

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO - SANEAMENTO AMBIENTAL

FRANCISCO FRANÇONE SOARES JUNIOR

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS DE GESSO ORIUNDOS DE OBRAS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Fortaleza

2009

FRANCISCO FRANCIONE SOARES JUNIOR
Engenheiro Civil

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS DE GESSO ORIUNDOS DE OBRAS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Dissertação de Mestrado submetida à
Coordenação do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Civil, Área de Concentração
em Saneamento Ambiental da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio
Bastos Mota

Fortaleza
2009

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS DE GESSO ORIUNDOS DE
OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

FRANCISCO FRANCIONE SOARES JUNIOR

Essa Dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração em Saneamento Ambiental, outorgada pela Universidade Federal do Ceará, em cuja biblioteca encontra-se à disposição dos interessados.

A citação de qualquer trecho dessa Dissertação é permitida, desde que seja feita em conformidade com as normas da ética científica.

Dissertação defendida e aprovada em ____ / ____ / ____.

Examinadores:

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof^a. Dr^a. Marisete Dantas de Aquino
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Vicente de Paulo Miranda Leitão
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

À minha mãe (*in memoriam*), minha referência de vida,
Helena Soares.

Com muito carinho, respeito e admiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, meu Pai eterno, por estar sempre me protegendo e iluminando meus caminhos.

Ao professor Doutor Francisco Suetônio Bastos Mota, exemplo de dedicação e competência profissional, por sua confiante orientação, pelo seu apoio, compreensão e amizade.

À Professora Doutora Marisete Dantas de Aquino e ao professor Doutor Vicente de Paulo Miranda Leitão, membros da banca, pelas sugestões, críticas construtivas e elogios.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro.

À todos da minha família, pelo apoio e estímulo.

À minha querida irmã, Leila Patrícia que sempre esteve ao meu lado, independente dos momentos, bons ou ruins, lá estava ela a minha inteira disposição.

Ao meu filho lindo, William, por todos os momentos de alegria vividos juntos, por seu carinho e por me proporcionar sentimentos maravilhosos quando estou ao seu lado.

Ao meu amor, Vanessa, eterna companheira. Pela atenção, companheirismo e principalmente pela amizade e cumplicidade incondicionais.

Ao grande amigo, Fernando Peroba Júnior, pelo apoio, paciência e incentivo nos momentos difíceis.

Aos amigos do mestrado, Gustavo Weyne, Luis Henrique, Magno Costa, Marcos Roger e Paulo Igor, pelo apoio e amizade.

Aos Engenheiros Civis Alexandre Mourão, Antonio Marden, José Carlos Gama, Fernando Falcão, Frederico Paiva e, em especial, ao Dr. Marciano Freitas Moreira pela disponibilidade e conhecimentos oferecidos.

Por fim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o êxito dessa Pesquisa.

RESUMO

O desperdício é o principal responsável pela geração de resíduos sólidos no ramo da construção civil, mais notadamente aquele relacionado com a aplicação do gesso como revestimento de paredes e tetos. Neste trabalho, buscou-se quantificar a taxa de desperdício de gesso em quatro obras localizadas na cidade de Fortaleza, por meio da utilização de duas metodologias, as quais relacionam a quantidade de massa de gesso demandada com a quantidade de resíduos gerados. A quantificação de resíduos gerados foi possível devido às empresas construtoras estudadas possuírem sistema de coleta segregada desse tipo de material. Foram pesquisados dois métodos. No primeiro tem-se como parâmetro a Massa de Gesso Demandada (MGD), calculada levando em consideração a quantidade de gesso adquirida para a realização do serviço. No segundo, a MGD é confrontada com a Quantidade Teórica Necessária (QTN), sendo esta determinada a partir de parâmetros como a área total a ser revestida e o Índice de Massa Consumida (IMC), que representa o consumo ideal sem perdas. Foi possível concluir que a técnica da pasta de gesso é aquela que apresenta maior taxa de desperdício, sendo não recomendada, do ponto de vista ambiental, para ser utilizada como revestimento de paredes e, particularmente, tetos. Verificou-se, ainda, que a taxa de desperdício para essas obras é muito grande, sendo maior que os valores encontrados na literatura.

Palavras-chave: resíduos de gesso; quantificar resíduos de gesso; reaproveitamento de gesso; RCD; perdas e desperdício.

ABSTRACT

The waste is primarily responsible for the generation of solid waste in the construction industry, most notably those related to the application of gypsum as a coating for walls and ceilings. In this work, we tried to quantify the rate of waste gypsum in four works located in the city of Fortaleza, by using two methods, which relate the quantity of mass of gypsum defendant with the amount of waste generated. The amount of waste generated could be due to the construction companies have studied segregated system of collection of such material. We studied two methods. The first parameter has been like a Mass of Gypsum Defendant (MGD), calculated taking into account the amount of gypsum obtained for the completion of service. In the second, the MGD is faced with the Quantity Theory Needed (QTN), which is determined from parameters such as the total area to be coated and Consumed Mass Index (CMI), which represents the ideal consumption without loss. It could be concluded that the technique of plaster folder is one that shows higher rates of waste and is not recommended, from an environmental standpoint, to be used as lining of walls and particularly roofs. There was also that the rate of waste to such works is very large, being larger than the values found in literature.

