/emboço/reboco de argamassa de cimento (SILVA et al., 1998).

A aplicação rápida e o excelente acabamento superficial do revestimento em gesso permitem ganhos de produtividade quando comparado aos revestimentos de argamassa, uma vez que os revestimentos de argamassa, compostos por 2 camadas (emboço + reboco) ou camada única (reboco paulista), necessitam de pelo menos 30 dias de espera entre sua aplicação e a aplicação do acabamento final, em geral a pintura (CINCOTTO et al., 1995). Já os revestimentos de gesso liso esse intervalo de espera é de uma semana (HINCAPIÉ et al.,

1996b), devido ao menor tempo de pega do gesso em relação ao cimento Portland (aglomerante hidráulico mais utilizado nas argamassas tradicionais).

Existem, no entanto, algumas limitações quanto a este sistema. Todavia, o reduzido tempo de pega das pastas de gesso ocasiona um curto tempo disponível para aplicação do revestimento - tempo útil - gerando, freqüentemente, grande perda de material e mão-de-obra. AGOPYAN et al. (1998) encontraram valores médios de perda de gesso que chegaram a 45% para o universo de obras estudadas. Outro fator limitante encontra-se no comportamento pouco estável do gesso em presença de umidade, devido a sua alta solubilidade (principalmente em ambientes molhados e externos), aspectos já abordados no item 3.8, desta dissertação. Contudo, essas limitações não inviabilizam a utilização do mesmo, sendo o tradicional, gesso liso ou “gesso corrido” largamente empregado em revestimentos internos e alvo de análise na parte experimental dessa pesquisa.

#### 3.9.2.1 Execução “gesso corrido”

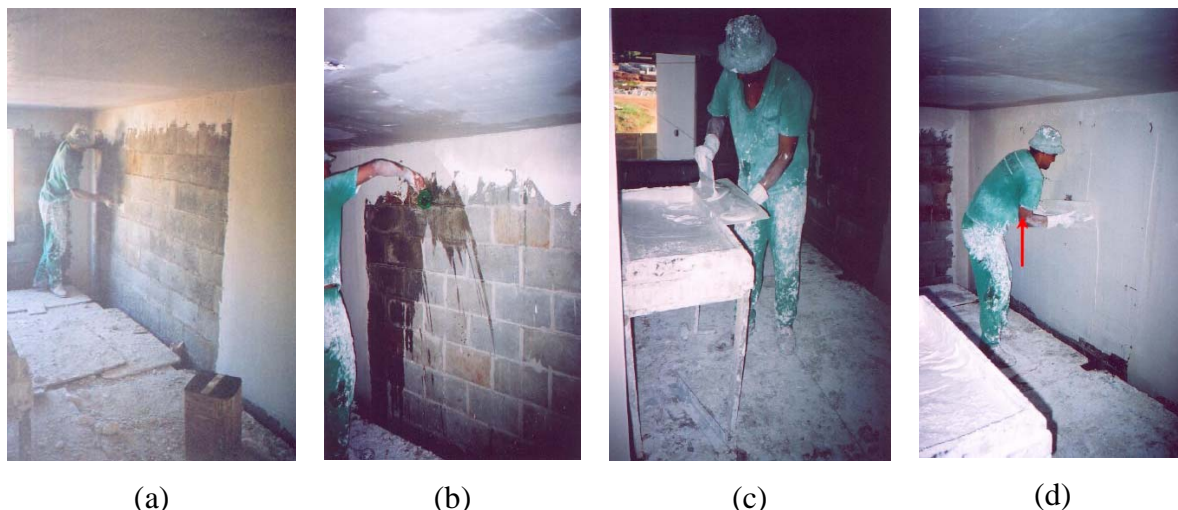
O procedimento de preparo das pastas de gesso e sua aplicação seguem as seguintes fases, de acordo com o processo de hidratação já analisado no item 3.4:

- a) Preparo da pasta (dissolução - etapa I);
- b) Espera (indução – etapa II);
- c) Aplicação (precipitação - etapa III).

A *preparação da pasta* (dissolução- etapa I) consiste na colocação da água na masseira e em seguida o pó de gesso é polvilhado de forma a preenchê-la totalmente e em quantidade suficiente para que toda, ou quase toda água seja absorvida pelo pó (ANTUNES, 1999). É importante destacar que a masseira deve ficar ligeiramente mais alta em um de seus lados para a utilização parcial da pasta. Esta etapa acontece em aproximadamente 5 minutos, o que corresponde à dissolução do hemidrato (fase I).

A *espera* (indução – etapa II) corresponde a um período de 15 a 20 minutos, necessário para a pasta adquirir a consistência mínima necessária para aplicação (início da pega). Vale salientar que, somente uma parte da pasta, a situada no lado mais alto da masseira, é misturada com o auxílio de uma colher de pedreiro ou espátula de aço até obter uma pasta homogênea e sem grumo que será utilizada na aplicação (CARVALHO, 2005). Segundo Antunes (1999) esse procedimento usado na prática, faz com que se rompa a cobertura dos grãos anidros acelerando a fase de hidratação desta parte da pasta.

Durante a espera o substrato deve ser devidamente preparado retirando-se resquícios de sujeira e pó (Foto 3.4 a) e quando a aplicação for sobre blocos de concreto, uma camada de água deve ser aplicada para remover a poeira (Foto 3.4 b).



(a)

(b)

(c)

(d)

Foto 3.4 – Execução do Revestimento de gesso corrido (CARVALHO, 2005).

A *aplicação* (precipitação - etapa III) corresponde ao início do tempo útil (final do período de indução), isto é, tempo hábil para utilização da pasta que alcançou a consistência adequada, que é determinada empiricamente, equivale a um traço que pode variar de 0,4 a 0,9 (água/gesso) e corresponde à etapa de saturação da solução e início da precipitação dos cristais de gipsita (ANTUNES, 1999). Este período de aplicação corresponde ao *tempo útil* equivalente a aproximadamente entre 30 a 35 minutos.

Inicia-se então a aplicação com o auxílio de uma desempenadeira de PVC ou aço inoxidável (Foto 3.4 c). Este processo é feito de baixo para cima e para as laterais evitando o acúmulo de pasta na parte inferior do substrato (Foto 3.4 d).

A utilização da pasta será sempre pela parte da masseira que foi elevada, prosseguindo assim até a total aplicação do material. Com o final da utilização da pasta que foi previamente misturada, o gesso segue usando a parte que estava em repouso e por isso teve a cinética da reação de hidratação retardada em relação à primeira (Foto 3.5) (CARVALHO, 2005).

Após totalmente revestido, o substrato recebe o acabamento final com o desempenamento utilizando uma desempenadeira de aço (a desempenadeira de PVC, não serve para este fim).



Foto 3.5 – Utilização parcial da pasta na masseira (CARVALHO, 2005).

Com o final do *tempo útil*, o gesso se hidrata completamente não servindo mais para a aplicação. Esta fase é conhecida como “morte” do gesso, pois, mesmo que mais água seja adicionada à pasta para prolongar sua utilização, não há mais aderência entre essa última camada e o revestimento (ANTUNES, 1999) (Foto 3.6).



Foto 3.6 – Morte do gesso.



## CAPÍTULO 4 MATERIAIS UTILIZADOS

---

Este capítulo apresenta os materiais utilizados para execução das alvenarias de fechamento e dos revestimentos externo e interno analisados nessa pesquisa. Essa caracterização se faz necessária para o entendimento da metodologia experimental proposta no capítulo seguinte.

### 4.1 ALVENARIAS

#### 4.1.1 Tijolo de Gesso Reciclado

Após análise do tijolo alternativo de gesso apresentado por Carvalho (2005), optou-se por empregá-lo na construção das paredes do protótipo desta pesquisa. Entretanto, mudou-se o tamanho do tijolo de gesso reciclado (10x20x5)cm, para (10x33x15)cm, buscando melhoramento do aspecto construtivo e redução do preço final da obra, uma vez que o tempo necessário para erguer uma parede com tijolo pequeno é bem maior do que com um bloco maior, aumentando assim o custo com a mão-de-obra.

Outro fator decisivo para optar-se pela utilização do bloco de gesso reciclado em tamanho superior ao estudado por Carvalho (2005), foi o fato de, na indústria precursora deste material, existir um barracão destinado à armazenagem de materiais, construído com este material e apresentar perfeito estado (Foto 4.1). A construção tem 5 anos de idade e mesmo sem revestimento e sem calçada de proteção, a alvenaria tem aspecto bom, apresentando visualmente apenas pontos escuros com presença de microorganismos (musgo), caracterizando umidade no local, mas não oferecendo risco à estrutura como um todo (Foto 4.2a e 4.2b).



Foto 4.1 – Aspecto da parede de bloco maciço de gesso reciclado.



Foto 4.2 – (a) Parede de Bloco Maciço de Gesso Reciclado com 5 anos de idade (b) Parte inferior da Alvenaria de Gesso Reciclado

No capítulo 5 serão apresentadas as mudanças na fôrma e o mecanismo de fabricação dos tijolos de gesso reciclado.

#### 4.1.2 Argamassas de Assentamento

Para a análise das alvenarias construídas com o bloco de gesso reciclado, utilizou-se dois tipos de argamassa: gesso cola e argamassa tradicional.

##### 4.1.2.1 Gesso Cola (GC)

Optou-se por utilizar esse material como argamassa de assentamento, por ser bastante utilizado na colagem de peças de gesso em geral em paredes e forros, tais como blocos de gesso para divisórias, sancas e molduras.

O gesso cola utilizado foi da marca Ingecola, fabricada por Gesso Santos, Araripina-Pernambuco, saco de 20 kg. Sua composição é:  $\text{Ca SO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  (hemidrato beta) e aditivos inertes.

##### 4.1.2.2 Argamassa Tradicional (AT)

A argamassa tradicional de assentamento foi composta de cimento, cal e areia no traço 1:2:8 em volume úmido. A escolha do traço foi no intuito de aproximar a construção à realidade que é utilizada nas construções de casas, de um modo geral.

Para adequar o processo construtivo à realidade de construção de habitações populares, a mistura da argamassa foi executada manualmente.

O cimento utilizado foi o cimento CP II F-32 (Cimento Portland com Fíler), da marca CIMPOR, que atende as especificações da NBR 11 578 (ABNT, 1991). A opção por este tipo de cimento foi o fato de esse cimento ser o mais utilizado na região do estado de Goiás.

A cal utilizada foi do tipo CIII- Cal Hidratada Comum, da marca Itaú, dentro dos padrões da NBR 7175 (ABNT, 2003). A Tabela 4.1, mostra as características da cal e do cimento utilizados, fornecidos pelo fabricante.

TABELA 4.1 – Características do cimento e da cal.

Característica	Cimento NBR 11 578	Cal NBR 7175
Tipo	CP II F-32	CH III
Finura (%)	3	13
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	1,15	0,70

O agregado miúdo é proveniente da região de Faina, Rio do Peixe– GO e se enquadra dentro dos limites que os qualificam como aceitáveis segundo as normas do ABNT para agregados. Segundo classificação granulométrica enquadra-se em areia média grossa. A Tabela 4.2 mostra os valores dos ensaios de caracterização realizados com a areia.

TABELA 4.2 – Ensaios de Caracterização da Areia.

Determinações	Método de ensaio	Resultados obtidos		
		Abertura da peneira ABNT (mm)	Porcentagem Retida (em massa)	
			Individual	Acumulada
		9,5	0	0
		6,3	1,10	1,10
		4,8	1,42	2,52
Composição granulométrica	NBR NM248 (ABNT, 1987)	2,4	6,84	9,36
		1,2	19,24	28,60
		0,6	27,88	56,48
		0,3	27,78	84,26
		0,15	13,30	97,56
		<0,15	2,44	100,00
Dimensão Máx. caract. (mm)	NBR NM248 (ABNT, 1987)		4,8	
Módulo de finura	NBR NM248 (ABNT, 1987)		2,79	
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	NBR NM52 (ABNT, 1987)		2,62	
Massa unitária (kg/dm <sup>3</sup> )	NBR 12004 (ABNT, 1990)		1,51	
Material pulverulento	NBR NM46 (ABNT, 2003)		1,22 %	

A água utilizada na confecção da argamassa é proveniente da rede de abastecimento pública de Goiânia, SANEAGO.

## 4.2 REVESTIMENTO

### 4.2.1 Revestimento Externo

Para análise do revestimento externo, optou-se pela utilização de um chapisco forte, buscando uma melhor aderência do reboco no substrato (alvenaria de gesso reciclado).

#### 4.2.1.1 Argamassa de Revestimento Externo (Reboco Externo)

A argamassa de revestimento externo utilizou os mesmos materiais descritos para a argamassa de assentamento (AT) e o mesmo modo de preparo. O traço utilizado foi 1:1:6 (cimento, cal, areia) e o processo de mistura foi manual. Optou-se pelo uso de reboco paulista com espessura de 20 a 25 mm por ser o mais usual em habitações de caráter residencial.

### 4.2.2 Revestimento Interno

#### 4.2.2.1 Revestimentos de Gesso

Determinou-se uma amostra de estudo constituída por uma carreta de gesso, buscando diminuir a variabilidade na pesquisa.

##### 4.2.2.1.1 Gesso Natural (GN)

Material retirado desta amostra pré-definida.

##### 4.2.2.1.2 Gesso Reciclado Seco (RS)

Este é o entulho proveniente da amostra definida, gerado após a produção de molduras de gesso.

O processo de produção do gesso reciclado seguiu método já testado por Carvalho (2005) que constituiu em secagem em estufa (processo de desidratação), com temperatura constante de 100 °C até a constância de massa e depois processo de moagem durante 16 minutos no moinho de bolas (abrasão Los Angeles) (Fotos 4.3a e Foto 4.3b). Este tempo,

ainda segundo Carvalho (2005) foi considerado viável técnica e economicamente comparando com os resultados encontrados.

Entretanto, buscando alcançar uma finura ainda maior, a amostra de gesso foi peneirada, aproveitando a parcela passante na peneira de 0,075 mm (Foto 4.3c). O material não passante era novamente desagregado em almofariz e peneirado (Foto 4.3d). A partir deste momento o entulho de gesso será chamado de gesso reciclado seco (RS).

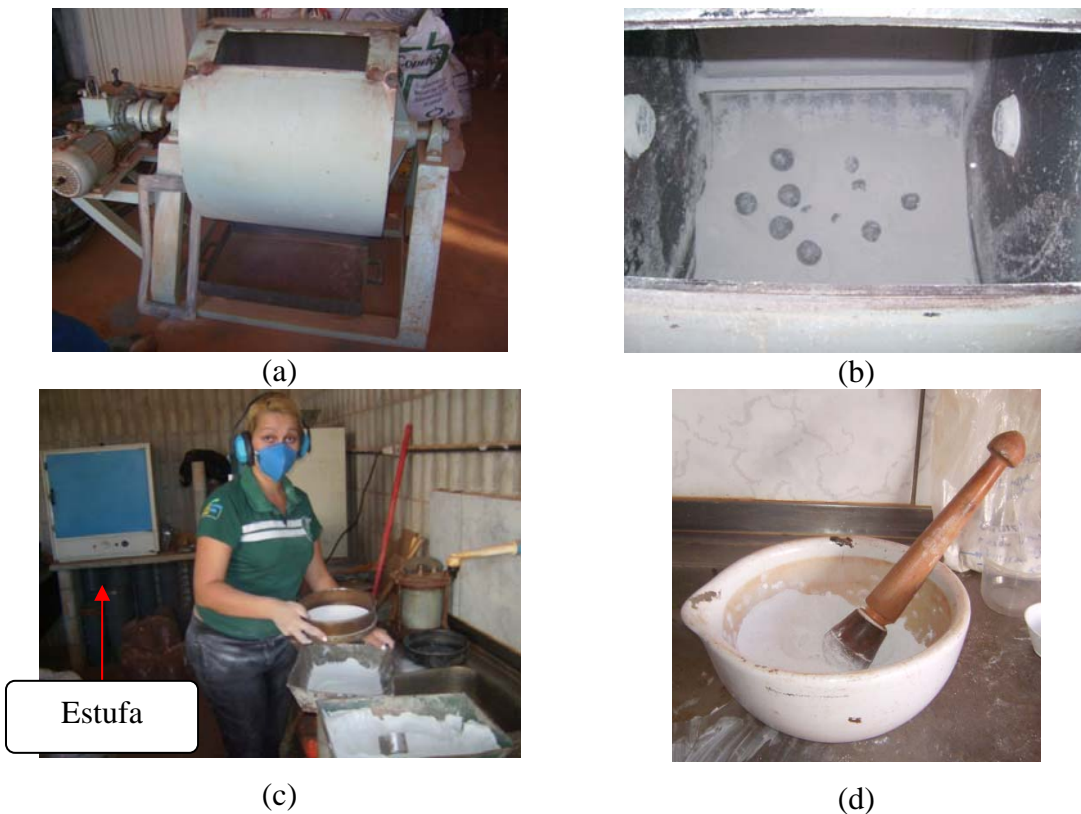


Foto 4.3 – Processo de fabricação do gesso reciclado (a) em Moinho de bolas- Abrasão Los Angeles; (b) gesso moído dentro do moinho; (c) peneiramento do gesso; (d) almofariz.

A Foto 4.4 faz um comparativo entre o gesso natural (GN) e o gesso reciclado seco (RS) no aspecto visual, onde percebe-se que o gesso reciclado seco apresenta-se com uma coloração mais escura, tendendo ao bege, enquanto o natural é mais branco.

A produção do Gesso Reciclado Seco (RS) constitui um processo de reciclagem, uma vez que o resíduo é submetido à transformação.



Foto 4.4 – Comparação do pó de gesso reciclado com o pó de gesso natural.

#### 4.2.2.1.3 Gesso Reciclado Úmido (RU)

O gesso reciclado úmido (RU) é proveniente do entulho da amostra definida, gerado após a produção de molduras de gesso. Contudo, seu processo de fabricação é diferente. Após moagem no processador, há a separação em 3 granulometrias diferentes (Foto 4.5).

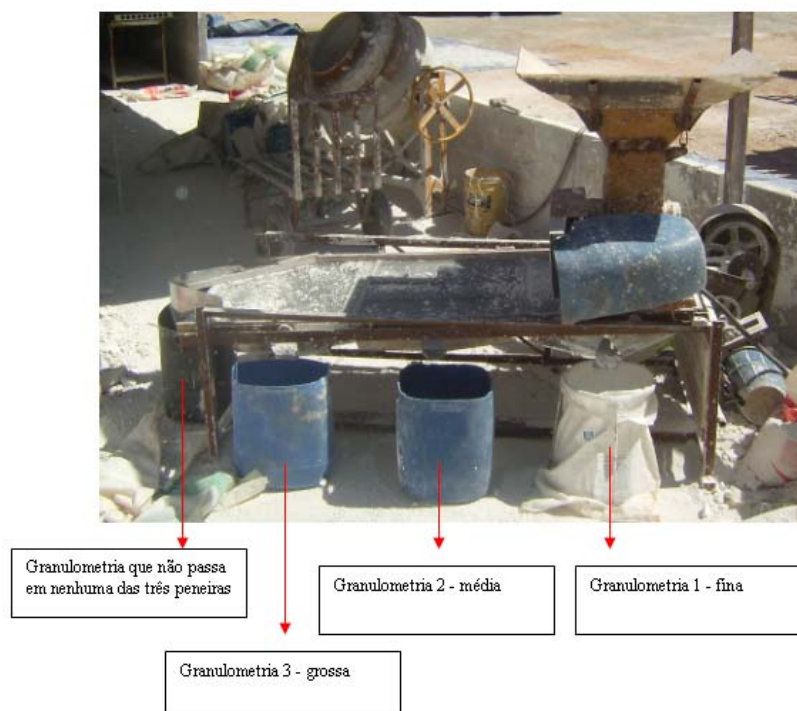


Foto 4.5 – Triturador de resíduos de gesso.