Keywords: waste gypsum; quantify waste gypsum; reuse of gypsum; RCD; losses and waste.

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Temperatura de calcinação relacionada com o tipo de gesso gerado	7
TABELA 3.2 – Variações das propriedades dos gessos brasileiros de construção	8
TABELA 3.3 – Aplicabilidade do gesso	28
TABELA 3.4 – Classificação de perdas	29
TABELA 3.5 – Quantificação do entulho de gesso	39
TABELA 5.1 – Massa de gesso demandada para obra 1	48
TABELA 5.2 – Massa de resíduo gerado para obra 1	49
TABELA 5.3 – Massa de gesso demandada para obra 2	50
TABELA 5.4 – Massa de resíduo gerado para obra 2	50
TABELA 5.5 – Massa de gesso demandada para obra 3	51
TABELA 5.6 – Massa de resíduo gerado para obra 3	52
TABELA 5.7 – Massa de gesso demandada para obra	53
TABELA 5.8 – Massa de resíduo gerado para obra 4	53
TABELA 5.9 – Relação entre as obras e as massas de resíduos gerados	54
TABELA 5.10 – Relação entre obras, massa de gesso demandada e taxa de desperdício	55
TABELA 5.11 – Rendimento do gesso de acordo com as técnicas utilizadas nas obras	56
TABELA 5.12 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 1	58
TABELA 5.13 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 2	59
TABELA 5.14 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 3	59
TABELA 5.15 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 4	60
TABELA 5.16 – Relação entre as obras e suas respectivas taxas de desperdício	61

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Aplicação de pasta de gesso em teto, obra 04	14
FIGURA 3.2 – Aplicação de pasta de gesso em paredes, sentido vertical, obra 04	14
FIGURA 3.3 – Aplicação de pasta de gesso em paredes, sentido horizontal, obra 04	15
FIGURA 3.4 – Nivelamento da superfície revestida, obra 04	15
FIGURA 3.5 – Superfície homogênea, sem vazios e imperfeições, obra 04	16
FIGURA 3.6 – Acabamento final da superfície, obra 04	16
FIGURA 3.7 – Etapas de execução do serviço de forro com placa de gesso acartonado	25
FIGURA 3.8 – Colocação das junções	26
FIGURA 3.9 – Colocação das placas	26
FIGURA 3.10 – Colocação das nervuras e fixação das placas	27
FIGURA 4.1 – Contêiner exclusivo para resíduo de gesso, obra 03	45
FIGURA 5.1 – Gráfico da relação entre MGD, MRG e TD das quatro obras analisadas	57
FIGURA 5.2 – Comparação da massa de gesso utilizada obtida por meio do método 1: Expedito com a quantidade teórica necessária obtida através do método 2: Teórico	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Acep – Associação Cearense de Estudos e Pesquisas
- Arfor – Agencia Reguladora de Fortaleza
- Astef – Associação Técnico-Científica Paulo de Frontain
- Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- Emlurb – Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização
- IMC – Índice de Massa Consumida
- Iso – International Organization for Standardization
- MGD – massa de gesso total demandada
- MGD_P – Massa de Gesso Demandada para a técnica de pasta de gesso
- MRG – massa de resíduos gerados
- PBQP-H – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
- PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
- Pib – Produto Interno Bruto
- PIGRCC – Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
- QTN – Quantidade Teórica Necessária
- RCD – Resíduos de Construções e Demolições
- Semam – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano
- Senai – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- Sinduscon/CE – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará
- TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos
- TD – Taxa de Desperdício
- Usifort – Usina de Reciclagem de Fortaleza

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo geral	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 O produto gesso	5
3.2 Produção de gesso	6
3.3 Propriedades do gesso utilizado na construção civil	8
3.4 Revestimento de pasta de gesso	10
3.4.1 Utilização	10
3.4.2 Método de execução	12
3.5 Alvenaria de divisória de gesso	17
3.5.1 Utilização	17
3.5.2 Método de execução	20
3.6 Forros de placas de gesso	22
3.6.1 Utilização	22
3.6.2 Método de execução: forro de placas de gesso convencionais	23

3.6.3 Método de execução: forro de placas de gesso acartonado	24
3.7 Outras aplicações do gesso	28
3.8 Perdas do gesso como material de construção	28
3.9 Reaproveitamento do gesso como material de construção civil	29
3.10 Impactos ambientais decorrentes das disposições irregulares de resíduos sólidos	32
3.11 A resolução Conama 307 e a gestão dos resíduos da construção civil	35
3.12 Gestão atual dos resíduos da construção civil em Fortaleza no Estado do Ceará	36
3.13 Estudos na área	38
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 Caracterização das obras	41
4.1.1 Obra 1	41
4.1.2 Obra 2	41
4.1.3 Obra 3	42
4.1.4 Obra 4	43
4.2 Método 1 (Expedito)	44
4.3 Método 2 (Teórico)	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 Resultados do método 1 (Expedito)	47
5.1.1 Obra 1	47
5.1.2 Obra 2	49
5.1.3 Obra 3	51
5.1.4 Obra 4	52
5.1.5 Análise comparativa entre as obras	54
5.2 Resultado do método 2 (Teórico)	57

5.2.1 Obra 1	58
5.2.2 Obra 2	59
5.2.3 Obra 3	59
5.2.4 Obra 4	60
5.3 Análise comparativa entre os dois métodos	61
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos decênios verificou-se que importantes fatores que contribuem para o surgimento de impactos ambientais, tendo como consequência a produção de resíduos sólidos, foram agravados. De um lado tem-se o crescimento da população mundial, mais notadamente aquela parcela populacional das sociedades de consumo que se concentram em torno dos centros urbanos. Por outro lado, tem-se o crescente avanço tecnológico e a produção de bens de consumo rapidamente substituíveis, porém lentamente biodegradáveis.

Uma das mais importantes consequências do aumento populacional em torno dos grandes centros urbanos, onde existe a escassez de espaços disponíveis, é o aquecimento do mercado imobiliário. Tal aquecimento, por sua vez, provoca intensa mobilização da construção civil. Este é um dos mais importantes setores da economia brasileira, representando uma relevante parcela do Produto Interno Bruto (PIB). Juntos, estes fatores têm tornado a questão dos resíduos sólidos de difícil solução.

Os resíduos sólidos são definidos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 10.004/2004), como:

Todo resíduo nos estados sólido e semi-sólido resultante de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Dentre os diversos tipos de resíduos sólidos, aquele que interessa diretamente para esta pesquisa é o resíduo de gesso. Este material é bastante empregado na construção civil. Por isso, seu manejo e destinação final representam uma parte importante da gestão dos resíduos.

O gesso é um produto da calcinação da gipsita. A gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um mineral encontrado em diversas regiões do mundo, como Estados Unidos, Irã, Canadá, México e Espanha. No Brasil, abundantes reservas de gipsita estão localizadas no estado de Pernambuco, na região do Araripe, que participa com 95% da produção Brasileira de gesso (RIBEIRO, 2006).

De acordo com a Resolução Conama 307/2002, o gesso é classificado como sendo de Classe C, ou seja, resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. No entanto, na literatura estão presentes diversos estudos que comprovam o reaproveitamento e a reciclagem do gesso.

Partindo de uma visão crítica mais contundente, a construção civil está longe de ser uma indústria no sentido mais amplo do termo. Pode-se dizer que suas atividades mais se assemelham a um processo artesanal que a uma complexa produção industrial. Isto se deve ao fato, dentre outros, do caráter manufatureiro do processo construtivo, da baixa qualificação profissional e do caráter não homogêneo e seriado devido à singularidade do produto.

Porém, por mais que se tenha pesquisado e investido em novas tecnologias construtivas, programas de qualidade e gestão, etc. tem-se verificado que existe ainda uma grande parcela de desperdício no âmbito da construção civil. O desperdício representa uma das maiores parcelas para a produção de resíduos sólidos no âmbito da construção civil.

A geração de resíduos de gesso de construção, resultante do desperdício em obra, é de aproximadamente 45% (NITA *et al.*, 2004). O não reaproveitamento deste tipo de resíduo, porém, vem se tornando um problema de ordem econômica e ambiental.

Neste contexto, a quantificação desse desperdício torna-se de fundamental importância. Esta pesquisa busca levantar a quantidade, mais próxima possível da realidade, dos resíduos de gesso que foram desperdiçados em quatro obras realizadas na cidade de Fortaleza durante o período de 2006 a 2008. As metodologias aplicadas consistiram em dois métodos. No primeiro, fez-se o

levantamento de dados visando à comparação entre o volume de material utilizado e de resíduo gerados (método expedito); no segundo, quantificou-se o desperdício por meio de fórmula matemática que leva em consideração a quantidade de gesso gasto, em quilogramas, em função da composição teórica de gesso a ser consumida (método teórico).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Efetuar uma análise quantitativa dos resíduos de gesso oriundos de quatro obras da construção civil, avaliando-se o desperdício deste material.

2.2 Objetivos específicos

- Observar os aspectos gerais do material gesso, no que diz respeito à sua definição, classificação, origem e produção.
- Efetuar uma descrição das técnicas de revestimento utilizadas, incluindo pasta de gesso, divisórias de gesso, placas de gesso acartonado e placas convencionais;
- Estimar a quantidade de resíduos de gesso gerados em quatro obras civis na cidade de Fortaleza;
- Verificar metodologias com vistas a medir a taxa de desperdício de gesso em obras, apresentando uma nova metodologia que relaciona a quantidade de material requerida para execução do serviço com a quantidade de resíduos gerados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O produto gesso:

No Brasil são utilizados três tipos de aglomerantes: o cimento Portland, a cal e o gesso. As características e propriedades deste último são de fundamental importância neste trabalho. A denominação geral do gesso é o sulfato de cálcio (CaSO_4). Já o aglomerante usado na construção civil é o sulfato de cálcio hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). No entanto, também existem as formas de sulfatos de cálcio dihidratado $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e sem moléculas de água, anidrita (CaSO_4).