Apenas a parte mais fina é aproveitada na fabricação deste gesso úmido, em que é secada ao sol, sendo misturada de tempos em tempos para completa secagem dos grãos (Foto 4.6). Este resíduo, apesar de seco ao sol, recebe nome de úmido por não ser submetido a secagem em estufa.



Foto 4.6 – Secagem dos grãos ao sol.

Após este processo o gesso foi peneirado, com a peneira 6,3 mm Série de Tyler (Foto 4.7), buscando assemelhar o processo ao já realizado por Ribeiro (2006). A partir de agora este recebe o nome de gesso úmido (GU).



Foto 4.7 – Gesso Úmido – Granulometria 1– fina.

A produção do Gesso Reciclado Úmido (RU), apesar de bem mais simples que a produção do Gesso Reciclado Seco (RS), também constitui um processo de reciclagem, uma vez que o resíduo passa por transformações antes de ser utilizado.

#### 4.2.2.2 Argamassa de Revestimento Interno (Reboco Interno)

A argamassa de revestimento interno utilizou os mesmos materiais descritos para a argamassa de assentamento (AT) e o mesmo modo de preparo. O traço utilizado, no entanto, foi 1:2:9 (cimento, cal, areia), uma vez que este é o traço mais comum utilizado em revestimentos internos para construções habitacionais.



## CAPÍTULO 5 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

---

O programa experimental foi elaborado com objetivo de verificar o comportamento dos tijolos de gesso reciclado para execução de alvenaria de fechamento. A partir da confecção e caracterização desses tijolos, descrita no Capítulo 4, estabeleceu-se este programa experimental para avaliar a melhor argamassa de assentamento e o melhor revestimento para este tipo de alvenaria alternativa.

O programa experimental analisou 2 tipos de argamassa para assentamento (GC-Gesso Cola e AT – Argamassa Tradicional traço: 1:2:8), o comportamento do revestimento externo executado com argamassa para reboco externo executada em obra traço 1:1:6 quanto à resistência de aderência à tração e 5 tipos de revestimento interno (100% RS<sup>20</sup>, 50% RS, 25% RU<sup>21</sup>, 10% RU e argamassa para reboco interno executada em obra traço 1:2:9). Este programa ainda analisou o protótipo construído para as análises de alvenaria e revestimento quanto ao conforto térmico e acústico. Detalhes da metodologia adotada são apresentados nos fluxogramas das Figuras 5.1 e 5.2.

As variáveis independentes desta pesquisa são aquelas inerentes à constituição do tijolo de gesso reciclado e aos revestimentos analisados (argamassa de assentamento e revestimento e pasta de gesso). São elas:

- Teor de Substituição nas pastas de gesso;
- Relação água/cimento;
- Relação água/gesso;
- Idade dos ensaios;
- Condição de Cura;
- Tipo de agregado miúdo empregado;
- Tempo de cura;
- Porosidade.

As variáveis dependentes consideradas na referente pesquisa são listadas a seguir:

- Resistência à compressão simples;
- Resistência de aderência à tração;

---

<sup>20</sup> RS – Reciclado Seco, Resíduo que sofreu reciclagem, explicado no Cap.4.

<sup>21</sup> RU – Reciclado Úmido, Resíduo reutilizado, explicado no Cap.4.

- Absorção/Permeabilidade de água - Método do Cachimbo;
- Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG);
- Nível de Pressão Sonora (NPS).

Para melhor cumprir com os objetivos propostos, dividiu-se a parte experimental em dois estudos. E para um maior entendimento da metodologia utilizada nos ensaios experimentais de cada estudo, desenvolveu-se um fluxograma referente a ele. Nas Figuras 5.1 e 5.2, encontram-se os 2 fluxogramas propostos:

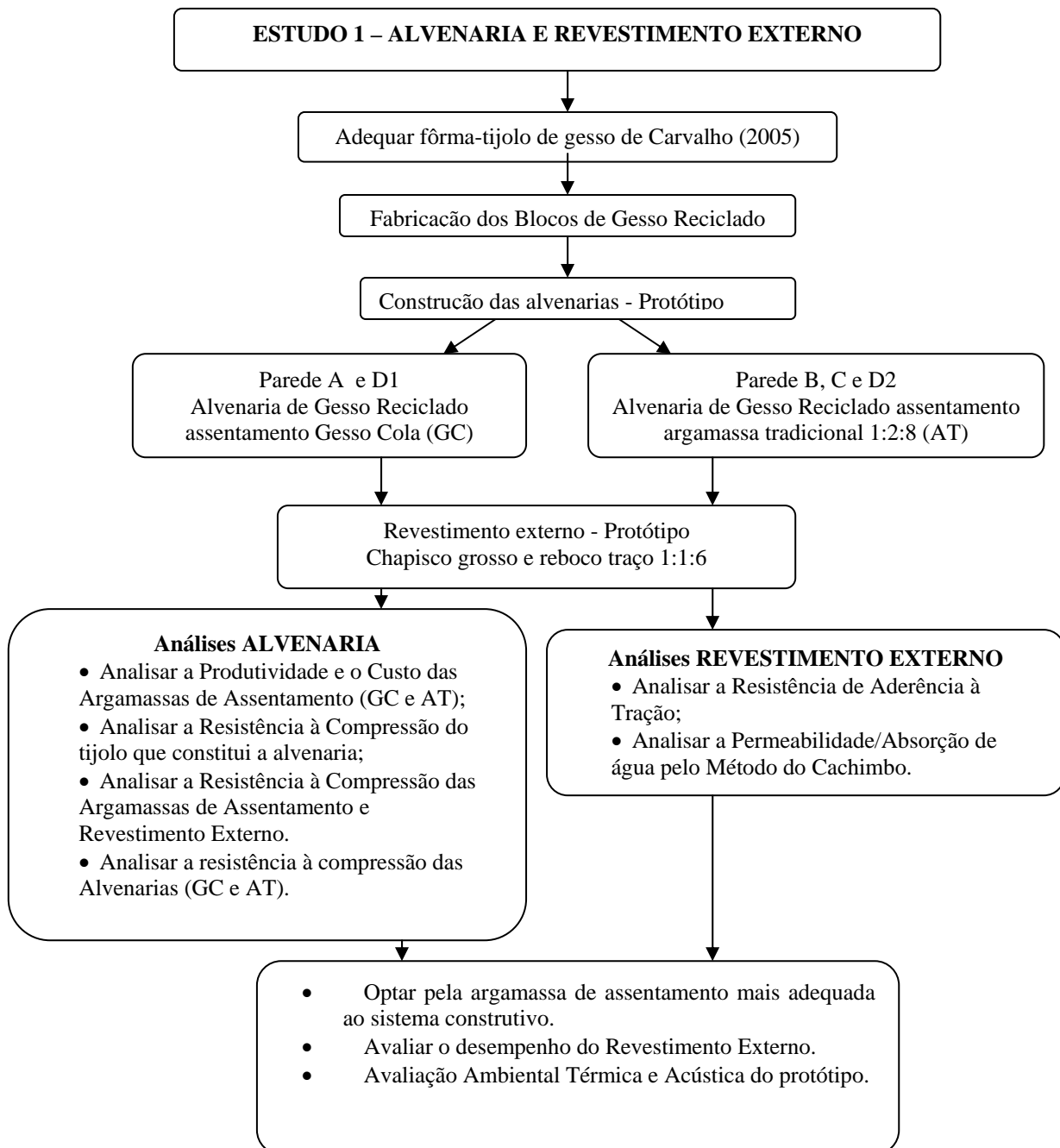


Figura 5.1 – Fluxograma do Estudo 1.

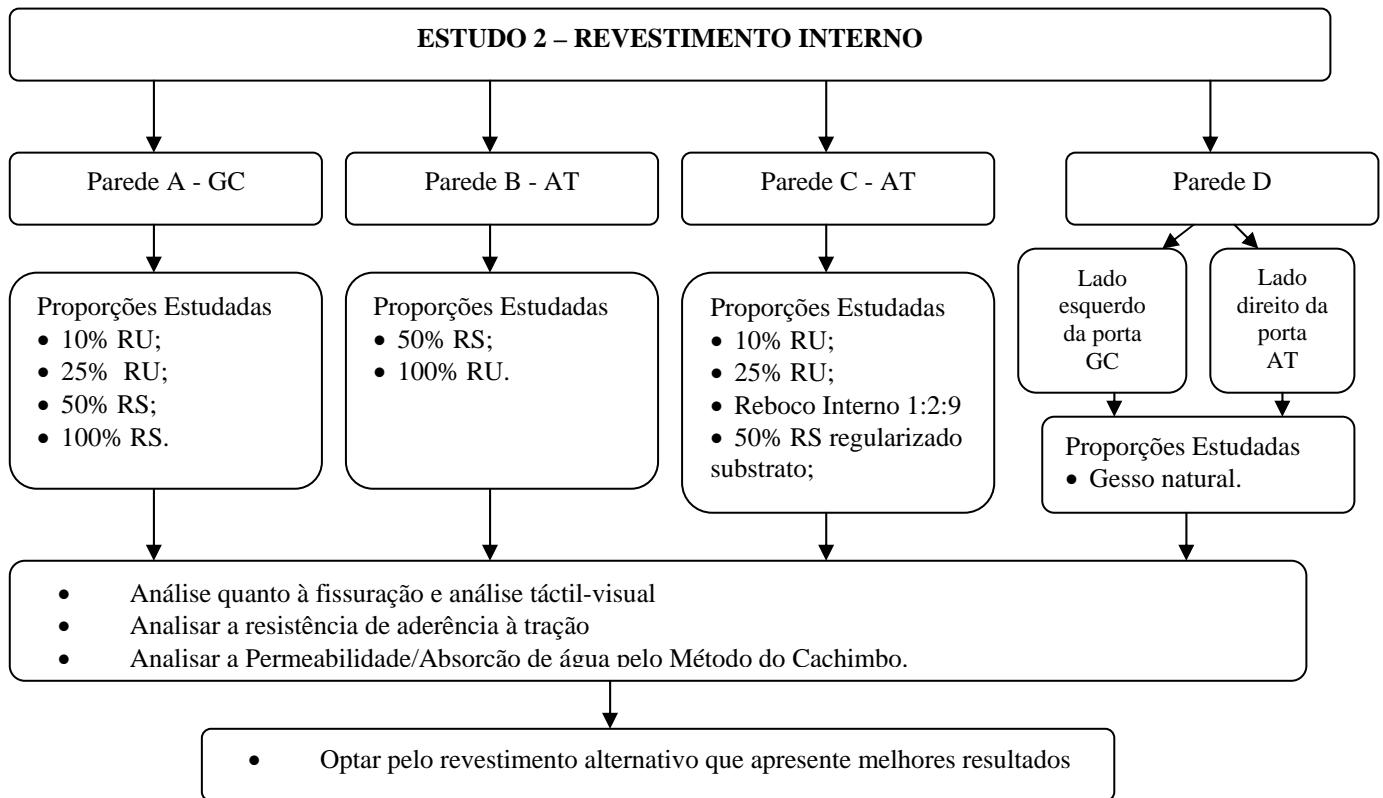


Figura 5.2 – Fluxograma do Estudo 2.

Os ensaios foram realizados utilizando os equipamentos do laboratório da empresa Carlos Campos Consultoria e Construções Ltda, em Goiânia – GO.

## 5.1 ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO

### 5.1.1 Alteração na Fôrma do Bloco de Gesso Reciclado

A fôrma do Bloco de Gesso Reciclado foi modificada introduzindo encaixe macho fêmea semelhante aos existentes em demais elementos construtivos de gesso como forros e Blocos Simples de Paredes Divisórias.

A Foto 5.1 ilustra o bloco de gesso antes da modificação, onde todos os lados eram do tipo encaixe fêmea e após a introdução do encaixe macho-fêmea (Foto 5.2 e Foto 5.3).



Foto 5.1 – Bloco de Gesso Reciclado.



Foto 5.2 – Bloco com encaixe macho fêmea.



Foto 5.3 – Encaixe entre blocos.

### 5.1.2 Fabricação dos Blocos de Gesso Reciclado

Os blocos de gesso reciclado foram fabricados numa empresa de placas e molduras, na cidade de Goiânia-GO.

As etapas de fabricação dos blocos são as seguintes: primeiramente, a fôrma é untada com óleo desmoldante e deixada à espera para receber a pasta de gesso (Foto 5.4a). Após a mistura da pasta de gesso com misturador mecânico, o operário começa a fabricar molduras e sancas (Foto 5.4b). Quando a pasta não possui mais fluidez para moldagem, esta é retirada e depositada na fôrma do bloco (Foto 5.4c). Este processo é repetido até que o

material complete a fôrma. Após a fôrma cheia, esta sofre desempeno na superfície com desempenadeira de aço (Foto 5.4d). Os blocos são desenformados e armazenados a céu aberto para secagem (Foto 5.4e).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Foto 5.4 – Processo de fabricação bloco de gesso reciclado: (a) Fôrma untada a espera de gesso, (b) Fabricação de molduras e sancas; (c) Enchimento da fôrma com pasta sem fluidez para moldagem de molduras e sancas; (d) Desempeno da superfície com desempenadeira de aço (e) Armazenamento dos blocos a céu aberto para secagem.

Desta forma, a produção dos tijolos de gesso constitui um processo de otimização dentro da fábrica de produtos de gesso, onde a pasta de gesso que não possui mais fluidez para moldagem de sancas e molduras é reutilizada na fabricação dos blocos para alvenaria.

### 5.1.3 Construção das Alvenarias - Protótipo

Optou-se por construir um protótipo em tamanho reduzido, 152 x 160 cm, de forma a simular a construção de uma habitação popular, possibilitando uma melhor avaliação das formas de execução das alvenarias e dos revestimentos em análise e ainda permitir que fosse realizado dentro desse cômodo, as avaliações quanto ao conforto térmico e acústico, avaliações estas bastante importantes para satisfação pessoal do morador, principalmente em cidades com clima quente, como é o caso de Goiânia.

O projeto de planta baixa do protótipo pode ser observado na Figura 5.3.

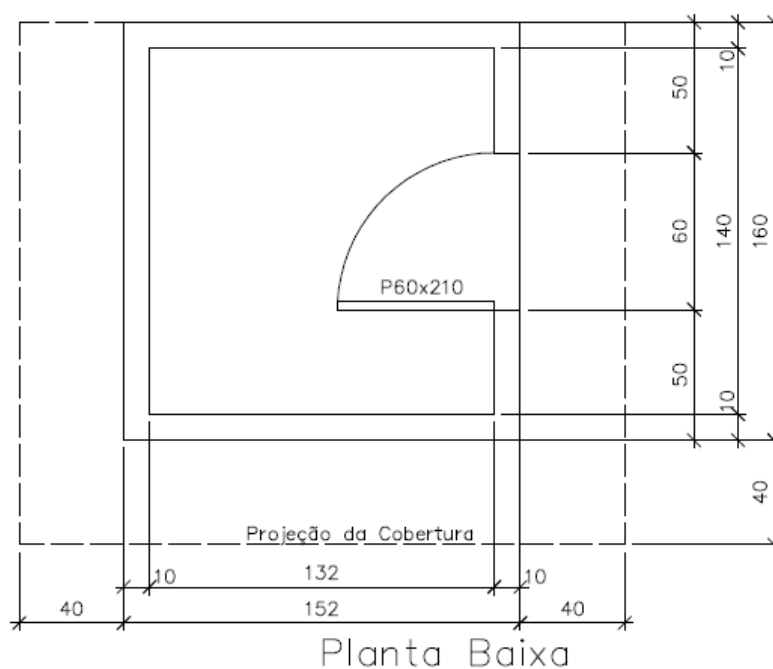


Figura 5.3 – Planta baixa do protótipo de gesso reciclado.

As alvenarias foram executadas com blocos de gesso reciclado, fabricados pelo processo já explicado no item 5.1.2 e assentados com dois tipos de argamassa de assentamento. A primeira constitui em uma argamassa tradicional de cimento, cal e areia de traço: 1:2:8 (AT) e a segunda, utilizou-se de um material comumente usado para colagem de peças de gesso, Gesso Cola (GC). A Figura 5.4 representa o desenho indicativo do tipo de alvenaria utilizado em cada parede do protótipo. A parte da esquerda da porta recebeu denominação de D1 e a parte da direita da porta, com recebeu nome de D2.

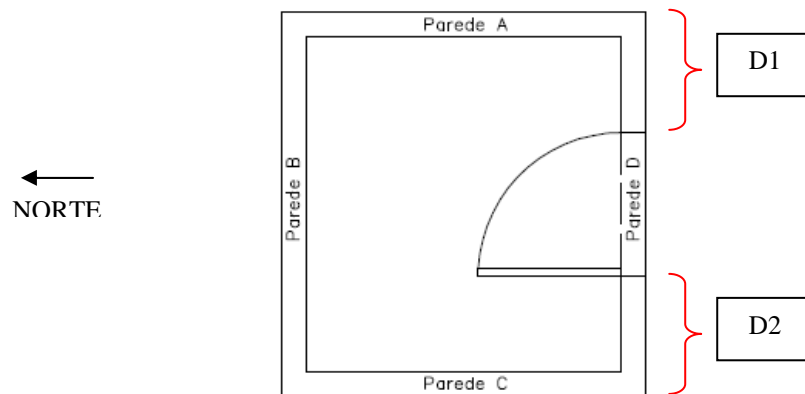


Figura 5.4 – Desenho indicativo de divisão das paredes do protótipo.

O tipo de material utilizado em cada parede do protótipo pode ser observado na Quadro 5.1.

QUADRO 5.1 – Quadro Resumo de Tipo de Alvenarias.

PAREDE	ALVENARIAS
A	Alvenaria de blocos de gesso reciclado assentado com gesso-cola (GC)
B	Alvenaria de blocos de gesso reciclado assentado com Argamassa Tradicional (AT)
C	Alvenaria de blocos de gesso reciclado assentado com Argamassa Tradicional (AT)
D1	Alvenaria de gesso reciclado assentado com gesso-cola (GC)
D2	Alvenaria de blocos de gesso reciclado assentado com Argamassa Tradicional (AT)

### 5.1.3.1 Alvenaria Gesso Cola (GC)

Os blocos de gesso reciclado foram assentados com gesso-cola, da mesma forma como executa-se o assentamento com argamassa convencional, com juntas horizontais de aproximadamente 2 cm e sem juntas verticais, uma vez que os blocos possuem encaixe macho fêmea. A Foto 5.5a mostra o processo de preparação do gesso-cola e a Foto 5.5b mostra o assentamento das fiadas com este produto funcionando como argamassa de assentamento.



(a)



(b)

Foto 5.5 – Alvenaria de Gesso Cola: (a) Preparo do gesso cola; (b) Assentamento da segunda fiada da alvenaria.

O aspecto final da alvenaria assentada com gesso-cola pode ser observado na Foto 5.6, onde se tem o encontro de duas alvenarias com amarração feita pelos próprios blocos .



Foto 5.6 – Encontro alvenarias de gesso com assentamento de gesso cola (GC).

#### 5.1.3.2 Alvenaria Argamassa Tradicional (AT)

Os blocos de gesso reciclado foram assentados com juntas horizontais de aproximadamente 2 cm, com a argamassa mista no traço 1: 2: 9 (cimento, cal e areia), em volume. As juntas verticais foram preenchidas quando o encaixe macho-fêmea não ficou totalmente vedado devido as imperfeições nos blocos. O cimento usado foi o Portland composto CP II F-32, de fabricação do cimento Cimpor, a cal hidratada CH III, de fabricação da Itaú e areia de granulometria média procedente de rio. A Foto 5.7 ilustra o assentamento da primeira fiada da alvenaria, enquanto a Foto 5.8 mostra o aspecto da alvenaria já com algumas fiadas assentadas.



Foto 5.7 – Assentamento da primeira fiada de argamassa tradicional (AT).





Foto 5.8 – Alvenaria assentada com argamassa tradicional (AT).