Para Petrucci (1993), 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 dihidratado) e algumas impurezas SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , CaCO_3 , MgO não ultrapassando 6% do total. Segundo Pires (2002), gesso é um material branco fino não hidráulico, rijo de dureza MOHS inferior a dois, que em contato com a água se hidrata em um processo exotérmico. Já Rilem (1988) define gesso como um aglomerante aéreo (devido à falta de resistência satisfatória à ação da água), constituído por sulfato de cálcio hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) ou por uma mistura de sulfatos (hemidrato, anidrita e gipsita) e com baixo teor de água livre e impurezas, tais como: calcita, argilominerais e sais solúveis.

A NBR 13207 (ABNT, 1994) classifica os gessos em dois tipos: fundição (para pré-fabricados de construção civil) e revestimento; sendo subdivididos em fino e grosso. A principal diferença entre eles é o teor de anidrita II, sendo mais elevado no tipo para revestimento. Os de uso interno, em edificações, sofrem alterações de suas propriedades pela ação da água, sendo chamados de gesso comum.

De acordo com Selmo (1997), existem também gessos especiais com características de baixa permeabilidade e alta resistência mecânica, comercializados apenas no exterior. São eles: gesso de revestimento de alta dureza, gesso modificado com resina, gesso de revestimento de piso e gesso de revestimento externo.

3.2 Produção de gesso

A produção do gesso natural é realizada a partir da exploração de gipsita. Após a extração, a rocha é preparada para a calcinação onde sofre processo de britagem, trituração e queima (ANTUNES, 1999).

A calcinação é um processo térmico pelo qual a gipsita é desidratada, utilizando fornos tipo panela, fornos tipo marmita, fornos tipo rotativo e fornos tubulares paralelos e barriga quente (PIRES, 2002). Esta é a etapa mais importante do processo produtivo do gesso, exigindo condições termodinâmicas e cinéticas bem definidas para cada tipo de produto desejado.

A gipsita, em sua forma natural ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Sulfato de Cálcio dihidratado, normalmente está associada às impurezas como óxidos metálicos. Quando encontrado sob forma CaSO_4 simplesmente, também conhecida como anidrita natural, não tem valor comercial. Neste caso, ela possui estrutura estável, não sendo afetada facilmente pelo processo de decomposição térmica.

Sendo processada adequadamente, a gipsita se decompõe, segundo a reação:

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, transformando-se em hemidrato, nas suas morfologias alfa ou beta (ANTUNES, 1999).

A temperatura teórica para que a reação de desidratação ocorra é de 106°C , porém a velocidade da reação será razoável, considerando a produção industrial, para temperaturas superiores na faixa de 145 a 170°C (SANTOS, 1998).

Há dois tipos de gesso hemidratado, o Alfa e o Beta. Estes são obtidos conforme o processo de calcinação seja realizado, por via seca ou úmida. Se a gipsita for calcinada a seco sob pressão atmosférica, ou baixa pressão, será obtida o hemidrato β . Caso a calcinação ocorra sob pressão de vapor de água saturante, será obtido o hemidrato α . Devido ao menor tempo de pega, maior resistência

mecânica e custo mais elevado, o hemidrato α tem sua maior utilização como gesso hospitalar. Já o β , com custo de produção mais baixo, predomina no gesso de construção civil nacional (CINCOTTO *et al.*, 1988).

O gesso (hemidratado β) apresenta propriedades extremamente atraentes para a construção civil, principalmente para a produção de revestimentos. Pode ser empregado sob forma de pasta, argamassa ou placas, tanto para paredes como para tetos (não podem ter função estrutural) e é um material fácil de cortar, perfurar, pregar ou aparafusar (PETRUCCI, 1993).

O tipo de gesso é obtido a partir da temperatura utilizada no processo de calcinação da gipsita. A TABELA 3.1 apresenta, de forma simplificada, esta relação.

TABELA 3.1 – Temperatura de calcinação relacionada com o tipo de gesso gerado.

Temperatura de calcinação	Tipo de gesso
de 140°C a 160°C	Hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)
160°C e 200°C,	Anidrita III ($\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
250°C a 800°C	Anidrita II (CaSO_4)
acima de 800°C	Anidrita I ou Anidrita α (CaSO_4)

Fonte: NOLHIER, 1986; CINCOTTO *et al.*, 1988a; SANTOS, 1998.

As temperaturas indicadas dependem fundamentalmente das condições de calcinação da gipsita (pressão de vapor, gradiente térmico do forno, umidade, qualidade e tipo de mineralógico da amostra). Depois de calcinado, o material é moído e selecionado em frações granulométricas, sendo classificado de acordo com seu tempo de pega e, por fim, são embalados em sacos de papel multifoliados, de acordo com a NBR 13207 (ABNT, 1994).

As principais jazidas situam-se na região Nordeste e Norte do país. Bahia com 44%, Pará com 31,4% e Pernambuco com 18,5% das reservas nacionais NBR 13207 (ABNT, 1994).

O Brasil possui reservas de gipsita da ordem de 1.250 bilhões de toneladas, sendo considerada uma das maiores do planeta, estando na frente dos EUA, com 700 bilhões e Canadá, com 450 bilhões de toneladas (PIRES, 2002). Porém, a produção do Brasil é considerada tímida, embora crescente à taxa de 10% ao ano, na ordem de 1,4 mil toneladas/ano, muito atrás dos EUA, que exploram 17,0 mil ton/ano e do Canadá, que explora 8,0 mil ton/ano.

3.3 Propriedades do gesso utilizado na construção civil

Para Silva *et al.* (1998) e Antunes (1999), dentre as propriedades do gesso, destacam-se as resistências mecânicas, dureza e aderência, que são compatíveis com os esforços atuantes conferindo bom desempenho das pastas durante o uso.

As resistências à compressão e à tração das pastas de gesso, após o endurecimento, têm uma forte correlação com a quantidade de água utilizada na hidratação, pois diminuem à medida que se aumenta a quantidade de água, semelhante ao desempenho do cimento (SILVA *et al.*, 1998).

A TABELA 3.2 apresenta um resumo dos valores típicos das propriedades mecânicas dos gessos nacionais e suas respectivas relações água/gesso. Vale lembrar que os dados do trabalho pioneiro de Cincotto *apud* Antunes (1999) são referentes a diversas marcas de gesso nacional.

TABELA 3.2 – Variações das propriedades dos gessos brasileiros de construção.

Propriedades	Relação água/gesso	Resistência (Mpa)
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
Aderência	0,600 – 0,800	0,40 – 1,60

Fonte: ANTUNES, 1999.

Para pastas destinadas a revestimentos, a aderência e a dureza superficial são as propriedades mecânicas mais solicitadas. O gesso possui boa aderência aos substratos de alvenaria, pedra, vidro e 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).

De acordo com Nolhier (1986), o mecanismo de aderência do gesso à base é, em princípio, físico. Durante a aplicação da pasta, o substrato absorve a água de amassamento saturada por capilaridade, possibilitando que os cristais de dihidrato se precipitem nos seus poros. A ancoragem ocorre pela formação de uma malha destes cristais do interior do poro do substrato ao revestimento. Existem três fatores principais que impedem uma boa aderência:

- Utilização de gesso já hidratado - como os cristais já estão formados não haverá ancoragem nem formação de malha;
- Sucção da base extremamente elevada - pode retirar a água necessária à completa hidratação do gesso, impedindo a formação da estrutura;
- Sucção da base muito baixa - como a pasta não é absorvida a ancoragem fica prejudicada.

Outras propriedades de uso geral do gesso que podem ser citadas são:

Endurecimento rápido, o que proporciona rapidez na execução dos serviços, resultando uma elevada produtividade (ANTUNES, 1999);

Aglomerante capaz de produzir produtos com boa capacidade termoacústico (como a madeira seca e o tijolo) devido à sua absorção de calor (PETRUCCI, 1993);

Boa resistência ao fogo, protegendo bem as estruturas contra incêndio, devido a grande quantidade de moléculas de água em sua composição. Ressalte-se que dihidrato, por se decompor a baixas temperaturas, libera de 1,5 a 2,0 moléculas de água por molécula de sulfato, formando uma névoa que retarda a propagação do fogo (AGOPYAN, 1989);

Boa plasticidade da pasta de gesso produzindo, uma superfície endurecida lisa, evidenciando um excelente acabamento que pode, muitas vezes, dispensar o acabamento final, como a massa corrida. A superfície resulta numa camada compacta que tem propriedades mecânicas superiores às do interior da pasta devido o tratamento mecânico, como por exemplo, o desempenho, que orienta a formação dos cristais que estão na superfície (ANTUNES, 1999);

Praticamente não há retração por secagem, diminuindo o risco de fissuração nas primeiras idades (ANTUNES, 1999);

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);

Pela facilidade de absorção e perda de água, contribui no equilíbrio da umidade relativa do ar de ambientes fechados, principalmente climatizados (AGOPYAN, 1989).

3.4 Revestimento de pasta de gesso

3.4.1 Utilização

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). Este tipo de revestimento pode ser aplicado diretamente em qualquer substrato. Como todo material de construção civil, o gesso apresenta vantagens e desvantagens na sua aplicação.

Dentre as vantagens podem ser citadas:

- Menor custo de fabricação em relação aos outros aglomerantes, devido ao seu baixo consumo relativo de energia. Processado em temperaturas que raramente atingem valores acima de 300°C, é ambientalmente mais viável que o cimento Portland, que necessita de temperaturas que atingem 1.450°C, para fabricação de seu clínquer, e a cal, cuja temperatura de fabricação varia entre 800 e 1.100°C (SILVA *et al.*, 1998);
- Possibilidade de redução na relação custo/benefício da edificação, em decorrência de baixa densidade dos sistemas de gesso. Tal característica torna as fundações e estruturas da edificação mais econômicas, bem como ocasiona uma diminuição nos prazos de execução da obra, possibilitando um menor tempo de imobilização do investimento (SILVA *et al.*, 1998).