#### 5.1.3.3 Detalhes do Protótipo

O protótipo apresenta área interna de 1,85 m<sup>2</sup>, com uma porta de 60 x 210 cm e altura de pé-direito de 253 cm. A cobertura adotada foi telha de fibro-cimento 3,66 x 1,10 m de 6 mm de espessura, com inclinação de 14° e a forração foi forro de gesso. A escolha desses materiais aconteceu devido à grande empregabilidade destes na região de Goiás, em construções de população de baixa renda. A vista frontal do protótipo pode ser observada na Figura 5.5.

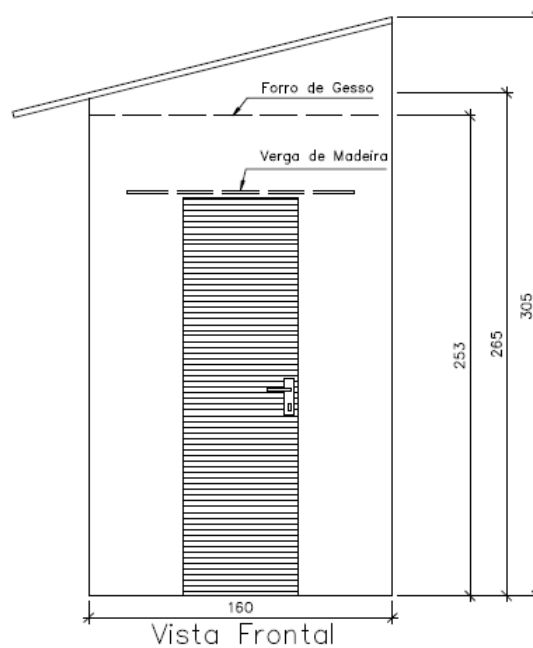


Figura 5.5 – Vista Frontal do protótipo de gesso reciclado.

A seguir são mostradas algumas etapas da construção do protótipo que merecem destaque.

Foi utilizado o tijolo maciço de 10x20x5 cm<sup>3</sup> de Carvalho (2005) para realização da inclinação da telha. Esta utilização buscou semelhança com a construção convencional que utiliza o tijolo comum (maciço) para este fim (Foto 5.9).



Foto 5.9 – Inclinação da alvenaria para recebimento da cobertura.

O assentamento do forro de gesso aconteceu da seguinte forma: execução de uma camada de revestimento de gesso corrido com gesso natural (GN) para regularização da superfície para assentamento da moldura de acabamento do forro. Em seguida marcou-se o alinhamento do roda teto (Foto 5.10a) e prosseguiu-se com a colocação das placas amarrando-as com arame de aço inoxidável às vigotas da cobertura (Foto 5.10b) e chumbamento das placas com estopa de sisal embebida em gesso (Foto 5.10c).



(a)



(b)



(c)

Foto 5.10 – Execução forro de gesso.

#### 5.1.3.4 Revestimento Externo - Protótipo

A alvenaria do lado externo foi preparada em toda extensão com chapisco forte para recebimento do reboco paulista. A Foto 5.11a mostra o protótipo chapiscado a espera da cobertura e em 5.11b o protótipo após colocação da telha.



Foto 5.11 – (a) Protótipo chapiscado sem cobertura. (b) Protótipo chapiscado com cobertura.

O reboco paulista externo foi executado de forma convencional, onde se chapa a massa, em seguida vem sarrafeando com a régua metálica (Foto 5.12a) e por último é feito o acabamento com auxílio da brocha para borrifar água e com a desempenadeira de madeira (Foto 5.12b).



Foto 5.12 – Execução do reboco externo (a) Sarrafeamento. (b) Acabamento.

O traço utilizado foi de cimento, cal e areia de 1:1:6 em toda parte externa do protótipo. A escolha desse traço aconteceu por este ser o traço comumente utilizado em rebocos externos em construção habitacionais (casas) e por buscar fazer a análise se um revestimento usual sem nenhum tipo de aditivo hidrofugante conseguiria proteger a alvenaria de gesso de sua sensibilidade à água.

## 5.2 ANÁLISES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO

### 5.2.1 ANÁLISES DA ALVENARIA

Buscando avaliar o desempenho das alvenarias foram realizadas as seguintes análises:

- Análise da Produtividade e do Custo das Argamassas de Assentamento (GC e AT);
- Análise da Resistência à Compressão do tijolo que constitui a alvenaria;
- Análise da Resistência à Compressão das Argamassas de Assentamento e Revestimento Externo.
- Análise da Resistência à Compressão das Alvenarias (GC e AT).

O Quadro 5.2 apresenta um quadro resumo das especificações dos materiais constituintes de cada alvenaria.

QUADRO 5.2 – Quadro Resumo das Especificações do Estudo 1.

ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO		PAREDES				
		A	B	C	D	
					D1	D2
Especificações Construtivas	<b>Tijolo</b>	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado
	<b>Argamassa de Assentamento</b>	GC Gesso Cola	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8	GC Gesso Cola	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8
	<b>Revestimento Externo</b>	Reboco traço 1:1:6	Reboco traço 1:1:6	Reboco traço 1:1:6	Reboco traço 1:1:6	Reboco traço 1:1:6

#### 5.2.1.1 Análise da Produtividade e do Custo das Argamassas de Assentamento (GC e AT)

Para análise da produtividade calculou-se o tempo utilizado para erguer 1 m<sup>2</sup> de alvenaria de gesso reciclado com gesso cola (GC) e com argamassa tradicional (AT).

Para análise do custo, calculou-se o custo por m<sup>2</sup> de alvenaria, conforme o tipo de argamassa de assentamento utilizado segundo a TCPO10 (Tabelas e Composições de Preços para Orçamentos).

### 5.2.1.2 Análise da Resistência à Compressão do Tijolo que constitui a alvenaria

O ensaio de resistência à compressão foi executado segundo a NBR 15270-3 (ABNT, 2005), utilizando capeamento com pasta de cimento dos dois lados e realizado aos 7, 14, 28, 45, 60 e 90 dias como realizado por Carvalho (2005). Para cada idade foram rompidas duas amostras. A prensa para o rompimento dos blocos foi do tipo hidráulica da marca Forney, indústria americana (Foto 5.13).



Foto 5.13 – Ensaio de resistência à compressão dos blocos de gesso

### 5.2.1.3 Análise da Resistência à Compressão das Argamassas de Assentamento e Revestimento Externo

O ensaio de resistência à compressão para os dois tipos de argamassas utilizados: argamassa de assentamento traço 1:2:8 e argamassa de revestimento traço 1:1:6 foi executado segundo a NBR 7215 (ABNT, 1996) para duas amostras para cada idade de 3, 7 e 28 dias, totalizando para cada tipo de argamassa 6 corpos-de-prova tamanho 5 x 10 cm (Foto 5.14).



Foto 5.14 – CP 5 x 10 cm para ensaio de resistência a compressão de argamassas.

#### 5.2.1.4 Análise da Resistência à Compressão das Alvenarias (GC e AT)

Para execução desse ensaio foram moldadas 4 alvenarias em tamanho reduzido, constituídas de 6 blocos de gesso cada, buscando simular as alvenarias existentes no protótipo de estudo. Para isso, foram construídas duas paredes em modelo reduzido com argamassa de assentamento constituída de Gesso Cola (GC) e duas paredes com argamassa de assentamento constituída de Argamassa Tradicional (AT) (Foto 5.15). Após uma semana, foram chapiscadas com chapisco forte e no dia seguinte rebocadas (Foto 5.16a) com argamassa mista de cimento e areia no traço 1:1:6, executada de acordo com item 4.2.1.1. A partir de então receberam as seguintes denominações: PGC1 (Parede Gesso Cola 1), PGC2 (Parede Gesso Cola 2), PAT1 (Parede Argamassa Tradicional 1) e PAT2 (Parede Argamassa Tradicional 2).



Foto 5.15 – Construção paredes em modelo reduzido.

A Foto 5.16b mostra uma vista lateral da alvenaria, onde observa-se a espessura de  $2,0 \pm 0,5$  cm do revestimento (reboco externo).



(a)



(b)

Foto 5.16 – (a) Parede com revestimento. (b) Vista lateral.

O ensaio a compressão dos protótipos reduzidos das alvenarias foi realizado aos 28 dias de execução das paredes. Assim como os blocos, as paredes necessitaram ser capeadas dos dois lados com pasta de cimento para regularização. A prensa utilizada no ensaio foi a mesma utilizada no ensaio de compressão dos blocos.

Este ensaio não possui uma norma brasileira que o regulamente e foi realizado por meio de uma adaptação a norma de ensaio de blocos utilizada no item 5.2.1.2, NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

## 5.2.2 ANÁLISES REVESTIMENTO EXTERNO

Para avaliar o desempenho do revestimento externo foram realizadas as seguintes análises:

- Analisar a Resistência de Aderência à Tração;
- Analisar a Permeabilidade/Absorção de água pelo Método do Cachimbo.

### 5.2.2.1 Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 1995), aos 28 de idade das alvenarias. Foram ensaiados 12 (doze) corpos-de-prova de resistência de aderência na parede A representando a alvenaria de gesso cola (GC) e 12 (doze) corpos-de-prova na



parede C representando a alvenaria de argamassa tradicional (AT), espaçados entre si com uma distância mínima de 5 cm (Quadro 5.3).

QUADRO 5.3 – Quadro representativo das amostras do ensaio de aderência.

ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO	PAREDES				
	A	B	C	D	
				D1	D2
Ensaio de Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo	Retirada de 12 CPs	—	Retirada de 12 CPs	—	—

A preparação das amostras foi realizada obedecendo as seguintes etapas:

- Marcação aleatória dos locais a serem ensaiados;
- Corte do revestimento com “serra-copo” com auxílio do gabarito (Foto 5.17a), até a altura do substrato (Foto 5.17b);
- Colagem das pastilhas metálicas com massa plástica da marca Anjo, conforme ilustrado na Foto 5.17c.



(a)



(b)



(c)

Foto 5.17 – (a) Gabarito para corte com “serra-copo”. (b) Revestimento após corte a espera da colagem da pastilha. (c) Colagem da Pastilha.

Para a execução do ensaio foi empregado o equipamento 3105 da Alfa Instrumentos, que possui um processo de aplicação de carga através de um volante roscado, e apresenta um dispositivo de leitura digital com registro de carga de pico, na qual foram feitas as leituras, com capacidade de aplicação de carga de 1000 kg e precisão de 0,5 kg. Este procedimento é ilustrado pela Foto 5.18.



Foto 5.18 – Execução do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração.

#### 5.2.2.2 Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Externo

O método do cachimbo tem origem francesa e foi utilizado pela primeira vez no Brasil em revestimentos de argamassa sem pintura por Selmo (1989), a partir dos estudos de Polisseni (1985). Na Foto 5.19 consta a ilustração do equipamento básico empregado.



Foto 5.19 – Ensaio de absorção pelo método do cachimbo.

Nesta pesquisa, utilizou-se o método do cachimbo, proposto pelo CSTC – Centre Scientifique ET Technique de La Construction da Bélgica. Segundo Cincotto et al. (1995), este método avalia a permeabilidade de superfícies verticais através da absorção de água sob

pressão inicial de 92 mm de coluna de água, o que corresponde à acção estática de um vento com velocidade de 140 km/h.

O teste foi realizado com 2 cachimbos, em uma única face do revestimento de cada alvenaria (GC e AT), com idade de 28 dias (Quadro 5.4). Os cachimbos foram fixados nos revestimentos com o auxílio de massa para calafetar. Em seguida, enchidos com água até a marca de 4 ml e as medidas realizadas a cada minuto de acordo com o que a água ia infiltrando, até 15 minutos.

QUADRO 5.4 – Quadro representativo das amostras do ensaio de permeabilidade.

ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO	PAREDES				
	A	B	C	D	
				D1	D2
Ensaio de Permeabilidade Método do Cachimbo	Instalação de 02 cachimbos	—	Instalação de 02 cachimbos	—	—

### 5.3 AVALIAÇÃO AMBIENTAL TÉRMICA E ACÚSTICA DO PROTÓTIPO

O conceito de conforto ambiental está ligado à questão básica de se proporcionar aos assentamentos humanos condições necessárias de habitabilidade, utilizando-se racionalmente os recursos disponíveis. Trata-se de fazer com que o produto arquitetônico corresponda - conceitual e fisicamente - às necessidades e condicionantes do meio ambiente natural.

Dessa forma, buscando complementar a análise desse tipo de alvenaria alternativa de gesso reciclado, realizou-se dentro do protótipo medições de temperatura com a utilização do termômetro de globo e as medições de ruído com auxílio de um decibelímetro.

Para a avaliação do conforto térmico, utilizou-se o índice IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo). O procedimento foi o seguinte: medição externa com o aparelho medidor de stresse térmico TGO 200 (Foto 5.20a) e ao mesmo tempo, medição interna com o aparelho medidor de stresse térmico TGO 300 (Foto 5.20b). Foram realizadas 4 medições para cada situação (externo e interno), com intervalo de 5 min entre uma medição e outra. O resultado foi obtido pela média.

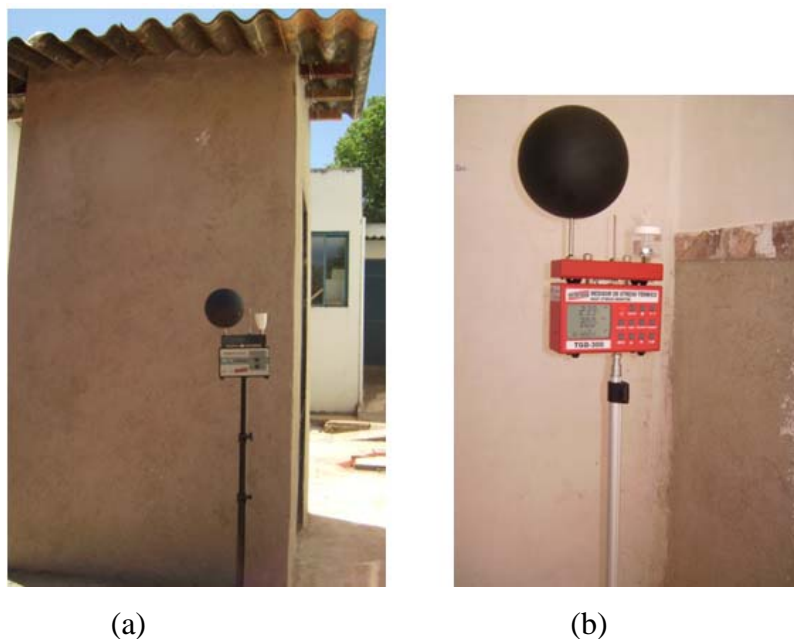


Foto 5.20 – Avaliação do conforto térmico do protótipo: (a) medição externa. (b) medição interna.

Para efeito de comparação, no mesmo período em que foram realizadas medições no protótipo de gesso reciclado, foram realizadas medições em um outro protótipo de alvenaria de solo cimento construído no mesmo local (pátio da Escola de Engenharia Civil da UFG). Esse protótipo de solo cimento, contudo, possui tamanho real, janelas e ainda um forro de isopor sob a telha, buscando amenizar a temperatura interna.

O conjunto necessário para medir as variáveis de interesse é composto por um tripé contendo um termômetro de globo (tg), com escala de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$  e resolução de  $0,2^{\circ}\text{C}$ ; um termômetro de bulbo seco (tbs) e um termômetro de bulbo úmido natural (tbn), ambos com escala de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}$  e resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Este índice relaciona a carga térmica e o esforço físico a que está sujeito o indivíduo. É obtido por meio das Equações 5.1 e 5.2 anexo nº 3 da NR 15 (MTE, 1978).

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad (\text{Ambientes internos ou externos sem carga solar}) \quad (5.1)$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad (\text{Ambientes externos com carga solar}) \quad (5.2)$$

Para a avaliação do conforto acústico, as medições foram realizadas com decibélímetro digital da marca Instrutherm, semelhante ao da Figura 5.6. O procedimento de

medição do nível de pressão sonora dB(A), foi medição externa e em seguida medição interna, de ruído contínuo produzido por som automotivo durante um período de uma hora.



Figura 5.6 – Decibelímetro Digital modelo DEC- 460 (INSTRUTHERM, 2008).

#### 5.4 ANÁLISES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO

Para facilitar o entendimento das análises dos revestimentos, tem-se no Quadro 5.5 um quadro resumo das especificações de cada uma das paredes. A Figura 5.4, mostrada no item 5.1.3, traz a indicação de onde se localiza cada parede dentro do protótipo.

QUADRO 5.5 – Quadro Resumo das Especificações do Estudo 2.

ESTUDO 2 REVESTIMENTO INTERNO		PAREDES				
		A	B	C	D	
					D1	D2
Especificações Construtivas	Tijolo	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado	Bloco de Gesso Reciclado
	Argamassa de Assentamento	GC Gesso Cola	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8	GC Gesso Cola	AT Argamassa Tradicional Traço 1:2:8
	Revestimento Interno	10% RU	10% RU	50% RS	GN	GN
		25% RU	25% RU			
50% RS	Reboco Interno Traço 1:2:9	100% RS				
100% RS	50% RS Substrato Regularizado					

A Parede A é de alvenaria de gesso reciclado com assentamento de Gesso Cola (GC). Internamente está dividida em 4 painéis, com os seguintes revestimentos para estudo: 10% Reciclado Úmido (RU), 25% Reciclado Úmido (RU), 50% Reciclado Seco (RS) e 100% Reciclado Seco (RS) ( Figura 5.7).

A Parede B é de alvenaria de gesso reciclado com assentamento de Argamassa Tradicional (AT). Internamente seu revestimento está dividido também em 4 painéis, contudo, a divisão deles é a seguinte: 10% Reciclado Úmido (RU), 25% Reciclado Úmido (RU), Reboco Interno Traço 1:2:9 e 50% Reciclado Seco (RS) com substrato regularizado (Figura 5.8).

A Parede C é também de alvenaria de gesso reciclado com assentamento de Argamassa Tradicional (AT). Internamente está dividida em apenas 2 painéis, um com 50% Reciclado Seco (RS) e o outro 100% Reciclado Seco (RS) (Figura 5.9).

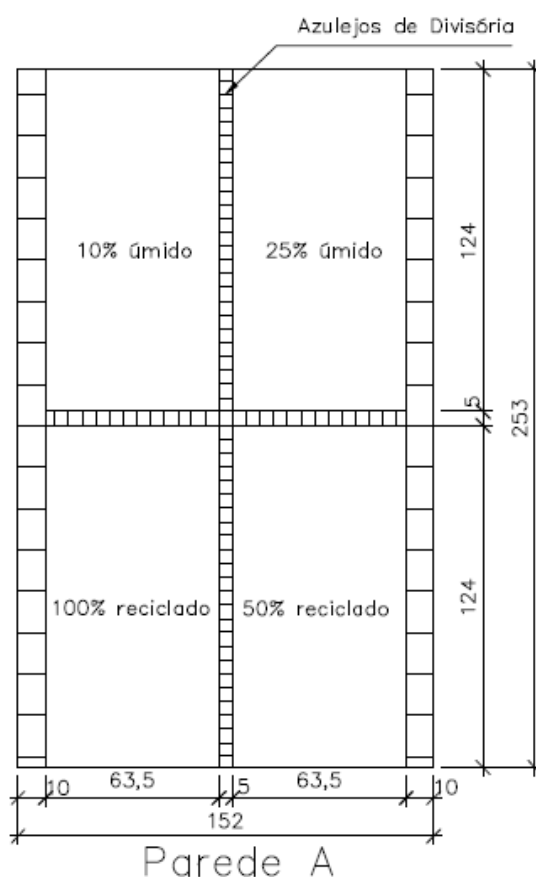


Figura 5.7 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede A.