Existem, no entanto, também algumas limitações quanto a este sistema, como podem ser verificadas a seguir (ANTUNES, 1999):

- Comportamento pouco estável quando em presença de água, devido a sua alta solubilidade (principalmente em ambientes molhados e externos);
- Corrosão de qualquer elemento metálico que esteja em contato com ele quando da presença de umidade excessiva, ou devido à má ventilação e ao fato de que o pH da solução de seus poros esteja próximo do neutro;
- Mais solúvel que os produtos de cal e do cimento, limitando sua utilização em ambientes internos, ou em ambientes externos com proteção;

- Localização geográfica das jazidas distantes dos grandes centros urbanos, acarretando custos de transporte elevados;
- Reduzido tempo de pega da pasta, que gera um curto período disponível para aplicação do revestimento (tempo útil), acarretando perda de material, tornando a obra suja e com significativa quantidade de entulho.

3.4.2 Método de execução

Para dar início a esse serviço é necessário que as alvenarias estejam concluídas e as tubulações elétricas e hidro-sanitárias executadas. De preferência, as pavimentações dos ambientes a serem revestidos devem estar concluídas.

A superfície onde será aplicado o revestimento em pasta de gesso deverá estar completamente limpa, de forma a favorecer a execução desse serviço.

Devem-se remover pregos, arames e qualquer elemento metálico. Não sendo possível a remoção, o encarregado do serviço deve cortar de forma profunda em relação à superfície e preencher o espaço vazio com argamassa de cimento e areia.

As caixas de passagem da instalação elétrica existente nos locais a serem revestidos com pasta de gesso devem obrigatoriamente ser de plástico e devem estar protegidas com papel ou plástico. Os ralos também devem estar tampados.

No caso em que a superfície a ser revestida com pasta de gesso for de concreto, esta deve previamente receber uma demão, aplicada com broxa ou rolo, de pasta de cimento e adesivo a base de PVA ou acrílica (proporção recomendada pelo fabricante). As paredes a serem revestidas devem estar emestradadas.

O procedimento de preparo das pastas de gesso e sua aplicação seguem as seguintes fases: preparo da pasta, espera e aplicação.

A preparação consiste na colocação da água na masseira e em seguida o pó de gesso é polvilhado de forma a preenchê-la totalmente em quantidade suficiente para que toda, ou quase toda água seja absorvida pelo pó (ANTUNES, 1999). Após aproximadamente 5 minutos, que corresponde à dissolução do hemidrato, a pasta segue para a etapa de espera. Esta etapa corresponde ao período de indução (entre 15 a 20 minutos) necessário para a pasta adquirir a consistência mínima necessária adequada para aplicação (início da pega).

A próxima etapa é a de aplicação, que corresponde ao início do tempo útil (final do período de indução), isto é, tempo hábil para utilização da pasta que alcançou as consistências adequadas, que são determinadas 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).

A aplicação da pasta de gesso nas superfícies onde será executado o revestimento deve ser realizada por meio de desempenadeira de PVC.

Preferencialmente, a execução do serviço deve iniciar pelo teto, aplicando a pasta de gesso com o auxílio de desempenadeira de PVC em movimentos de vai-e-vem, sempre observando as espessuras definidas pelas mestras, conforme ilustrado na FIGURA 3.1. Em superfícies com pequenas áreas como a de tetos de banheiros onde não se aplica o uso de mestra, o encarregado do serviço deve atentar para que a espessura do revestimento não ultrapasse 0,5 cm.



FIGURA 3.1 – Aplicação de pasta de gesso em teto (obra 04).

Nas paredes, o deslizamento deve ser realizado de baixo para cima de acordo como ilustra a FIGURA 3.2. O encarregado do serviço deve ter as mestras como referência para atingir a espessura do revestimento desejada. Além das mestras, o encarregado poderá aplicar tiras de gesso na superfície, para auxiliar na obtenção da espessura desejada.



FIGURA 3.2 – Aplicação de pasta de gesso em paredes, sentido vertical (obra 04).

Regularizar a espessura da camada, aplicando a pasta com a desempenadeira, agora, no sentido horizontal. Cada faixa deve ser sobreposta à anterior conforme mostra a FIGURA 3.3.



FIGURA 3.3 – Aplicação de pasta de gesso em paredes, sentido horizontal (obra 04).

Retirar os excessos, nivelando o teto e a parede com régua de alumínio (FIGURA 3.4). Em seguida, conferir a espessura do revestimento junto à referência adotada.



FIGURA 3.4 – Nivelamento da superfície revestida (obra 04).

Em seguida, conforme a FIGURA 3.5, deve-se limpar a superfície com o canto da desempenadeira de aço para eliminar ondulações e falhas e, depois, aplicar nova camada de pasta para cobrir os vazios e imperfeições da superfície, deixando-a homogênea e assegurando a espessura final do revestimento.



FIGURA 3.5 – Superfície homogênea, sem vazios e imperfeições (obra 04).

Por fim, deve-se desempenar cuidadosamente os excessos e rebarbas exercendo uma certa pressão para obter a superfície final que deverá apresentar um acabamento liso e sem ondulações (FIGURA 3.6). Após a inspeção realizada pela gerência da obra, as mestras devem ser retiradas e preenchidas com revestimento em gesso.