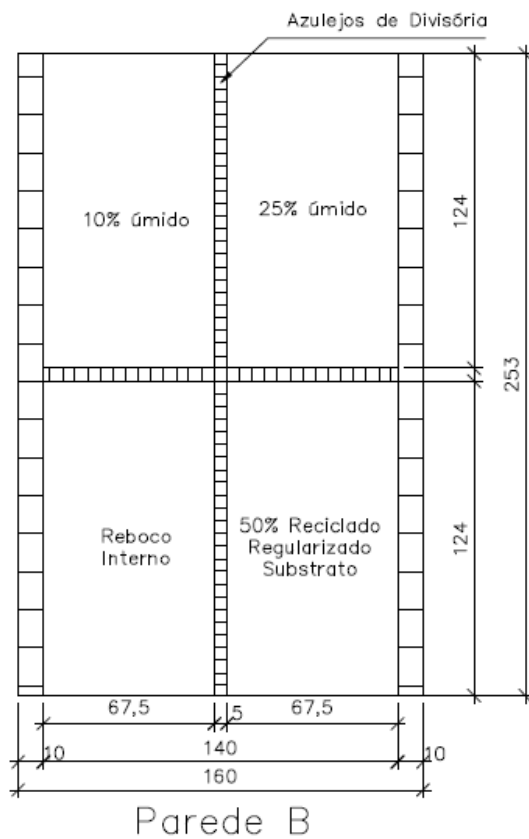


Figura 5.8 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede B.

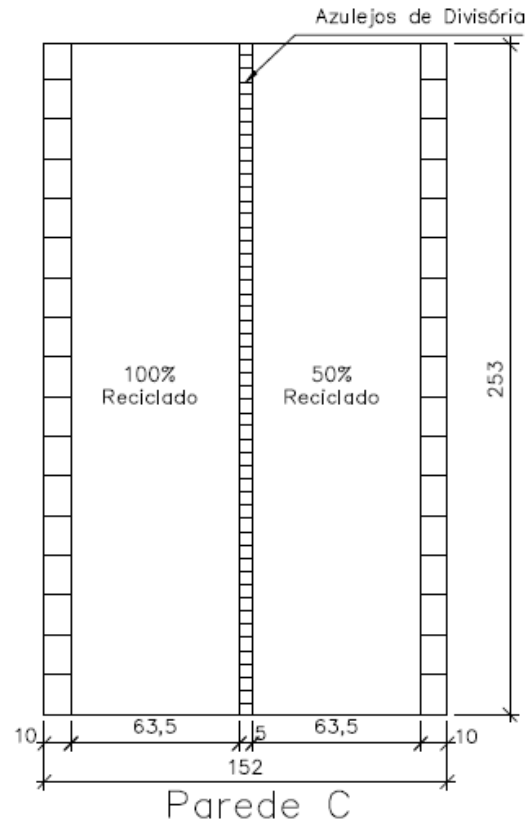


Figura 5.9 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede C.

A Parede D é a parede de referência, ou seja, onde o revestimento foi executado com gesso natural (GN). Para tanto, foi dividida em duas partes de acordo com sua alvenaria. A parte da esquerda da porta, constituída de alvenaria de gesso reciclado com assentamento de Gesso Cola (GC) recebeu denominação de D1 e a parte da direita da porta, com assentamento de Argamassa Tradicional (AT) recebeu nome de D2. A Figura 5.10 ilustra a situação.

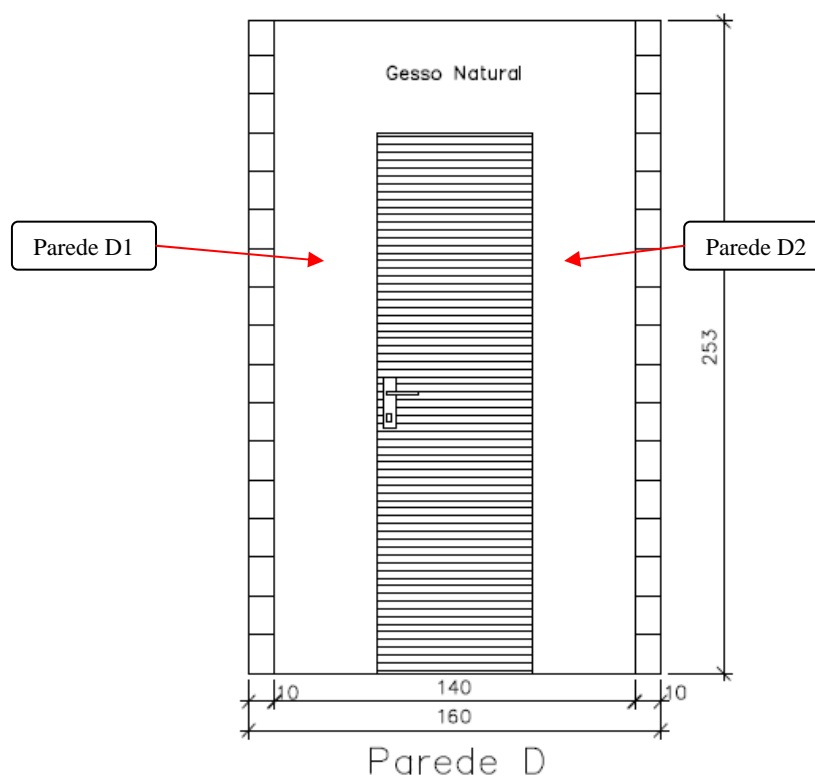


Figura 5.10 – Esquema: Revestimentos de estudo Parede D.

O processo de execução dos revestimentos de gesso foi o seguinte: preparação da pasta de gesso pura (parede de referência D) ou com a porcentagem de substituição empregada do gesso reciclado seco (RS) ou úmido (RU) para as demais paredes e em seguida aplicação no substrato. A preparação foi realizada segundo Antunes (1999), onde tem-se a *dissolução do gesso* que consiste no polvilhamento do pó sob a água de forma a preenchê-la totalmente e em quantidade suficiente para que toda, ou quase toda água seja absorvida pelo pó (Foto 5.21a e 5.21b) e *a espera* que corresponde a um período de 15 a 20 minutos, necessário para a pasta adquirir a consistência mínima necessária para aplicação (início da pega) (Foto 5.21c).

Com a pasta na consistência adequada iniciou-se a *aplicação* que corresponde ao início do tempo útil, isto é, tempo hábil para utilização da pasta que alcançou as consistências adequadas (saturação da solução e início da precipitação dos cristais de gipsita) (Foto 5.22a e 5.22b).



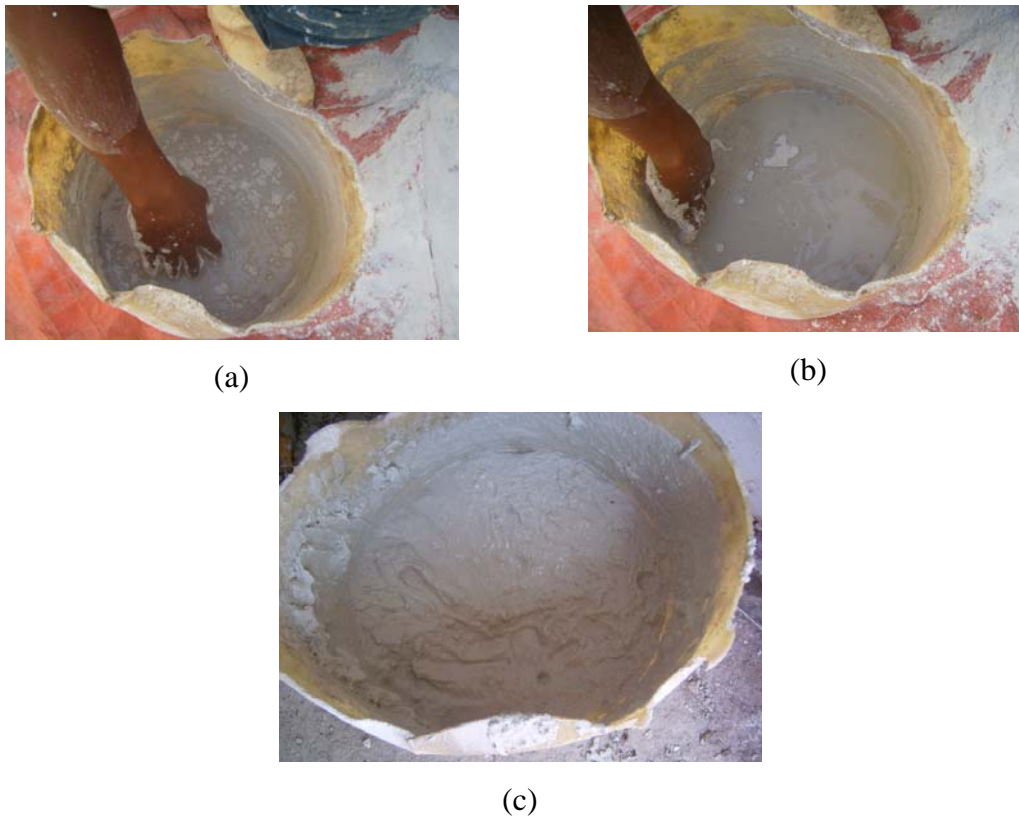


Foto 5.21 – Preparação da Pasta de Gesso 100% RS para aplicação.



Foto 5.22 – Execução revestimento interno 100% RS na alvenaria de gesso cola.

De acordo com cada tipo de substituição, obteve-se um tempo útil de utilização da pasta diferente. O item 6.2.1 dos resultados descreve esses tempos. Após esse período houve a “morte do gesso”, ou seja, perda do material, uma vez que este não serviu mais para aplicação (Foto 5.23).



Foto 5.23 – Perda do material na masseira gesso 100% RS fim do tempo útil.

#### 5.4.1 Análise quanto à Trabalhabilidade e a Fissuração

A análise quanto à trabalhabilidade aconteceu no decorrer da aplicação dos revestimentos analisando as diferentes proporções de substituição de gesso reciclado, seco e úmido.

A análise quanto à fissuração começou a ser realizada logo após a aplicação do revestimento interno, uma vez que o gesso possui secagem rápida. O procedimento utilizado para esta análise foi a observação visual e posterior análise tátil das fissuras, durante o período de 28 dias.

#### 5.4.2 Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Interno

Esta análise aconteceu aos 28 dias e seguiu o mesmo procedimento relatado no item 5.2.2.1. É importante destacar, que este ensaio foi adaptado para os revestimentos de gesso, uma vez que segundo a NBR 13528 (ABNT, 1995) é destinado a análise de argamassas inorgânicas.

Em cada painel, de cada parede, foram ensaiados seis corpos-de-prova, devido ao pequeno tamanho do painel e a ser o mínimo exigido pela norma (Quadro 5.6). Em alguns casos foi necessário fazer o corte de mais furos devido a quebra na lateral do corte, antes da colagem da pastilha, devido à pequena espessura do revestimento de gesso, que é de 5 mm (Foto 5.24).

QUADRO 5.6 – Quadro representativo das amostras do ensaio de aderência.

Paredes		Painéis	Amostragem
<b>A</b>		10% RU	Retirada de 6 CPs
		25% RU	Retirada de 6 CPs
		50% RS	Retirada de 6 CPs
		100% RS	Retirada de 6 CPs
<b>B</b>		10% RU	Retirada de 6 CPs
		25% RU	Retirada de 6 CPs
		Reboco Interno Traço 1:2:9	Retirada de 6 CPs
		50% RS Substrato Regularizado	Retirada de 6 CPs
<b>C</b>		50% RS	Retirada de 6 CPs
		100% RS	Retirada de 6 CPs
<b>D</b>	<b>D1</b>	GN	Retirada de 6 CPs
	<b>D2</b>	GN	Retirada de 6 CPs

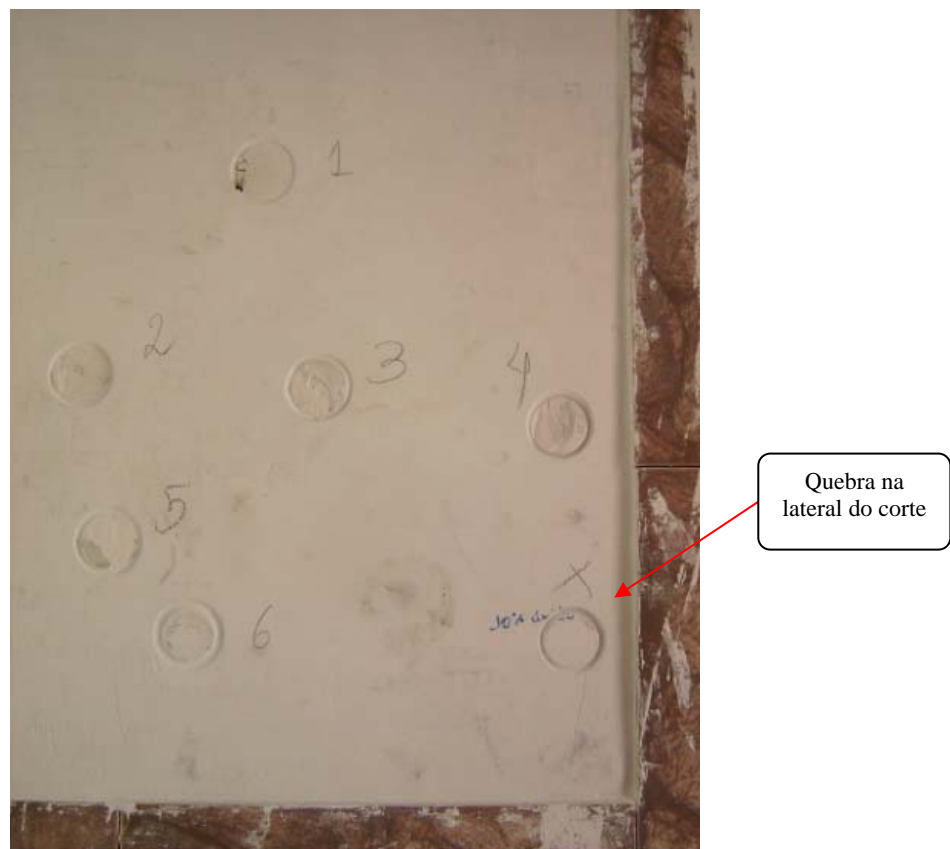


Foto 5.24 – Parede de gesso após ensaio de resistência de aderência à tração e corte não utilizado, por ter quebrado a lateral antes da colagem da pastilha.

### 5.4.3 Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Interno

Este ensaio também foi adaptado para os revestimentos de gesso, pois como já explicado anteriormente foi utilizado primeiramente no Brasil por Selmo (1989) para revestimentos de argamassa sem pintura.

Esta análise aconteceu aos 28 dias e em cada painel, de cada parede, foram instalados 2 cachimbos (Quadro 5.7) e o procedimento de ensaio foi o mesmo descrito no item 5.2.2.2.

A Foto 5.25 ilustra a realização desse ensaio, onde em (a) se observa o cachimbo, e o menisco de água decrescendo com o tempo e em (b) a parede logo após a realização do ensaio.

QUADRO 5.7 – Quadro representativo das amostras de permeabilidade.

Paredes		Painéis	Amostragem
<b>A</b>		10% RU	Instalação de 02 cachimbos
		25% RU	Instalação de 02 cachimbos
		50% RS	Instalação de 02 cachimbos
		100% RS	Instalação de 02 cachimbos
<b>B</b>		10% RU	Instalação de 02 cachimbos
		25% RU	Instalação de 02 cachimbos
		Reboco Interno Traço 1:2:9	Instalação de 02 cachimbos
		50% RS Substrato Regularizado	Instalação de 02 cachimbos
<b>C</b>		50% RS	Instalação de 02 cachimbos
		100% RS	Instalação de 02 cachimbos
<b>D</b>	<b>D1</b>	GN	Instalação de 02 cachimbos
	<b>D2</b>	GN	Instalação de 02 cachimbos

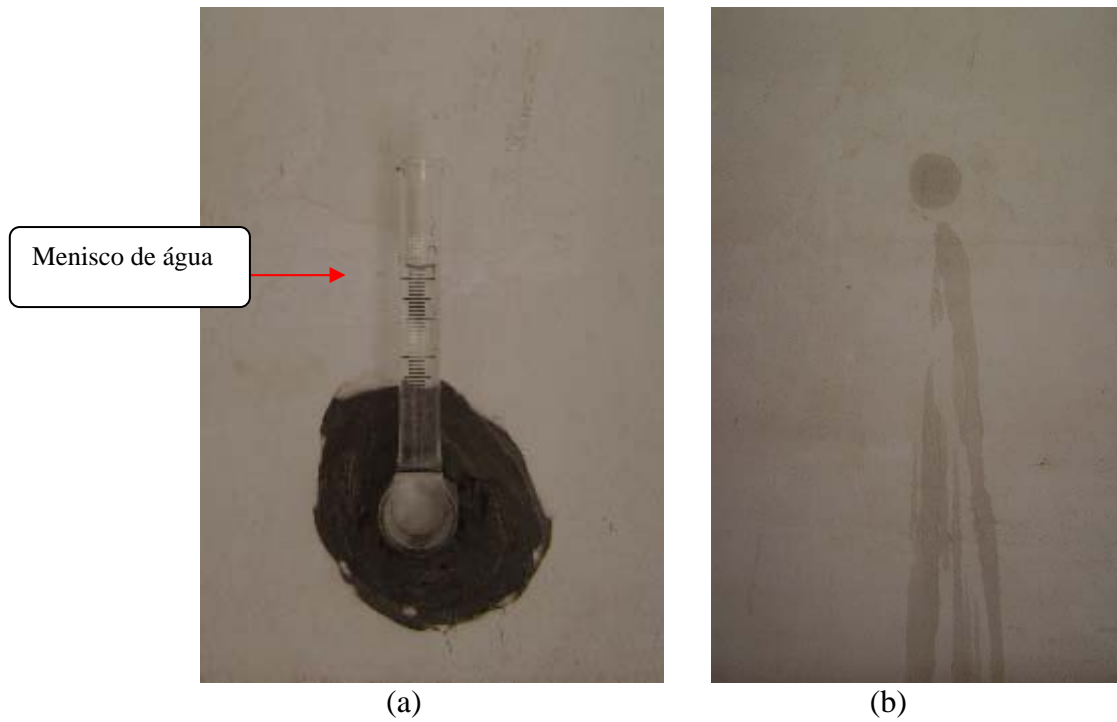


Foto 5.25 – Ensaio Método do Cachimbo parede de gesso: (a) Cachimbo cheio de água; (b) Parede após o ensaio.

## **CAPÍTULO 6**

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com a metodologia científica apresentada no Capítulo 5 desta dissertação, acompanhados de suas respectivas análises e discussões.

Primeiramente, são apresentados os resultados do Estudo 1 – Alvenaria e Revestimento Externo e logo depois são mostrados os resultados do Estudo 2 – Revestimento Interno.

#### **6.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO**

##### **6.1.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ANÁLISE DA ALVENARIA**

###### **6.1.1.1 Resultados e Discussões da Análise da Produtividade e do Custo das Argamassas de Assentamento (GC e AT)**

O tempo necessário para erguer 1m<sup>2</sup> de alvenaria com assentamento de gesso cola, foi de 1 hora (60 minutos), enquanto com argamassa tradicional foi de 45 minutos. A diferença apresentada aparentemente não é significativa, apenas 15 min. Mas no decorrer do dia, considerando 8 horas trabalhadas, representa uma produtividade maior de 2,66 m<sup>2</sup> de alvenaria feita com argamassa tradicional (AT).

A Tabela 6.1 mostra a composição do custo para argamassa tradicional. Esta composição foi uma adaptação da Composição nº 040139 da TCPO10, referente a Alvenaria de Elevação com blocos cerâmicos furados, dimensão 9 x 19 x 33 cm, assentados com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia média ou grossa sem peneirar no traço 1:2:8, com espessura de junta 12mm. Os ajustes dos quantitativos aconteceram por meio de regra de três simples, proporcionalmente a quantidade de tijolos utilizada para execução de 1m<sup>2</sup>, que na composição original foi de 15 blocos e para alvenaria de gesso reciclado, devido ao bloco ser de 10 x 15 x 33, serem necessários 20 blocos.

É importante destacar que os preços unitários foram obtidos por meio de cotação, coletados no mês de agosto de 2008, na cidade de Goiânia – GO, em que o CUB (Custo Unitário Básico) referente à residência unifamiliar (R1) era de R\$ 685,77 e o de Projeto de Interesse Social (PIS) era de R\$ 450,69.

TABELA 6.1 – Custo do m<sup>2</sup> da Alvenaria de Gesso Reciclado com Argamassa Tradicional (AT).

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Qtde</b>	<b>Preço unitário*</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>
Cimento	kg	2,26	0,36	0,81
Cal Hidratada	kg	2,26	0,40	0,90
Areia Média	m <sup>3</sup>	0,0136	0,75	0,01
Bloco de Gesso	uni	20	-	0,00
Pedreiro	h	0,76	5,00	3,80
Servente	h	0,86	3,12	2,68
<b>Total</b>				<b>8,21</b>

\* Preços Coletados na cidade de Goiânia em 01.08.08 (US\$ de referência =R\$ 1,5593. Fonte: BC (2008)).

O custo do metro quadrado executado com assentamento de gesso-cola, pode ser observado na Tabela 6.2. Vale ressaltar que o consumo de gesso cola é em média 400 g por m de moldura assentada, de acordo com dados do fabricante de gesso cola. Dessa forma, considerando que em 1m<sup>2</sup>, se assenta 6 fiadas de tijolo, com 1 metro de comprimento cada fiada, temos um consumo de 2,4 kg de gesso cola.

TABELA 6.2 – Custo do m<sup>2</sup> de Alvenaria de Gesso Reciclado com Gesso Cola (GC).

<b>Materiais</b>	<b>Unidade</b>	<b>Qtde</b>	<b>Preço unitário*</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>
Gesso Cola	kg	2,4	1,15	2,76
Bloco de Gesso	un	20	-	0,00
Pedreiro	h	0,76	5,00	3,80
Servente	h	0,86	3,12	2,68
<b>Total</b>				<b>9,24</b>

\* Preços Coletados na cidade de Goiânia em 01.08.08 (US\$ de referência =R\$ 1,5593. Fonte: BC (2008)).

Através da análise de custo, observa-se que o assentamento com argamassa tradicional é mais econômico, apresentando uma diferença de R\$ 1,03 por metro quadrado. Em se tratando de material destinado a habitação popular o valor apesar de pequeno por metro quadrado é significativo.

Destaca-se nessa composição de custo o fato da não contabilização do preço do Bloco de Gesso Reciclado, uma vez que é proveniente do processo de reaproveitamento de resíduos de gesso dessa forma possuindo valor desprezível. Porém, numa produção industrial esse bloco assumiria um valor uma vez que o resíduo sólido teria um custo de processamento, além das despesas com transporte até o local de distribuição/contrução.

### 6.1.1.2 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à Compressão do tijolo que constitui a alvenaria

A adoção do ensaio de compressão como parâmetro para avaliação da empregabilidade é baseada em dois motivos:

- o fato da resistência ser uma das principais características que deve possuir o bloco de vedação;
- através deste ensaio pode-se avaliar a capacidade de absorção de energia e os percentuais de deformação, logo podendo se prever também a existência de deterioração parcial ou total no bloco, bem como discrepâncias de leitura.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão podem ser observados na Tabela 6.3. Analisando os resultados obtidos, observa-se que apenas um dos blocos ensaiados (Amostra 13) não obteve a resistência mínima necessária por norma ao bloco de vedação sem função estrutural que é de 1,5 MPa de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005). Este resultado pode ser devido ao fato do tijolo com 7 dias não ter secado completamente. Os demais tijolos atenderam os valores mínimos aceitáveis para o emprego a que se destinam que é vedação de paredes em construção de casa popular.

TABELA 6.3 – Resultados do Ensaio de Compressão nos Blocos de Gesso.

Amostra	Idade (dias)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência (MPa)	Média Resistência (MPa)
13	7	328	101	33128	39600	1,20	1,43
14	7	326	101	32926	54800	1,66	
15	14	325	100	32500	78600	2,42	2,37
16	14	327	100	32700	76191	2,33	
40	28	323	102	32946	82365	2,50	2,53
41	28	328	102	33456	85700	2,56	
2B	45	328	100	32800	84952	2,59	2,60
3B	45	325	102	33150	86853	2,62	
8	60	328	101	33128	86900	2,62	2,64
9	60	325	100	32500	86775	2,67	
6	90	329	100	32900	92400	2,81	3,44
7	90	335	101	33835	137600	4,07	

É importante ressaltar que a partir dos 28 dias, a resistência superou o valor de resistência destinada a blocos de concreto que é de 2,5 MPa, como pode ser observado no gráfico (Figura 6.1). O ganho de resistência com o aumento da idade pode ser explicado, segundo Carvalho (2005), como efeito de secagem natural, uma vez que a hidratação do gesso



ocorre nas primeiras horas, não sendo então o aumento da hidratação a justificativa para que a resistência cresça com a idade. Os blocos foram secos a céu aberto, o que favoreceu o processo de secagem, ainda mais o fato de a época do ano em que foram moldados corresponder a um período de baixa umidade do ar na região de Goiânia (mês de junho).

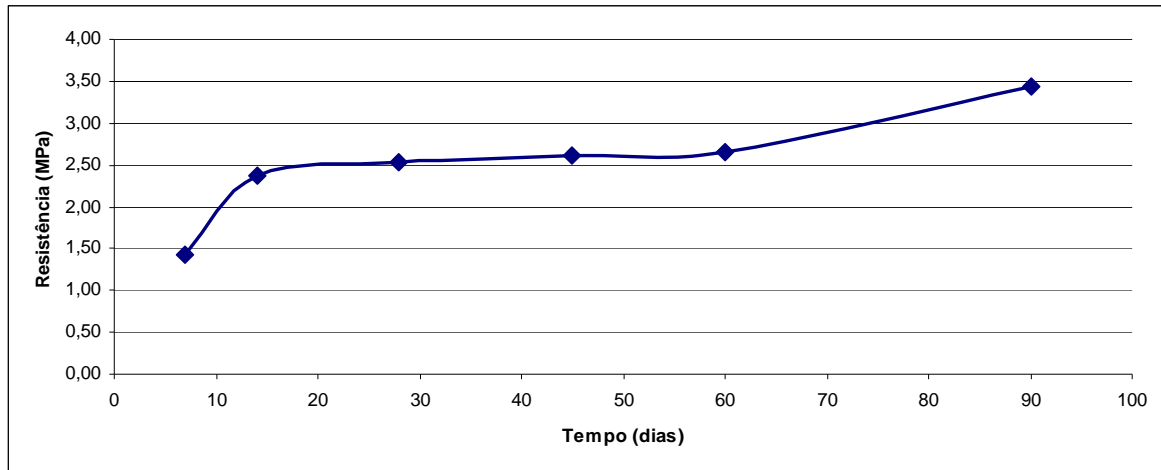


Figura 6.1 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples dos Blocos de Gesso.

#### 6.1.1.3 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à compressão das Argamassas de Assentamento e Revestimento Externo

Os resultados do ensaio de Resistência a Compressão Simples da argamassa de Assentamento pode ser verificado na Tabela 6.4.

TABELA 6.4 – Resultados Ensaio de Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Assentamento.

Tempo (Dias)	Resistência (MPa) Argamassa de Assentamento Traço 1:2:8		
	Amostra 1	Amostra 2	Média
3	0,76	0,76	0,76
7	1,02	0,92	0,97
28	1,27	1,32	1,30

Observa-se que com o passar do tempo houve ganho de resistência como pode ser observado no gráfico da Figura 6.2. Este ganho de resistência já era esperado, uma vez que com o passar dos dias, vão ocorrendo as reações químicas do cimento e formando compostos mais resistentes, como o  $C_2S$  (silicato dicálcio) (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

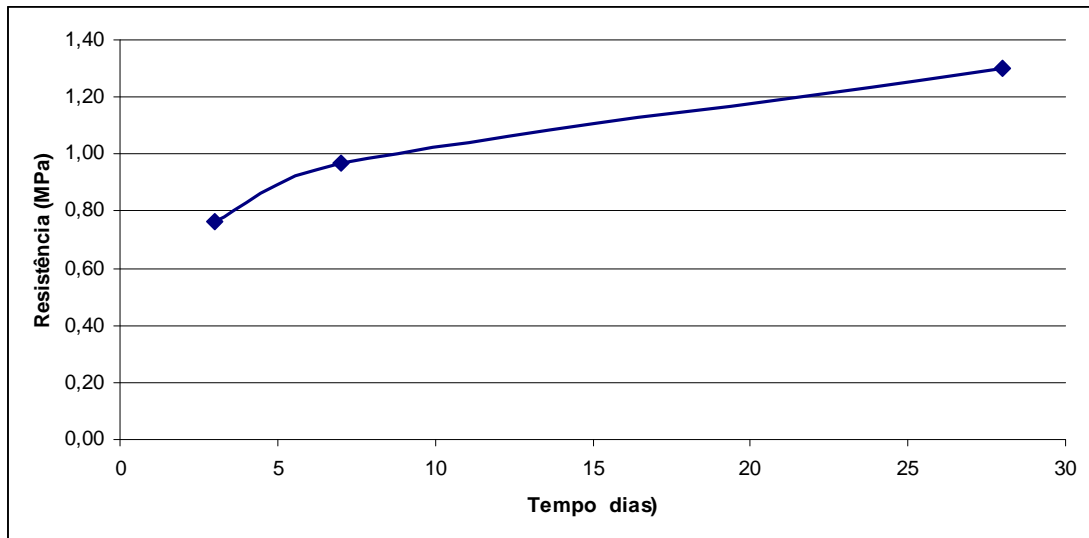


Figura 6.2 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Assentamento.

A Tabela 6.5 mostra os resultados do ensaio de Resistência à Compressão Simples da argamassa de Revestimento Externo e a Figura 6.3 ilustra a curva do gráfico onde também é verificado o ganho de resistência com o aumento dos dias.

TABELA 6.5 – Resultados Ensaio de Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Revestimento Externo.

Tempo (Dias)	Resistência (MPa) Argamassa de Revestimento Traço 1:1:6		
	Amostra 1	Amostra 2	Média
3	2,14	2,14	2,14
7	2,44	2,50	2,47
28	4,53	4,52	4,53

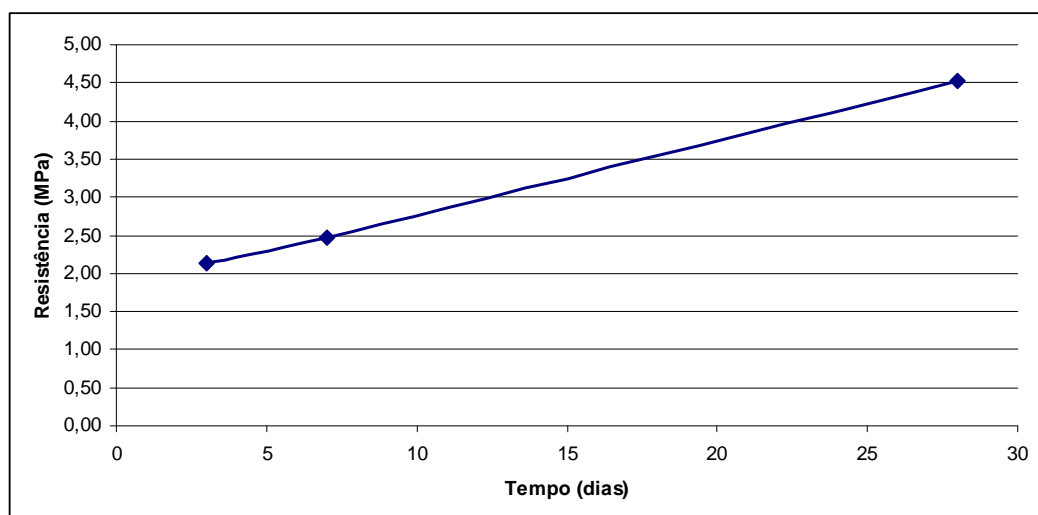


Figura 6.3 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples da Argamassa de Revestimento Externo.

É importante destacar no gráfico da Figura 6.3 a alta resistência inicial alcançada logo nos 3 primeiros dias. Esta resistência, segundo Mehta e Monteiro (1994) é dada pelo  $C_3S$  (silicato tricálcio) e pelo grau de moagem do clínquer. Destaca-se também que ao final dos 28 dias a resistência inicial aumentou 111%.

#### 6.1.1.4 Resultados e Discussões da Análise da Resistência à Compressão das Alvenarias (GC e AT)

A Tabela 6.6 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão nos protótipos de tamanho reduzido das alvenarias. Observa-se que apenas os valores do protótipo construído com argamassa gesso cola (GC) alcançaram valores de resistência superiores a 1,5 MPa que é o valor de referência para blocos de vedação sem função estrutural segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005). É importante destacar que estes valores são para o bloco e não para o elemento protótipo reduzido (prisma de alvenaria).

TABELA 6.6 – Resultados do Ensaio de Resistência à Compressão Simples das Alvenarias.

Amostra	Idade (dias)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (N)	Resistência (MPa)
PGC1	28	650	115	74750	115000	1,54
PGC2	28	665	115	76475	127000	1,66
PAT1	28	660	115	75900	95000	1,25
PAT2	28	670	115	77050	80000	1,04

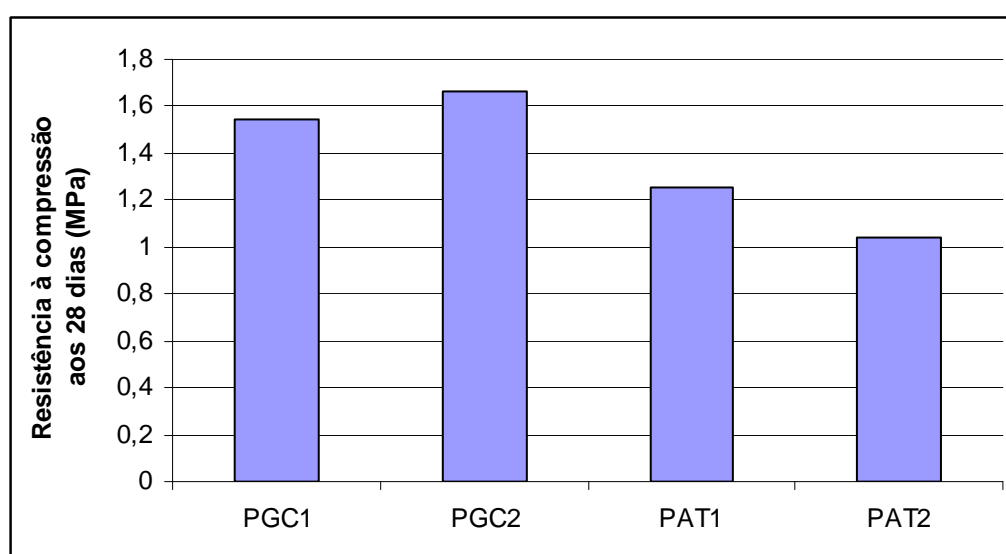


Figura 6.4 – Gráfico da Resistência à Compressão Simples das Alvenarias (GC e AT)

Os valores inferiores a 1,5 MPa encontrados para as alvenarias de argamassa Tradicional, demonstram assim como também verificado no ensaio de resistência de aderência a tração, que a argamassa de cimento, cal e areia não tem uma boa aderência ao gesso. Dessa forma a alvenaria de blocos de gesso reciclado com este tipo de argamassa de assentamento não forma um bloco rijo, como a constituída com gesso cola, portanto rompendo-se a uma carga baixa (Figura 6.4).

É importante destacar que os resultados encontrados para a alvenaria de argamassa tradicional (AT), não impedem sua utilização, uma vez que se tratam de peças estruturais destinadas a fechamento e que não existe um norma técnica brasileira restringindo valores para este fim.

## 6.1.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ANÁLISE DO REVESTIMENTO EXTERNO

### 6.1.2.1 Resultados e Discussões da Análise da Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo

Os resultados de resistência de aderência à tração do ensaio executado na Parede C – Alvenaria de Gesso Reciclado com assentamento de Argamassa Tradicional (AT) podem ser observados na Tabela 6.7, onde nenhum dos CPs atingiu o limite estabelecido pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996) que é  $\geq 0,30$  MPa, para revestimentos externos de camada única para pintura ou base para reboco.

TABELA 6.7 – Ensaio de Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo – Parede C (oeste).

CP	Carga (N)	Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Observação
				Bloco	Arg. / Chap.	Chap/Subst.	Argamassa	Cola	
1	120	1963,5	0,06		x				Junta Vertical
2	305	1963,5	0,16				x		
3	260	1963,5	0,13		x				Junta Vertical
4	295	1963,5	0,15			x			Junta Vertical
5	220	1963,5	0,11			x			
6	130	1963,5	0,07		x				
7	410	1963,5	0,21		x				
8	255	1963,5	0,13				x		
9	335	1963,5	0,17		x				
10	257	1963,5	0,13			x			
11	302	1963,5	0,15		x	x			
12	271	1963,5	0,14						

A Tabela 6.8 expressa os resultados de resistência de aderência à tração do ensaio executado na Parede A – Alvenaria de Gesso Reciclado com assentamento de Gesso Cola (GC). Analisando esses resultados observa-se que das 12 amostras ensaiadas, apenas 3 satisfizeram as condições mínimas estabelecidas por norma.

Através desse ensaio, observa-se que a argamassa de cimento mista não tem uma boa aderência em substratos de gesso. Observa-se ainda que a grande maioria dos CPs romperam-se na interface chapisco/substrato, mostrando que a ponte de aderência encontrava-se nesse elemento.

TABELA 6.8 – Ensaio de Resistência de Aderência à Tração do Revestimento Externo – Parede A (leste).

CP	Carga (N)	Seção (mm)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					Observação
				Bloco	Arg. / Chap.	Chap/Subst.	Argamassa	Cola	
1	295	1963,5	0,15				x		
2	135	1963,5	0,07			x			
3	150	1963,5	0,08				x		
4	120	1963,5	0,06			x			
5	160	1963,5	0,08			x			
6	455	1963,5	0,23			x			
7	215	1963,5	0,11			x			
8	475	1963,5	0,24			x			
9	950	1963,5	0,48			x			
10	950	1963,5	0,48			x			
11	650	1963,5	0,33			x			
12	50	1963,5	0,03			x			

#### 6.1.2.2 Resultados e Discussões da Análise da Permeabilidade/Absorção de Água pelo Método do Cachimbo do Revestimento Externo

A Tabela 6.9 mostra os valores médios dos 2 ensaios de Método do Cachimbo realizados nos revestimentos externos, nos dois tipos de alvenaria utilizado: gesso cola (GC) e argamassa tradicional (AT).

Observa-se uma maior absorção na alvenaria de gesso cola (GC), onde com apenas 5 minutos de ensaio, os 4 ml de água do cachimbo foi absorvido. Esse resultado pode ser explicado devido a esta parede ser praticamente de gesso, uma vez que o gesso cola, nada mais é que gesso e elementos ligantes inertes e como é de conhecimento, o gesso é um material que não possui resistência à umidade. Carvalho (2005) em seu estudo, afirma que com o passar do tempo, os tijolos de gesso perdem água, diminuindo a densidade e aumentando a porosidade.

A alvenaria de argamassa tradicional (AT) mostrou-se interessante. Uma vez que nessa situação a absorção foi consideravelmente reduzida, isso para uma argamassa normal, comumente usada em construções, de traço 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume), sem nenhum tipo de aditivo hidrofugante.

TABELA 6.9 – Resultados Médios do Ensaio de Permeabilidade - Método do Cachimbo.

Tempo (min)	Valores médios Absorção (ml)	
	Parede A (GC) externo	Parede C (AT) externo
1	1,1	0,6
2	1,7	1
3	2,4	1,3
4	2,9	1,6
5	4,0	1,8
6	-	2,1
7	-	2,3
8	-	2,5
9	-	2,7
10	-	2,9
11	-	3,1
12	-	3,3
13	-	3,5
14	-	3,7
15	-	3,8
Tempo de Absorção 4 ml (Min)	5,0	15,0

### 6.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL TÉRMICO E ACÚSTICO DO PROTÓTIPO

#### 6.1.3.1 Resultados e Discussões da Análise do Conforto Térmico

Com relação ao conforto térmico, os resultados médios das leituras realizadas durante o ensaio podem ser observados na Tabela 6.10 para o protótipo de gesso reciclado e na Tabela 6.11 para o protótipo de solo cimento.