FIGURA 3.6 – Acabamento final da superfície (obra 04).

Decorrendo o tempo útil (entre 30 a 35 minutos) o gesso se hidrata completamente não se prestando mais para o serviço. 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).

Atualmente, existem equipamentos de projeção que auxiliam a aplicação da pasta de gesso nas superfícies a serem revestidas, tornando uma alternativa de maior produtividade, diminuindo o desperdício e não necessitando de profissional especializado e potencializando a qualidade do revestimento. Todavia, tal método de aplicação tem custo elevado e requer a utilização de material dosado especificamente para esse fim, evitando problemas como a obstrução do equipamento de projeção (ANTUNES, 1999).

3.5 Alvenaria de divisória de gesso

3.5.1 Utilização

Esse tipo de alvenaria é formado por divisórias e cola. As divisórias são pré-moldadas de gesso fabricadas por processo de moldagem e apresentam acabamento perfeito nas suas superfícies. Assim, as divisórias se encaixam perfeitamente e, após a montagem da parede, obtém-se uma superfície plana e pronta para receber o acabamento. Já a cola é um produto em pó à base de gesso, desenvolvida para ser utilizada na montagem das divisórias e na colagem de outros elementos de gesso, como sancas, molduras, placas, como também, na colagem de azulejos e cerâmicas. Ela possui excelente trabalhabilidade durante a execução do serviço e, após seca, apresenta uma ótima resistência mecânica e aderência, possibilitando uma união perfeita entre divisórias e entre divisórias e demais materiais.

Uma das maiores vantagens desse tipo de alvenaria é poder executá-la após o serviço de revestimento do pavimento. Dessa forma, há diversos ganhos, como a possibilidade de flexibilizar o leiaute dos ambientes, a redução no tempo de

execução desses serviços, e, em consequência, a diminuição do custo de mão-de-obra, o melhor aproveitamento do revestimento (menos trinchos), a facilidade de remover e recuperar as paredes em caso de reforma e, por fim, ainda possibilita transferir o desembolso financeiro desse serviço para o final da obra.

A seguir, apresentam-se outras importantes vantagens do serviço de execução de alvenaria utilizando divisórias de gesso, segundo Atual (2007):

- As divisórias de gesso são consideradas incombustíveis, por apresentar grande resistência à propagação das chamas; a molécula d'água nele contida opõe-se à elevação e à propagação do calor, servindo como barreira corta-fogo;
- As divisórias de gesso apresentam baixo coeficiente de condutividade térmica devido à elevada micro-porosidade aliada à baixa densidade; com isso, o calor se propaga mais lentamente no interior dos blocos, diminuindo a intensidade e retardando a transmissão do calor entre superfícies;
- As divisórias de gesso apresentam elevado índice de redução sonora para as principais frequências de percepção humana. Para os blocos maciços de 100 mm de espessura é possível obter redução de até 38 decibéis, para frequências entre 500 a 800hz;
- Por apresentar micro porosidade e permeabilidade ao ar úmido, constitui um facilitador de troca de grau de umidade entre o ambiente e as divisórias de gesso, possibilitando a obtenção de equilíbrio higro-térmico;
- O baixíssimo coeficiente de dilatação térmica e hidráulica, aliado à fabricação industrial, possibilita a obtenção de componentes com precisão e padronização dimensional;

- Devido a sua baixa densidade, as divisórias de gesso são fabricadas com dimensões de face relativamente elevadas ($0,33\text{m}^2$), possibilitando a construção de alvenarias com baixa densidade por área construída;
- Este tipo de alvenaria proporciona alta produtividade, principalmente devido ao tamanho da divisória, a facilidade de montagem e a precisão dimensional e de encaixe;
- Devido à precisão dimensional, acabamento e encaixe das divisórias, as paredes são planas e niveladas, dispensando revestimento para correção. A pintura com textura acrílica pode ser executada sobre a própria divisória, sem a necessidade de chapiscar ou rebocar. Nas áreas indicadas, o revestimento cerâmico poderá ser assentado diretamente sobre as divisórias, utilizando cola de gesso ou argamassa;
- Em virtude da facilidade de corte das divisórias, aproveitamento dos pedaços cortados e do tempo estendido de utilização da cola, o desperdício é reduzido;
- Facilidade na execução das instalações elétricas e hidráulicas. Os cortes para as passagens das instalações são realizados com auxílio de máquina especializada isenta de pó. A recomposição dos rasgos é feita facilmente com gesso;
- O nível de acabamento do sistema resulta em prumo, esquadro e planicidade perfeitos, proporcionando grande economia de massa corrida;
- Devido à menor espessura da alvenaria, em média 7 cm, tem-se ganho de área nos ambientes e economia com a menor espessura dos forramentos.

3.5.2 Método de execução

Inicialmente, é importante que no pavimento onde será montada a divisória, todos os serviços em que se utiliza água estejam finalizados e os períodos de cura vencidos, como por exemplo a execução das estruturas de concreto, alvenaria externa, contrapisos, revestimentos de gesso e de argamassa, caso exista.