É importante destacar que as medições foram realizadas no período do meio dia à uma hora da tarde. Efetuou-se as medidas nesse horário por considerar este período o momento crítico de conforto ambiental.

TABELA 6.10 – Medições das Temperaturas no Protótipo de Gesso.

Temperatura	Posição		$\Delta$ Temp
	Externo	Interno	
Tg	36,78	30,40	6,38
Tbs	32,18	30,28	1,90
Tbn	24,33	20,83	3,50

Observa-se que houve redução na temperatura interna em todas as medições para o protótipo de gesso reciclado, enquanto que para o protótipo de solo-cimento, duas medições internas (Tbs e Tbn) se mostraram superiores às medições externas.

TABELA 6.11 – Medições Temperatura Protótipo de Solo cimento.

Temperatura	Posição		$\Delta$ Temp
	Externo	Interno	
Tg	37,20	34,27	2,93
Tbs	33,40	33,70	-0,30
Tbn	21,37	27,37	-6,00

Como as medições realizadas, não constaram com incidência de raios solares, a equação utilizada para o cálculo foi a 5.1:

$$IBUTG = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg (Ambientes internos ou externos sem carga solar)}$$

A Tabela 6.12 faz um comparativo entre os índices de IBUTG, entre os dois protótipos. Cabe ressaltar a diminuição da temperatura dentro do protótipo de gesso reciclado, garantindo um melhor conforto térmico. Esses resultados confirmam a propriedade de isolamento térmico do gesso.

TABELA 6.12 – Comparativo IBUTG.

Protótipo	IBUTG externo	IBUTG interno
Gesso		
Reciclado	28,06	23,70
Solo Cimento	26,12	29,44

Comparando os resultados encontrados para o protótipo de gesso reciclado, com o quadro 1, do anexo nº 3 da NR 15 (MTE, 1978) (Quadro 6.1), que estabelece os limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço, observa-se que esse ambiente permite até a

realização de atividade pesada em trabalho contínuo sem afetar o conforto, uma vez que o valor do IBUTG encontrado para o protótipo de gesso reciclado (23,70) é inferior ao IBUTG tabelado para atividade pesada (até 25,0).

QUADRO 6.1 – Limites de Tolerância para exposição ao calor (NR 15, 1978).

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Mediante os resultados encontrados, observa-se que a construção de casas populares em ambientes quentes com alvenarias de gesso reciclado torna-se uma alternativa bastante interessante.

#### 6.1.3.2 Resultados e Discussões da Análise do Conforto Acústico

Este ensaio permitiu verificar uma atenuação de ruído, dentro do protótipo em relação ao ambiente externo de 21,22 dB, como pode ser observado na Tabela 6.13. Destaca-se que as medições foram realizadas às 16 horas da tarde.

O valor medido dentro do protótipo, ainda atende ao limite máximo da norma para tempo de exposição diária permissível, encontrado no anexo nº 1, da NR 15 (MTE, 1978) para 8 horas de trabalho que é 85 dB.

Uma vez que a construção não se destina a ambiente de trabalho e sim, a habitação popular, os resultados encontrados são bastante interessantes e confirmam a propriedade de isolamento acústico do gesso.

Vale ressaltar que o protótipo não possui janelas, apenas uma porta e que um grande problema verificado nas construções brasileiras é a vedação por parte das esquadrias. Dessa forma, estes resultados, apesar de promissores, não retratam 100% a realidade de uma habitação convencional.



TABELA 6.13 – Medições de Ruído com Decibelímetro Digital.

Local	Medições (dB)				Média (dB)
	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	
<b>Externo</b>	89,9	82,6	97,6	86,5	<b>89,15</b>
<b>Interno</b>	71,3	59,9	73,9	66,6	<b>67,93</b>

## 6.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO

### 6.2.1 Resultados e Discussões da Análise quanto à trabalhabilidade e a fissuração

Durante a preparação das pastas de gesso para aplicação, observou-se que em todas as porcentagens de substituição, tanto com gesso reciclado seco (RS) quanto com o gesso reciclado úmido (RU), o tempo de início de pega se deu de forma mais rápida quando comparado com o gesso natural (GN), como pode ser observado na Tabela 6.14. É importante destacar nessa tabela, o valor de 4 min, de fim de pega, apresentado para o revestimento com 50% de gesso reciclado seco, na alvenaria A, que é de gesso cola. Esse pequeno intervalo aconteceu devido a agitação mecânica aplicada pelo profissional buscando diminuir o período da etapa de dissolução. Com isso, houve um aumento na velocidade da reação de hidratação da pasta. Nas demais pastas, como o profissional obedeceu às etapas de hidratação apresentadas no item 3.4 dessa dissertação, os resultados apresentados foram satisfatórios, uma vez que se tratam de pastas com porcentagens de substituição de resíduos.

TABELA 6.14 – Tempo Útil de utilização das pastas de gesso analisadas.

Parede	Painel	Tempo de aplicação (min)	
		Início	Fim
<b>A</b>	10% RU	4	10
	25% RU	7	12
	100% RS	1	16
	50% RS	1	4
<b>B</b>	10% RU	6	11
	25% RU	5	12
	Reboco	-	-
	50% RS	1	10
<b>C</b>	100% RS	1	24
	50% RS	1	10
<b>D</b>	D1	15	30
	D2	15	30

Com relação à trabalhabilidade das pastas com porcentagens de substituição diferentes, não houve nenhuma dificuldade de aplicação questionada pelo profissional. Porém,

a única pasta elogiada pelo profissional no quesito de estar “macia” para trabalhar foi a pasta com 100% RS. Este fato, pode ser explicado por ser a única pasta realizada com um único material, o resíduo de gesso reciclado seco. As demais, apresentam dois materiais, o gesso natural (GN) e um dos resíduos de gesso estudado, seja ele seco (RS) ou úmido (RU).

Observou-se na preparação das pastas que quanto maior era a porcentagem de resíduo, mais escura se apresentava a pasta. Essa característica já fora observada por Carvalho (2005) em seu estudo. Entretanto, este fator não compromete o revestimento, uma vez que após a secagem, os mesmos receberão camada de pintura.

Logo após a execução dos revestimentos de gesso aconteceram as fissurações. Esse fenômeno é explicado pelo processo de hidratação do gesso que ocorre logo nas primeiras horas. A Tabela 6.15 mostra a análise quanto à fissuração, onde destaca-se, que os revestimentos com adição de resíduo de gesso reciclado úmido (RU) apresentaram melhores resultados. O que torna interessante a utilização dos mesmos, uma vez que seu processo de fabricação é bem mais simples que os do gesso reciclado seco (RS). É importante destacar ainda, que entre os gessos reciclado seco (RS), para os dois tipos de alvenaria (GC e AT), o revestimento com 100%RS apresentou melhores resultados, com presença de fissuras, porém em menores proporções e tamanhos.

TABELA 6.15 – Análise dos revestimentos quanto à Fissuração.

<b>Parede</b>	<b>Painel</b>	<b>Desempenho quanto à fissuração</b>	<b>Observações quanto às fissuras</b>
<b>A</b>	10% RU	muito bom	ausência de fissuras
	25% RU	muito bom	ausência de fissuras
	100% RS	ruim	presença de fissuras em menores proporções
	50% RS	ruim	bastante fissurado, próximo aos azulejos e nas juntas
<b>B</b>	10% RU	muito bom	ausência de fissuras
	25% RU	muito bom	ausência de fissuras
	Reboco	bom	fissuras pequenas em pouca quantidade
	50% RS regul. Superf.	ruim	presença de fissuras em menores proporções que no painel C
<b>C</b>	100% RS	ruim	fissurado nas juntas, mas menos que o painel de 50%RS nesta parede
	50% RS	ruim	bastante fissurado, nas juntas horizontais e verticais
<b>D</b>	D1	muito bom	ausência de fissuras
	D2	muito bom	ausência de fissuras

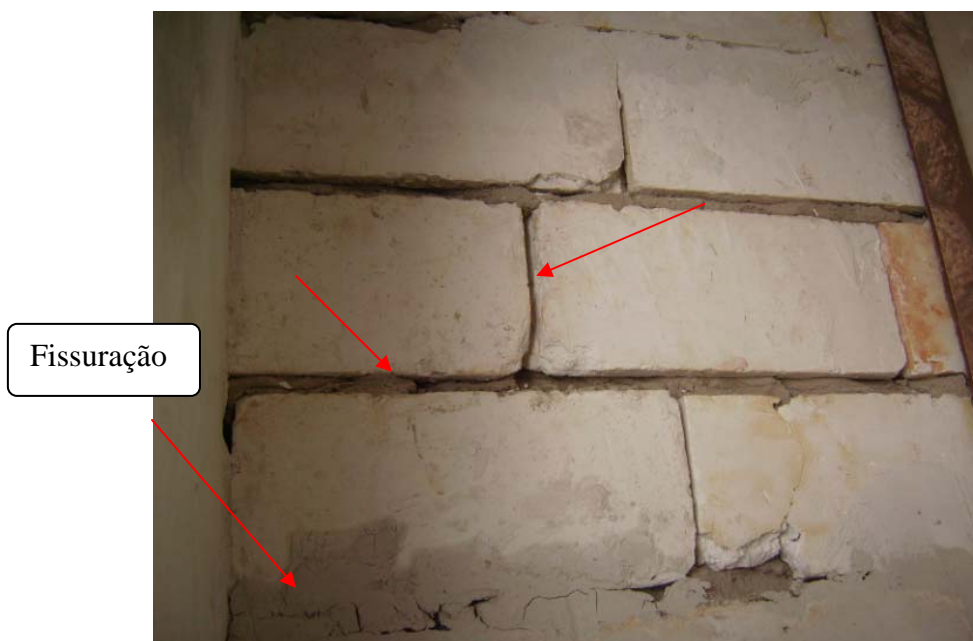


Foto 6.1 – Fissuração nas juntas logo após aplicação 50% RS parede C (AT).

Um fator que influenciou o aparecimento de fissuras nas alvenarias de AT para as porcentagens de gesso reciclado seco (RS) foi a falta de regularização do substrato, principalmente nas juntas horizontais e verticais, como pode ser observado na foto 6.1. Onde logo após a aplicação do revestimento com adição de resíduos já se fissurava.

Este comportamento não foi observado para as proporções de gesso reciclado úmido (RU) e gesso natural (GN) quando utilizados para o mesmo substrato.

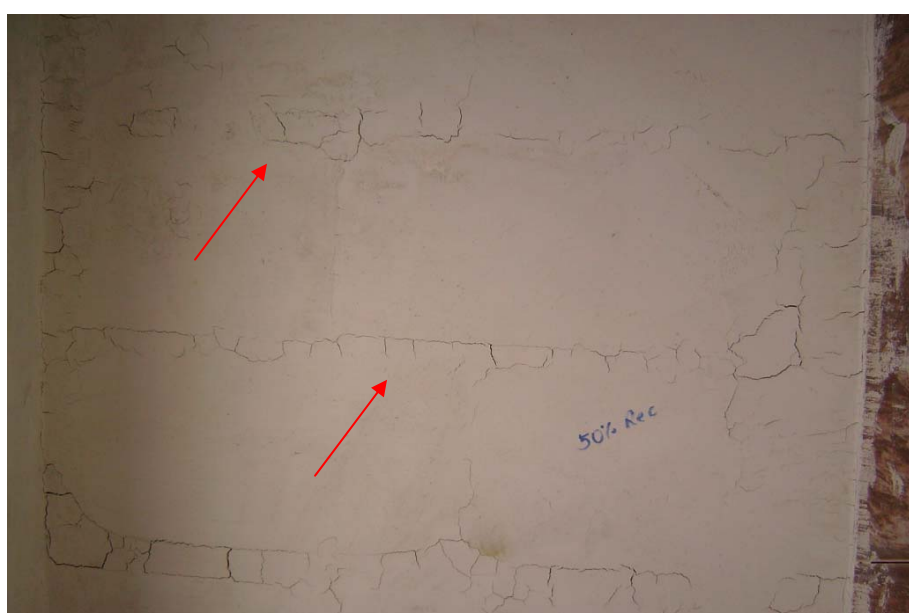


Foto 6.2 – Revestimento 50% RS na Parede C (AT).

Observou-se também que quando houve a regularização do substrato, com tapamento das juntas com argamassa, o revestimento de gesso que apresentou piores resultados de fissuração que foi o 50% RS (Foto 6.2) melhorou seu desempenho, tendo diminuído consideravelmente a quantidade de fissuras (Foto 6.3).

A carga térmica solar pode ter influenciado no processo de fissuração do revestimento, uma vez que a parede C, fica exposta ao sol durante todo o período da tarde e a parede B somente de forma parcial.



Foto 6.3 – Revestimento 50% RS na Parede B (AT), regularizado a superfície.

#### 6.2.2 Resultados e Discussões da Análise da Resistência de Aderência à tração do Revestimento Interno

A Tabela 6.16 expressa os valores médios encontrados em cada situação para o ensaio feito em 6 corpos-de-prova.

De acordo com os resultados encontrados, observa-se que os revestimentos de gesso possuem boa aderência aos substratos constituídos do mesmo material, no caso, tijolo de gesso reciclado + gesso cola (substrato A) e D1. Atendendo nesse caso, em todas as proporções testadas, o limite mínimo de resistência de aderência à tração para revestimentos internos de camada única para pintura ou base para reboco estabelecido pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996) em  $\geq 0,20$  MPa.

TABELA 6.16 – Resumo dos resultados do ensaio de resistência de aderência à tração (em MPa) .

Revestimentos	Aderência (MPa)				
	Substratos				
	A (GC)	B (AT)	C (AT)	D	
D1 (GC)				D2 (AT)	
10% RU	0,54	0,29	-	-	-
25% RU	0,20	0,40	-	-	-
50% RS	1,20	0,10	0,15	-	-
100% RS	1,05	-	0,07	-	-
Reboco	-	0,03	-	-	-
GN	-	-	-	0,55	0,47

No caso dos substratos B e C, formados de tijolo de gesso reciclado+ argamassa tradicional, observou-se que apenas as proporções de resíduo reciclado úmido (RU) atenderam às expectativas. Este fato pode ser explicado devido à baixa proporção de gesso reciclado nessas misturas, uma vez que, analisando que o gesso natural (GN) em um substrato semelhante apresentou bom desempenho (0,47 MPa), atendendo as exigências de norma.

Observa-se ainda, nesses painéis, a baixa resistência de aderência apresentada pelo reboco interno, fazendo crer que a argamassa de cimento em um traço fraco 1:2:9, não possui boa aderência ao tijolo de gesso reciclado

### 6.2.3 Resultados e Discussões da Análise da Permeabilidade/Absorção de água pelo Método do Cachimbo

Os resultados do ensaio de absorção de água nos revestimentos internos podem ser observados na Tabela 6.17. Segundo esses resultados, observa-se que em todos os revestimentos com porcentagem de resíduos a absorção dos 4 ml de água do cachimbo foi inferior a 2,63 minutos.

É importante destacar que para as amostras de gesso natural a absorção aconteceu em menores proporções. Isso se deve ao fato de o revestimento constituído de gesso reciclado ser mais poroso, facilitando a permeabilidade da água.

Outro ponto observado foi a alta permeabilidade também do reboco interno, que pode ser explicado pela granulometria grossa do agregado e o traço fraco utilizado, o que constituiu um revestimento mais poroso, fato que não fora observado para o reboco externo na mesma situação, como já apresentado no item 6.2.6.

TABELA 6.17 – Ensaio de Permeabilidade – Método do Cachimbo.

Revestimentos	Tempo Absorção de 4 ml (min)				
	A (GC)	B (AT)	C (AT)	D	
				D1 (GC)	D2 (AT)
10% RU	2,63	0,86	-	-	-
25% RU	0,91	1,80	-	-	-
50% RS	1,52	-	1,12	-	-
100% RS	1,25	-	0,96	-	-
Reboco	-	2,63	-	-	-
GN	-	-	-	14,78	9,38

## CAPÍTULO 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Nesse capítulo são apresentadas as principais conclusões observadas através dos resultados do programa experimental estudado nessa dissertação.

### 7.1 CONCLUSÕES DO ESTUDO 1 – ALVENARIA E REVESTIMENTO EXTERNO

Partindo-se do pressuposto que o custo de produção do bloco de gesso reciclado é insignificante, uma vez que é proveniente de reaproveitamento de material, fundamentado nos resultados obtidos nesse estudo e amparado pelas demais fontes analisadas pode-se prever a viabilidade técnica e financeira da execução de alvenarias destinadas a habitação popular com este material.

A construção de alvenarias de gesso reciclado com a utilização de argamassa tradicional (AT), mostrou-se mais viável economicamente e ainda apresentou uma maior produtividade, quando comparada com a alvenaria de gesso reciclado utilizando assentamento de gesso cola (GC).

Os tijolos de gesso reciclado apresentaram desempenho bastante satisfatório com relação à resistência à compressão, atingindo aos 28 dias resistência comparável a blocos de concreto destinados à vedação de 2,5 MPa. No entanto, quando ensaiados protótipos reduzidos simulando a alvenaria executada, houve diminuição dos valores das resistências alcançadas, sendo importante destacar que a alvenaria executada com argamassa tradicional (AT) não chegou a alcançar o valor de 1,5 MPa, valor este estabelecido por norma para tijolos de alvenaria de vedação sem função estrutural. Vale ressaltar que esta norma é para bloco e não para alvenaria como um todo e uma vez que a alvenaria é destinada a vedação, não existe parâmetros em normas brasileiras que inviabilizem a utilização desse material.

As resistências das argamassas de assentamento e de revestimento encontraram-se dentro dos valores aceitáveis e não foram responsáveis pelo decréscimo do valor da resistência da parede de gesso reciclado quando comparada com a resistência do bloco. Este decréscimo aconteceu pela pouca aderência da argamassa tradicional (AT) ao bloco de gesso reciclado, desta forma não formando um conjunto rijo, como quando executado com gesso cola.

Apesar dos resultados do ensaio de resistência da alvenaria de argamassa tradicional (AT) ter apresentado resultados inferiores ao de gesso cola, ainda assim, faz-se opção pelo uso da argamassa tradicional como argamassa de assentamento para este tipo de

alvenaria alternativa, construída com bloco de gesso reciclado, uma vez que a análise é global de todos os aspectos analisados nesse estudo.

Com relação ao desempenho do revestimento externo comumente utilizado em construções traço 1:1:6, este apresentou absorção consideravelmente reduzida nas alvenarias assentadas com argamassa tradicional (AT), o que viabiliza sua utilização como uma camada protetora ao tijolo de gesso reciclado. Certificando mais uma vez que a melhor argamassa de assentamento a ser utilizada neste sistema construtivo é a argamassa tradicional.

O protótipo executado de gesso reciclado ofereceu uma melhor atenuação térmica, quando comparado com um protótipo de solo cimento e com relação ao desempenho acústico garantiu um bom isolamento quando testado com ruído constante por 1 hora.

## 7.2 CONCLUSÕES DO ESTUDO 2 – REVESTIMENTO INTERNO

Através desse estudo pode-se afirmar que é possível executar revestimentos de gesso corrido com todas proporções de gesso reciclado estudado. Entretanto, algumas considerações são interessantes ressaltar.

Entre os revestimentos de gesso reciclado seco (RS) analisados: proporções de 100% e 50 %, os revestimentos executados com 100% reciclado apresentaram melhor desempenho com relação a menor quantidade de fissuras e aderência à tração nas alvenarias com assentamento de gesso cola (GC). Entretanto, nas alvenarias com assentamento de argamassa tradicional, os resultados foram insatisfatórios.

Entre os revestimentos de gesso reciclado úmido (RU) analisados (10% e 25%) observou-se que ambos atenderam aos quesitos de baixa fissuração e resistência de aderência à tração. Este fato pode ser explicado devido à baixa proporção de gesso reciclado nessas misturas.

Os ensaios de permeabilidade para todos os revestimentos com porcentagens de resíduo, seco ou úmido, apresentaram-se insatisfatórios. Esse resultado já era esperado, uma vez que com a adição do resíduo o revestimento torna-se mais poroso, permitindo assim maior absorção de água. Dessa forma, para regiões da casa onde exige-se proteção à água é recomendável que se use gesso corrido de gesso natural, já que este apresentou bom desempenho nesta pesquisa quando testado ou reboco com traço forte, como por exemplo, o reboco externo utilizado nesta pesquisa de traço 1:1:6 que conseguiu garantir uma baixa permeabilidade quando testado.



De posse dos resultados obtidos, para alvenaria assentada com argamassa tradicional que apresentou melhor desempenho no estudo 1, faz-se opção pela utilização do revestimento com 25% de gesso reciclado úmido (RU), já que este revestimento foi o que apresentou melhor desempenho quanto à fissuração e aderência à tração dos analisados para este tipo de parede.

É importante destacar que a fabricação do gesso reciclado úmido (RU) é bem mais simples que a do gesso reciclado seco (RS), constituindo apenas moagem, separação granulométrica e secagem dos grãos ao sol. Dessa forma, os resultados encontrados foram bastante promissores, uma vez que favorecem sobremaneira a utilização.

### 7.3 CONCLUSÃO GERAL

Os resultados encontrados nos dois estudos demonstraram a viabilidade técnica e econômica do uso dos resíduos de gesso em habitações de interesse social respondendo as demandas do déficit habitacional, questões ambientais e de redução dos custos.

Dessa forma é viável a incorporação de parcerias entre a cadeia produtiva de gesso à órgãos de financiamento do governo, tais como a Caixa Econômica Federal na busca de investimentos para construção de um protótipo em tamanho real e a posteriormente parcerias na construção de casas destinadas a habitação popular com melhor conforto térmico e como forma de mais um incentivo ao processo de reciclagem em larga escala.

### 7.4 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

De posse das considerações realizadas na análise experimental, sugere-se para futuras pesquisas:

1. Moldar o tijolo de gesso reciclado no formato do bloco de concreto, com três furos, de forma a diminuir o peso do bloco e facilitar a desmoldagem.
2. Testar esse bloco quanto às propriedades mecânicas.
3. Realizar análise de absorção pelo método do cachimbo para os diversos tipos de revestimentos estudados (100% Reciclado Seco, 50% Reciclado Seco, 25% Reciclado Úmido e 10% Reciclado Úmido) após pintura impermeabilizante de forma a verificar a diminuição da permeabilidade do revestimento.
4. Moldar o tijolo de gesso com o pó de gesso reciclado seco (GS) e analisar suas propriedades mecânicas.

5. Moldar o tijolo de gesso com o pó de gesso reciclado úmido (GS) e analisar suas propriedades mecânicas.
6. Montar um banco de dados, com definições de metodologias de utilização dos estudos já realizados com gesso reciclado de forma a criar um projeto de norma e um Manual de Utilização de Resíduos de Gesso.
7. Realizar medições de temperatura no protótipo durante todo o dia para fazer o mapeamento térmico e com estes dados fazer a estimativa da inércia térmica da parede segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005).
8. Otimização do processo de fabricação de produtos de gesso buscando gerenciamento integrado da cadeia.
9. Análise do desempenho ambiental do bloco de gesso reciclado.
10. Análise da viabilidade econômica da produção do tijolo de gesso dentro do processo.
11. Introdução do produto tijolo de gesso e pó de gesso reciclado no mercado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGOPYAN, Vahan. **O gesso na construção civil. Brasil - Florianópolis, SC. 1989. p. 64-75. Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, 2.**

AGOPYAN, V; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para redução de desperdício de materiais no canteiro de obra.** São Paulo, FINEP, ITQC, PCC, 1998.

ANGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: 4º SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2001, Anais. São Paulo: IBRACON, p. 43 – 56.

ANTUNES, R.P.N. **Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso.** São Paulo, 1999. 138p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170:** Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: especificações. Rio de Janeiro, 1983.6p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7175:** Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8p.

\_\_\_\_\_. **NBR 11578:** Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.5p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12004:** Solo - Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos. Rio de Janeiro, 1990. 6p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12128:** Gesso para construção: determinação das propriedades físicas da pasta: método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 12775:** Placas lisas de gesso para forro - Determinação das dimensões e propriedades físicas. Rio de Janeiro, 1992.3p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13207:** Gesso para construção civil: especificação. Rio de Janeiro, 1994.2p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2006. 6p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos - Parte 1 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005. 11p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005. 27p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 46**: Agregados: Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52**. Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por meio do frasco de Chapman. NBR NM 52. Rio de Janeiro, 2003.6p.

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

BARBOSA, D.C.; FERREIRA, G.C.; PASSOS, L.; ALMEIDA, A. Avaliação da resistência de aderência de pastas de gesso aplicadas em lajotas de concreto. **In**: Ibracon, Florianópolis, 2004. **Anais...** Florianópolis, IBRACON, 2004.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, aplicada a Londrina - PR. **AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Porto Alegre, V2 N1, p. 15-28, 2002.

BARDELLA P.S.; SANTOS F.M.; CAMARINI G., Reciclagem de gesso de construção. In XI Congresso interno de iniciação científica da Universidade Estadual de Campinas. 2003 **Anais...**

BC. Banco Central. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/?TXCONVERSAO>  
Acesso em: 01.08.2008

BLAINE, S. Accelerating the hydration of calcium sulfate hemihydrate via high energy mixing. **Materials and Structure**. vol. 30, p. 362-365, 1997.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção**. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 263 p. Brasília. 2004.

BORGES E. M. **Revestimento de gesso corrido em lajes nervuradas com enchimento em EPS: Avaliação dos processos mais empregados**. Goiânia, 2003. 49p. Monografia (Curso de especialização em construção civil) – Universidade Federal de Goiás.

BRANDON, P.S. Sustainability in management and organisation: the key issues? In: CIB BUILDING CONGRESS – MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION. **Proceedings**. Suíça, 1998. p.1739-47.

CARVALHO, M. T. M. **Estudo de Resíduos de Gesso e suas aplicações na construção civil**. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Engenharia Civil. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2005. 215p.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V. e FLORINDO, M. C. O gesso como material de construção. Parte I. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1988a, p 53-56.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V. e FLORINDO, M. C.; O gesso como material de construção. Parte II. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1988b, p 57-60.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. **Boletim 68**. São Paulo, IPT 2378, 1995.

CIWMB (California Integrated Waste Management Board). **Drywall Recycling**. Disponível em: [www.ciwmb.ca.gov/publications/condemo/43195069.doc](http://www.ciwmb.ca.gov/publications/condemo/43195069.doc). August 2001.

Acesso em: 01.07.07.

ÇOLAK A. Density and strength characteristics of foamed gypsum. **Cement & Concrete Composites**, v22, p.193-200, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA – Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002. 4 pg. Brasília. Disponível no site: <http://www.mma.gov.br/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em 01.07.07.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 5 DE DEZEMBRO 1988 – DOU DE 5/10/88

COUTINHO, Roberto. **A Construção de Novas Soluções**. Disponível em: <http://www.reciclasa.com/materiais.jsp>. Acesso em: 01/07/07

DELGADO, C. B. e PIRES SOBRINHO, C W. Revestimentos de gesso (pasta e argamassa) determinação das propriedades mecânicas. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, II. Salvador, 1997. **Anais...** Ceta/Antac, Salvador, 1997, p. 192-202.

DIAS, A. M. N. **Gesso de construção: Caracterização do pó, pasta e argamassas e aplicação como revestimento interno**. São Paulo, 1994. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. Re-use of construction and demolition waste in the EU. In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory into practice., São Paulo, 2000. **Proceedings**. São Paulo, EPUSP, 2000.

GEROLLA, G. **Acabamento projetado**. Revista Técnica. Edição **131**, **2008**, Ed. PINI.

HALLOWS, J.C. **Property-structure relationships in set gypsum plasters**. Thesis, Imperial College of Science, Technology & Medicine. London, 1992.

HINCAPIÉ, A. M.; OLIVEIRA, C. T. A.; CINCOTTO, M. A.; SELMO, S.M. Revestimento de Gesso I. **Téchne**, n 21, mar/abr, p. 44-47, 1996a.

HINCAPIÉ, A. M.; OLIVEIRA, C. T. A.; CINCOTTO, M. A.; SELMO, S.M. Revestimento de Gesso II. **Téchne**, n 22, mai/jun, p. 49-52, 1996b.

INSTRUTHERM. Catálogo de Produtos. Disponível em: <http://www.instrutherm.com.br>  
Acesso em: 01.07.08.

JOHN, V. M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. 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, 1996. 161 p. p. 21-30.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000, 113p. Tese (Livre docência) Universidade de São Paulo.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar.** Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm). Acesso em: 01.07/07.

JOHN V.M. **Gestão dos resíduos de gesso.** Disponível em [www.recycle.pcc.usp.br](http://www.recycle.pcc.usp.br). Acesso em 01/04/08.

JOHN V. M; AGOPYAN. V.; **Reciclagem de resíduos na construção.** In IV Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2001, São Paulo

JOHN, V. M.; ANTUNES, R. P. N.. **Argamassas de Gesso.** Ambiente Construído (São Paulo), Porto Alegre, v. v2, n. 1, p. 29-38, 2002.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso.** DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL – PCC, USP, ESCOLA POLITÉCNICA, São Paulo, SP. 2003.

KELLY, K., WILLIAMS, P. **Spinning waste into gold in construction.** ENR - Engineering News - Record, v. 234, n. 16, p. E.32-E.34, E.37, 1995.

LAMBERTS, R. Influência do desempenho térmico de coberturas leves com ático no conforto térmico de casas populares- **ENCAC 90** - I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído-Gramado-RS. 1990.

LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycle concrete. **In:** Use of recycle concrete aggregate. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998. p.506-519.

LIMA, JOSÉ ANTONIO RIBEIRO DE. **Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduo de Construção Reciclado e de suas Aplicações em Argamassas e Concretos.** Dissertação Mestrado. São Carlos. 1999

MAEDA, F.M. **Produtividade quanto ao uso da mão-de-obra e dos materiais no serviço de revestimento de paredes internas e forros com argamassa de cimento e cal e com pastas de gesso.** São Paulo, 2000. 145p. Exame de qualificação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MAGNAN, M. Mecanisme et cinétique de l'hydratation du plâtre. **Revue dès Matériaux de Construction.** n. 671, p. 28-31, 1973.

MARVIN, Emma. **Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of Vermont**. Vermont Agency of Natural Resources EUA, August 4, 2000.

MEHTA, K; MONTEIRO, J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Editora Pini, 1994. 573p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978. **Anexo nº 1 da NR 15** – Atividades e Operações Insalubres.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978. **Anexo nº 3 da NR 15** – Atividades e Operações Insalubres.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach. **Estudo dos Fatores que Influem na Fissuração de Revestimentos de Argamassa com Entulho Reciclado**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

MORENO, H. O foco ambientalista da construção civil. **In: Seminário Materiais & Design – Interface no desenvolvimento do produto. Anais**. São Carlos, 1998. FIESP, UFSCAR, SEBRAE. 1998. p.174-182.

MURAT, M.; PUSZTASZERI, L.; GREMION, M. A preliminary survey of the correlation between the crystalline structure and hardened gypsum plasters. **Materials and Building Research**, vol. 1, p. 264-271, 1979.

NITA, C.; PILEGGI, R. G.; CINCOTTO, M. A.; JOHN, V. M. **Estudo da Reciclagem do Gesso de Construção. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável – X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Anais 18-21. 2004.

OLIVARES, F. H.; BOLLATI, M.R.; DEL RIO M.; PARGA-LARGA B. Development of cork-gypsum composites for building applications. **Construction and building materials**, p.179-186, 1999.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 9.ed. São Paulo, Globo, 1993.

PIRES SOBRINHO, C. W. A. **Gesso na construção civil**. Pernambuco. Notas de Aula. Universidade de Pernambuco. Recife. 2002.

PINTO, T. P. **Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil: situação atual**. In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção Civil. São Paulo, 1996, PCCUSP/ NPC-UFSC. Anais. São Paulo, 1996, p.159-70.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PRADO, Jason. **Novas leituras para Lixo, Arte e Habitação**. Disponível em: <http://www.reciclasa.com/novasLeituras.jsp> Acesso em: 01/07/07.

RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET MATÉRIAUX. **Recommendations on gypsum plasters, calcium sulphates and derived materials: nomenclature.** RILEM/GP - 1,2,3, 1982.

RIBEIRO, A. S. **Produção de gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil.** Dissertação (Mestrado). UFPB. Universidade Federal da Paraíba. Engenharia Urbana. João Pessoa. 86p. 2006.

RIBEIRO, A. S. Avaliação da Reciclagem de Resíduos de Gesso em Canteiro de Obra do Recife. In: Congresso Internacional de Tecnologia Aplicada para Arquitetura e Engenharia Sustentáveis – Citaes. **Anais.** 2008. Disponível em: [http://www.citaes.com.br/trab\\_aprovados/oral\\_06.pdf](http://www.citaes.com.br/trab_aprovados/oral_06.pdf)

RÖSSLER, M.; ODLER, I. Relationships between pore structure and strength of set gypsum pastes Part I: Influence of water/gypsum ratio and temperature. **Zement-Kalk-Gips**, n. 2, p. 96-100, 1989.

SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada dos edifícios.** São Paulo, 1989. 202p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SELMO, S. M. S. **Aço carbono em pastas de gesso de construção – Estimativa de taxas de corrosão por impedância e por método gravimétrico conjugado à análise de imagem.** São Paulo 1997. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

SILVA, R.M.S. **Reaproveitamento de Gesso na Indústria da Construção Civil.** Projeto Final de Curso. Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. EEC-UFG. Goiás. 2005

SILVA, A.P.; STARLING, C.D.; ARAÚJO, P.H.M. **Estudo do desempenho físico e mecânico em gesso aditivado para acabamentos na construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Florianópolis, 1998. **Anais.** Florianópolis, ANTAC, 1998. p.21 - 28.

SIMONS, B.P.; HENDERIECKX, F. Guidelines for demolition with respect to the reuse of building materials: guidelines and experiences in Belgium. In: INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM ON DEMOLITION AND REUSE OF CONCRETE AND MASONRY, 3., Odense, 1994. **Proceedings.** London, E & FN Spon, 1994. p.25-34. (RILEM Proceedings, 23).

SINDUSGESSO. Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcário e derivados do Gesso do Estado de Pernambuco. 2004. Disponível em: [http://www.radiobras.gov.br/ct/1997/materia\\_040497\\_5.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/1997/materia_040497_5.htm). Acesso em: 01.07.07

SOUZA, U.E.L. *et al.* Desperdício de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. In: SIMPÓSIO NACIONAL – DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NOS CANTEIROS DE OBRAS: A QUEBRA DO MITO. São Paulo, 1999. **Anais.** São Paulo (PCC/EPUSP), 1999. 48p.



TANGO, C. E. S.; DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. Estudo para a adaptação do método de dosagem IPT às argamassas de gesso. **In:** Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, I. Goiânia, 1995. Anais Antac, Goiânia, 1995, p. 463-470.

TCPO 10 – **Tabelas e Composições de Preços para Orçamentos** – 10ª Edição, Ed. PINI.

TUBINO GEYER, R. M. **Estudo sobre a potencialidade de uso das escórias de aciaria como adição ao concreto.** 2001. 170 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto.** Dissertação (Mestrado). Campinas, SP. 1997. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.

ZWAN, J.T. Application of waste materials – a success now, a success in the future.  
**In:** WASTE MATERIALS IN CONSTRUCTIONS: PUTTING THEORY INTO PRACTICE.  
Great Britain, 1997. **Proceedings.** Great Britain, 1997. p.869-81.

**ANEXOS**

**ANEXO A - RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**

---

**Publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96**

***Correlações:***

- Alterada pela Resolução no 348/04 (alterado o inciso IV do art. 3o)  
*Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.*

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994/140, e Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001; Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil; Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental; Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas; Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos; Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1o Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Art. 2o Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo às operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

~~IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.~~

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. *(nova redação dada pela Resolução nº 348/04).*

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:

I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e

II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Art. 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício

das responsabilidades de todos os geradores.

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à re inserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Art. 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.

Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º.

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de “bota fora”.

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO - Presidente do Conselho

*Este texto não substitui o publicado no DOU, de 17 de julho de 2002.*

**ANEXO B - RESOLUÇÃO nº 348 de 16 de agosto de 2004**

---

Publicada no DOU de 17/08/04

Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto no seu Regimento Interno, e tendo em vista as disposições da Lei nº 9.055, de 1º de junho de 1995 e Considerando o previsto na Convenção de Basileia sobre Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, promulgada pelo Decreto Federal nº 875, de 19 de julho de 1993, que prevê em seu art. 1º, item 1, alínea "a" e anexo I, que considera o resíduo do amianto como perigoso e pertencente à classe Y36;

Considerando a Resolução CONAMA nº 235, de 7 de janeiro de 1998, que trata de classificação de resíduos para gerenciamento de importações, que classifica o amianto em pó (asbesto) e outros desperdícios de amianto como resíduos perigosos classe I de importação proibida, segundo seu anexo X; Considerando o Critério de Saúde Ambiental nº 203, de 1998, da Organização Mundial da Saúde - OMS sobre amianto crisotila que afirma entre outros que "a exposição ao amianto crisotila aumenta os riscos de asbestose, câncer de pulmão e mesotelioma de maneira dependente em função da dose e que nenhum limite de tolerância foi identificado para os riscos de câncer", resolve:

Art. 1º O art. 3º, item IV, da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 3º .....

IV - Classe "D": são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde".

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

MARINA SILVA  
Presidente do Conselho

## **ANEXO C – Projeto de Lei - POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências.

**O CONGRESSO NACIONAL** decreta:

### **CAPÍTULO I DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES**

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dispõe sobre diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos no País.

Art. 2º São diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

- I - proteção da saúde pública e da qualidade do meio ambiente;
- II - não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços;
- IV - educação ambiental;
- V - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais;
- VI - incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, visando a cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação de serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;
- XI - preferência, nas aquisições governamentais, de produtos recicláveis e reciclados;
- XII - transparência e participação social;
- XIII - adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais e regionais; e
- XIV - integração dos catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos.

Art. 3º O Poder Público e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações que envolvam os resíduos sólidos gerados.

Art. 4º Aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei e na Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, as normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, Sistema Nacional de Vigilância Sanitária - SNVS e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO.

Art. 5º Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis direta ou indiretamente pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações no fluxo de resíduos sólidos.

Art. 6º Esta Lei não se aplica aos rejeitos radioativos, os quais deverão reger-se por legislação específica.



## **Seção Única Das Definições**

Art. 7º Para os efeitos desta Lei entende-se por:

I - análise do ciclo de vida do produto: técnica para levantamento dos aspectos e impactos ambientais potenciais associados ao ciclo de vida do produto;

II - avaliação do ciclo de vida do produto: estudo das conseqüências dos impactos ambientais causados à saúde humana e à qualidade ambiental, decorrentes do ciclo de vida do produto;

III - ciclo de vida do produto: série de etapas que envolvem a produção, desde sua concepção, obtenção de matérias-primas e insumos, processo produtivo, até seu consumo e disposição final;

IV - coleta diferenciada: serviço que compreende a coleta seletiva, entendida como a coleta dos resíduos orgânicos e inorgânicos, e a coleta multi-seletiva, compreendida como a coleta efetuada por diferentes tipologias de resíduos sólidos, normalmente aplicada nos casos em que os resultados de programas de coleta seletiva implementados tenham sido satisfatórios;

V - consumo sustentável: consumo de bens e serviços, de forma a atender às necessidades das atuais gerações e permitir melhor qualidade de vida, sem comprometer o atendimento das necessidades e aspirações das gerações futuras;

VI - controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos;

VII - destinação final ambientalmente adequada: técnica de destinação ordenada de rejeitos, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais adversos;

VIII - fluxo de resíduos sólidos: movimentação de resíduos sólidos desde o momento da geração até a disposição final dos rejeitos;

IX - geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, que geram resíduos sólidos por meio de seus produtos e atividades, inclusive consumo, bem como as que desenvolvem ações que envolvam o manejo e o fluxo de resíduos sólidos;

X - gerenciamento integrado de resíduos sólidos: atividades de desenvolvimento, implementação e operação das ações definidas no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, a fiscalização e o controle dos serviços de manejo dos resíduos sólidos;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: ações voltadas à busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, com a ampla participação da sociedade, tendo como premissa o desenvolvimento sustentável;

XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizada por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a facilitar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos aos seus geradores para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos, na forma de novos insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, visando a não geração de rejeitos;

XIII - resíduos sólidos: resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem urbana, industrial, de serviços de saúde, rural, especial ou diferenciada;

XIV - reutilização: processo de reaplicação dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química;

XV - manejo de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, com vistas à operacionalizar a coleta, o transbordo, o transporte, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;

XVI - limpeza urbana: o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, relativa aos serviços de varrição de logradouros públicos; limpeza

de dispositivos de drenagem de águas pluviais; limpeza de córregos e outros serviços, tais como poda, capina, raspagem e roçada, bem como o acondicionamento e coleta dos resíduos sólidos provenientes destas atividades;

XVII - tecnologias ambientalmente saudáveis: tecnologias de prevenção, redução ou eliminação de resíduos sólidos ou poluentes, propiciando a redução de desperdícios, a conservação de recursos naturais, a redução ou eliminação de substâncias tóxicas presentes em matérias-primas ou produtos auxiliares, a redução da quantidade de resíduos sólidos gerados por processos e produtos e, conseqüentemente, a redução de poluentes lançados para o ar, solo e águas;

XVIII - tratamento ou reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos, dentro de padrões e condições estabelecidas pelo órgão ambiental, que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, tornando-os em novos produtos, na forma insumos, ou em rejeito.

## CAPÍTULO II DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Art. 8º A Política Nacional de Resíduos Sólidos será desenvolvida em consonância com as Políticas Nacionais de Meio Ambiente, de Educação Ambiental, de Recursos Hídricos, de Saneamento Básico, de Saúde, Urbana, Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior e as que promovam a inclusão social, de acordo com o disposto nesta Lei.

Art. 9º As Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios deverão estar compatíveis com as diretrizes estabelecidas nesta Lei.

### **Seção Única Dos Instrumentos**

Art. 10º São instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;

II - Análise e Avaliação do Ciclo de Vida do Produto;

III - Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental, nos termos do art. 9º, inciso VIII, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981;

IV - inventários de resíduos sólidos em conformidade com o disposto pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA;

V - Avaliação de Impactos Ambientais, nos termos do art. 9º, inciso III, da Lei nº 6.938, de 1981;

VI - Sistema Nacional de Informações Ambientais - SISNIMA e o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico - SINISA;

VII - logística reversa;

VIII - licenciamento ambiental;

IX - monitoramento e fiscalização ambiental;

X - cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas e de novos produtos;

XI - pesquisa científica e tecnológica;

XII - educação ambiental;

XIII - incentivos fiscais, financeiros e creditícios;

XIV - Fundo Nacional do Meio Ambiente e Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; e

XV - Conselhos de Meio Ambiente.

## CAPÍTULO III DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

### Seção I

#### **Da Classificação dos Resíduos Sólidos**

Art. 11º Os resíduos sólidos serão classificados:

I - quanto à origem:

- a) resíduos sólidos urbanos: resíduos sólidos gerados por residências, domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços e os oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, que por sua natureza ou composição tenham as mesmas características dos gerados nos domicílios;
- b) resíduos sólidos industriais: resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e instalações industriais, bem como os gerados nos serviços públicos de saneamento básico, excetuando-se os relacionados na alínea “c” do inciso I do art. 3º da Lei no 11.445, de 2007;
- c) resíduos sólidos de serviços de saúde: resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, conforme definidos pelo Ministério da Saúde em regulamentações técnicas pertinentes;
- d) resíduos sólidos rurais: resíduos sólidos oriundos de atividades agropecuárias, bem como os gerados por insumos utilizados nas respectivas atividades; e
- e) resíduos sólidos especiais ou diferenciados: aqueles que por seu volume, grau de periculosidade, de degradabilidade ou outras especificidades, requeiram procedimentos especiais ou diferenciados para o manejo e a disposição final dos rejeitos, considerando os impactos negativos e os riscos à saúde e ao meio ambiente; e

II - quanto à finalidade:

- a) resíduos sólidos reversos: resíduos sólidos restituíveis, por meio da logística reversa, visando o seu tratamento e reaproveitamento em novos produtos, na forma de insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos; e
- b) rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos acessíveis e disponíveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

### Seção II

#### **Da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**

Art. 12º Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão dos resíduos sólidos gerados em seus respectivos territórios.

Art. 13º É condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos a elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, executados em função dos resíduos sólidos gerados ou administrados em seus territórios, contendo, no mínimo:

I - caracterização do Município;

II - visão global dos resíduos sólidos gerados de forma a estabelecer o cenário atual e futuro no âmbito de sua competência;

III - diagnóstico da situação dos resíduos sólidos identificados no âmbito de sua atuação, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos sólidos gerados e formas de destinação e disposição final praticadas;

IV - identificação de regiões favoráveis para disposição final adequada de rejeitos;

V - identificação das possibilidades do estabelecimento de soluções consorciadas ou compartilhadas, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

VI - identificação dos resíduos sólidos especiais ou diferenciados;

VII - procedimentos operacionais e especificações mínimas, que deverão ser adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, inclusive quanto aos resíduos sólidos especiais ou diferenciados identificados e à disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

VIII - critérios que deverão ser adotados para a gestão dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;

IX - estabelecimento de indicadores de desempenho operacional e ambiental;

X - definição das atribuições de todos aqueles que participem de sua implementação e operacionalização;

XI - estabelecimento de programas e ações de capacitação técnica, voltadas à implementação do Plano;

XII - programa social, contendo as formas de participação dos grupos interessados, inclusive com a indicação de como serão construídas as soluções para os problemas apresentados;

XIII - mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;

XIV - programa econômico, contendo o sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, a forma de cobrança desses serviços, incluindo os excedentes e a recuperação total dos custos;

XV - descrição das formas de sua participação na logística reversa no âmbito local;

XVI - meios que serão utilizados para o controle dos geradores de resíduos sólidos sujeitos ao sistema de logística reversa no âmbito local e os instrumentos financeiros que poderão ser aplicados para incentivar ou controlar as atividades dele decorrentes;

XVII - procedimentos dos geradores dos resíduos sólidos que requeiram manejo especial ou diferenciado, em função das suas características e do porte de sua geração e ainda a descrição dos resíduos sólidos urbanos considerados quando aplicado o disposto no art. 6º da Lei no 11.445, de 2007;

XVIII - ações preventivas e corretivas nos procedimentos adotados, incluindo o respectivo programa de monitoramento;

XIX - estrutura de comunicação necessária, para ciência da população quanto à quantidade de resíduos sólidos gerados no âmbito local e aos problemas ambientais e sanitários derivados do manejo inadequado de resíduos sólidos e estabelecimento de canal de comunicação direto com a sociedade local;

XX - periodicidade de sua revisão, considerando o período máximo de quatro anos de vigência do Plano; e

XXI - identificação e monitoramento dos passivos ambientais.

§ 1º Para o caso de resíduos sólidos urbanos gerados pelos órgãos da administração pública deverão ser desenvolvidos procedimentos que contemplem a utilização racional dos recursos e o combate a todas as formas de desperdício.

§ 2º Os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deverão ser elaborados em consonância com o disposto na Lei no 11.445, de 2007, bem como atender às particularidades regionais e locais de sua área de abrangência.

§ 3º Decreto do Poder Executivo Federal estabelecerá normas específicas sobre o acesso aos recursos da União de que dispõe o caput.

Art. 14º Os geradores dos resíduos sólidos industriais, de serviços de saúde, rurais, especiais ou diferenciados, classificados no art. 11, inciso I, alíneas “b”, “c”, “d” e “e”, desta Lei, deverão elaborar e dar publicidade aos seus Planos de Atuação para os Resíduos Sólidos, com base nos seguintes requisitos mínimos:

I - descrição do empreendimento;

II - visão global das ações relacionadas aos resíduos sólidos, de forma a estabelecer o cenário atual e futuro de seus resíduos;

- III - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados;
  - IV - objetivos e metas que deverão ser observados nas ações definidas para os resíduos sólidos;
  - V - procedimentos operacionais de segregação, acondicionamento, coleta, triagem, armazenamento, transbordo, transporte, tratamento de resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos, em conformidade com o estabelecido no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Distrito Federal ou do Município em que a atividade geradora de resíduos sólidos estiver instalada;
  - VI - previsão das modalidades de manejo e tratamento que correspondam às particularidades dos resíduos sólidos e dos materiais que os constituem e a previsão da forma de disposição final ambientalmente adequada dos respectivos rejeitos;
  - VII - considerações sobre a compatibilidade dos resíduos sólidos gerados;
  - VIII - estabelecimento de indicadores de desempenho operacional e ambiental;
  - IX - descrição das formas de sua participação na logística reversa e de seu controle, no âmbito local;
  - X - identificação das possibilidades do estabelecimento de soluções consorciadas ou compartilhadas, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos para estas soluções e as formas de prevenção de possíveis riscos ambientais;
  - XI - ações preventivas e corretivas a serem praticadas no caso de situações de manejo incorreto ou acidentes;
  - XII - definição dos instrumentos e meios para possibilitar a recuperação de áreas degradadas por seu processo produtivo;
  - XIII - determinação de cronograma para o desenvolvimento de ações de capacitação técnica, necessárias à implementação do Plano;
  - XIV - mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda mediante a valorização dos resíduos sólidos;
  - XV - programa social, contendo as formas de participação dos grupos interessados, inclusive com a indicação de como serão construídas as soluções para os problemas apresentados;
  - XVI - procedimentos e meios pelos quais divulgará aos consumidores os cuidados que devem ser adotados no manejo dos resíduos sólidos reversos de sua responsabilidade, incluindo os resíduos sólidos especiais ou diferenciados;
  - XVII - periodicidade de sua revisão, considerando o período máximo de quatro anos; e
  - XVIII - adoção de medidas saneadoras dos passivos ambientais.
- § 1º O Plano de Atuação para os Resíduos Sólidos deverá atender ao disposto no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município ou Distrito Federal, sem prejuízo das normas editadas pelo SISNAMA e pelo SINISA.
- § 2º O Distrito Federal e os Municípios, com base no respectivo Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, poderão dispensar a elaboração do Plano de Atuação para os Resíduos Sólidos em razão do volume, periculosidade e degradabilidade dos resíduos sólidos gerados.
- Art. 15º Para a elaboração, implementação, operacionalização e monitoramento de todas as etapas do Plano de Atuação para os Resíduos Sólidos e ainda, para o controle da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, deverá ser designado profissional técnico responsável habilitado, com atribuições para tanto.
- Parágrafo único. Os responsáveis pelo Plano de Atuação para os Resíduos Sólidos devem manter atualizadas e disponíveis para consultas as informações completas sobre a implementação do Plano de sua responsabilidade.
- Art. 16º O Plano de Atuação para os Resíduos Sólidos é parte integrante do processo de licenciamento ambiental.

### **Seção III Das Responsabilidades**

Art. 17º Compete ao gerador de resíduos sólidos a responsabilidade pelos resíduos sólidos gerados, compreendendo as etapas de acondicionamento, disponibilização para coleta, coleta, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

§ 1º A contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de rejeitos de resíduos sólidos, não isenta a responsabilidade do gerador pelos danos que vierem a ser provocados.

§ 2º Somente cessará a responsabilidade do gerador de resíduos sólidos, quando estes forem reaproveitados em produtos, na forma de novos insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos.

Art. 18º O gerador de resíduos sólidos urbanos terá cessada sua responsabilidade com a disponibilização adequada de seus resíduos sólidos para a coleta.

Art. 19º No caso de dano envolvendo resíduos sólidos, a responsabilidade pela execução de medidas mitigatórias, corretivas e reparatórias será da atividade ou empreendimento causador do dano, solidariamente, com seu gerador.

§ 1º A responsabilidade disposta no caput somente se aplica ao gerador de resíduos sólidos urbanos quando o dano decorrer diretamente de seu ato ou omissão.

§ 2º O Poder Público deve atuar no sentido de minimizar ou cessar o dano, logo que tome conhecimento do evento lesivo ao meio ambiente ou a saúde pública.

§ 3º Caberá aos responsáveis pelo dano ressarcir o Poder Público pelos gastos decorrentes das ações empreendidas para minimizar ou cessar o dano.

## **CAPÍTULO IV DO FLUXO DOS RESÍDUOS**

### **Seção Única Da Logística Reversa**

Art. 20º A instituição da logística reversa tem por objetivo:

I - promover ações para garantir que o fluxo dos resíduos sólidos gerados seja direcionado para a sua cadeia produtiva ou para cadeias produtivas de outros geradores;

II - reduzir a poluição e o desperdício de materiais associados à geração de resíduos sólidos;

III - proporcionar maior incentivo à substituição dos insumos por outros que não degradem o meio ambiente;

IV - compatibilizar interesses conflitantes entre os agentes econômicos, ambientais, sociais, culturais e políticos;

V - promover o alinhamento entre os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, com o objetivo de desenvolver estratégias sustentáveis;

VI - estimular a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis; e

VII - propiciar que as atividades produtivas alcancem marco de eficiência e sustentabilidade.

Art. 21º Os resíduos sólidos deverão ser reaproveitados em produtos na forma de novos insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, cabendo:

I - ao consumidor:

a) acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados, atentando para práticas que possibilitem a redução de sua geração; e

b) após a utilização do produto, disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reversos para coleta;

II - ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos:

- a) adotar tecnologias de modo a absorver ou reaproveitar os resíduos sólidos reversos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- b) articular com os geradores dos resíduos sólidos a implementação da estrutura necessária para garantir o fluxo de retorno dos resíduos sólidos reversos, oriundos dos serviços de limpeza urbana; e

c) disponibilizar postos de coleta para os resíduos sólidos reversos e dar destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos;

III - ao fabricante e ao importador de produtos:

a) recuperar os resíduos sólidos, na forma de novas matérias-primas ou novos produtos em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos;

b) desenvolver e implementar tecnologias que absorva ou elimine de sua produção os resíduos sólidos reversos;

c) disponibilizar postos de coleta para os resíduos sólidos reversos aos revendedores, comerciantes e distribuidores, e dar destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos;

d) garantir, em articulação com sua rede de comercialização, o fluxo de retorno dos resíduos sólidos reversos; e

e) disponibilizar informações sobre a localização dos postos de coleta dos resíduos sólidos reversos e divulgar, por meio de campanhas publicitárias e programas, mensagens educativas de combate ao descarte inadequado; e

IV - aos revendedores, comerciantes e distribuidores de produtos:

a) receber, acondicionar e armazenar temporariamente, de forma ambientalmente segura, os resíduos sólidos reversos oriundos dos produtos revendidos, comercializados ou distribuídos;

b) disponibilizar postos de coleta para os resíduos sólidos reversos aos consumidores; e

c) informar o consumidor sobre a coleta dos resíduos sólidos reversos e seu funcionamento.

Art. 22. Os resíduos sólidos reversos coletados pelos serviços de limpeza urbana, em conformidade com o art. 7º da Lei no 11.445, de 2007, deverão ser disponibilizados pelo Distrito Federal e Municípios em instalações ambientalmente adequadas e seguras, para que seus geradores providenciem o retorno para seu ciclo ou outro ciclo produtivo.

§ 1º O responsável pelos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos poderá cobrar pela coleta, armazenamento e disponibilização dos resíduos sólidos reversos.

§ 2º Para o cumprimento do disposto no caput deste artigo, o responsável pelos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos deverá priorizar a contratação de organizações produtivas de catadores de materiais recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

Art. 23º A implementação da logística reversa dar-se-á nas cadeias produtivas, conforme estabelecido em regulamento.

Parágrafo único. A regulamentação priorizará a implantação da logística reversa nas cadeias produtivas, considerando a natureza do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos sólidos gerados, bem como os efeitos econômicos e sociais decorrentes de sua adoção.

## CAPÍTULO V

### DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS

Art. 24º O Poder Público atuará no sentido de estruturar programas indutores e linhas de financiamentos para atender, prioritariamente, às iniciativas:

I - de prevenção e redução de resíduos sólidos no processo produtivo;

II - de desenvolvimento de pesquisas voltadas à prevenção da geração de resíduos sólidos e produtos que atendam à proteção ambiental e à saúde humana;

III - de infra-estrutura física e equipamentos para as organizações produtivas de catadores de materiais recicláveis formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda, reconhecida como tal pelo Poder Público;

IV - de desenvolvimento de tecnologias aplicadas aos resíduos sólidos; e

V - de desenvolvimento de projetos consorciados de logística reversa.

Art. 25º Quando da aplicação das políticas de fomentos ou incentivos creditícios destinadas a atender diretrizes desta Lei, as instituições oficiais de crédito podem estabelecer critérios diferenciados que possibilitem ao beneficiário acessar crédito do Sistema Financeiro Nacional para seus investimentos produtivos, tais como:

I - cobrança da menor taxa de juros do sistema financeiro; e

II - concessão de carências e o parcelamento das operações de crédito e financiamento.

Parágrafo único. A existência do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é condição prévia para o recebimento dos incentivos e financiamentos dos órgãos federais de crédito e fomento.

Art. 26º A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no âmbito de suas competências, poderão editar normas com o objetivo de conceder incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, respeitadas as limitações da Lei de Responsabilidade Fiscal, para as indústrias e entidades dedicadas à reutilização e ao tratamento de resíduos sólidos produzidos no território nacional, bem como para o desenvolvimento de programas voltados à logística reversa, prioritariamente em parceria com associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis reconhecidas pelo poder público e formada exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda.

Art. 27º Os consórcios públicos, constituídos com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, terão prioridade na obtenção dos incentivos propostos pelo Governo Federal.

## CAPÍTULO VI DAS PROIBIÇÕES

Art. 28º Ficam proibidas as seguintes formas de disposição final de rejeitos:

I - lançamento nos corpos hídricos e no solo, de modo a causar danos ao meio ambiente, à saúde pública e à segurança;

II - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para esta finalidade; e

III - outras formas vedadas pelo Poder Público.

Parágrafo único. No caso de decretação de emergência sanitária, a queima de resíduos a céu aberto poderá ser realizada, desde que autorizada e acompanhada pelo órgão ambiental competente.

Art. 29º Ficam proibidas, nas áreas de disposição final de rejeitos, as seguintes atividades:

I - utilização dos rejeitos dispostos, como alimentação;

II - catação em qualquer hipótese;

III - fixação de habitações temporárias e permanentes; e

IV - outras atividades vedadas pelo Poder Público.

Art. 30º Fica proibida a importação de resíduos sólidos e rejeitos cujas características causem danos ao meio ambiente e à saúde pública, ainda que para tratamento, reforma, reuso, reutilização ou recuperação.

Parágrafo único. Os resíduos e rejeitos importados que não causem danos ao meio ambiente e à saúde pública serão definidos em regulamento.



CAPÍTULO VII  
DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 31º A ação ou omissão das pessoas físicas ou jurídicas que importem inobservância aos preceitos desta Lei e a seus regulamentos sujeitam os infratores às sanções previstas em lei, em especial as dispostas na Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e seus decretos regulamentadores.

Art. 32º Esta Lei entrará em vigor cento e oitenta dias após a data da sua publicação.

Brasília, 2007.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)