O ambiente deve estar seco e protegido contra a entrada da água de chuva e o piso deve estar devidamente nivelado.

Além disso, as saídas das tubulações elétricas pelas lajes devem estar devidamente posicionadas, recomendando-se que as prumadas das instalações hidráulicas e sanitárias também tenham sido realizadas, para evitar que a execução desses serviços prejudique a montagem da divisória.

As áreas para o armazenamento dos materiais e componentes necessários para a montagem da divisória devem estar definidas, sendo preferível que esses sejam estocados nos pavimentos, para evitar o duplo transporte. Nesse caso, é importante conhecer previamente a quantidade necessária dos materiais e componentes que serão utilizados em cada pavimento.

Após a verificação dessas condições, inicia-se o serviço com a colocação da primeira fiada de divisórias de gesso. Para isso, a superfície onde será assentada a fiada deve estar nivelada, estável e impermeabilizada de modo que impeça a ascensão de águas por capilaridade.

A primeira fiada deve ser composta por divisórias de gesso hidrófogos. A borda fêmea dessas peças deve ser orientada para baixo, sendo fixada a superfície por meio de cola de gesso. O encarregado do serviço deve assegurar que as peças estão niveladas e aprumadas em toda a extensão.

Com a primeira fiada concluída, pode-se iniciar a elevação da parede de divisória de gesso. A técnica utilizada é popularmente conhecida como “alvenaria em trama”, isto é, defasada de meio bloco e empregando o sistema macho-fêmea.

O posicionamento das divisórias deve ser modulado de forma a utilizar a máxima quantidade de peças inteiras. Merecem atenção especial os vãos de portas e janelas. Nestes lugares, as peças não devem ser inferiores a sua metade.

Por sobre os vãos de porta e janelas devem ser utilizados travamentos, de modo que, no mínimo, sobrem nas laterais 25 cm por sobre as alvenarias. Caso não seja possível, utilizar detalhes construtivos de reforço que garantam a estabilidade e a não transmissão de cargas para a esquadria.

Os cantos e encontros das paredes também devem ser modulados de forma a garantir o travamento destas.

Quando necessário, deve-se utilizar detalhes de corte e ligação entre as divisórias, de forma a garantir o perfeito travamento e estabilidade aos esforços solicitantes.

Por fim, a cola de gesso a ser utilizada deve apresentar homogeneidade e consistência adequadas, devendo ser destendida uniforme e continuamente em todo perímetro de contato entre as divisórias e entre a divisória e a base. Buscando garantir a perfeita ligação entre as peças, o encarregado do serviço deverá utilizar martelo de borracha com auxílio de gabaritos que evitem choque direto do martelo e a divisória.

3.6 Forros de placas de gesso

3.6.1 Utilização

Os forros de placas de gesso mais utilizados são os denominados convencionais de dimensão 60 cm x 60 cm, com fabricação, atualmente, bastante artesanal, e os acartonados, que são definidos pela Norma 14715 (ABNT, 2001) como chapas fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivo entre duas lâminas de cartão, onde uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra.

Tanto os forros de placas de gesso convencionais como os acartonados podem ser utilizados em diversas formas de arquitetura. Podem ser horizontais ou inclinados, com sancas trabalhadas, forros em relevo, em arcos ou abobadados, artesanais, e qualquer outra forma especial, podendo ser montados sob lajes de concreto, estrutura metálica ou de madeira (GONZAGA; DAVID, 2000).

Um dos principais objetivos desse material é a de evitar que as instalações fiquem embutidas em alvenaria ou laje, permitindo a passagem das tubulações e o acesso às mesmas mais facilmente. De acordo com os fabricantes, o resultado da utilização desse material é a produção de uma superfície lisa, sem juntas aparentes e podendo receber qualquer tipo de acabamento. O forro não trinca e não fica ondulado com o tempo, pois os movimentos normais das estruturas são absorvidos pela estrutura metálica e pelo sistema de juntas.

Os forros de gesso podem melhorar o conforto termoacústico ao ambiente, além de aumentar a segurança aos incêndios na edificação (AGOPYAN, 1989). Vale lembrar que esta característica depende do projeto arquitetônico e de outros requisitos.

De uma forma geral, o forro de gesso pesa aproximadamente 12 kg/m² e seu desempenho termoacústico pode ser melhorado colocando lã mineral sobre o forro ou aumentando o número de placas (camadas). As variações de temperatura e

de umidade relativa do ar não provocam variações dimensionais expressivas das placas (GONZAGA; DAVID, 2000).

3.6.2 Método de execução: forro de placas de gesso convencionais

O local onde será executado o serviço deve estar totalmente limpo, sem restos de fôrma, pontas de ferro ou partes soltas de concreto ou argamassas.

As fiações, eletrodutos, tubulação de sprinklers, dutos de ar condicionado, suportes de lustres, eventuais suportes de armadores de rede, suportes de estendedores de roupa, bem como quaisquer aparatos que fixarão algo na área desse forro, já deverão estar em seus locais definitivos e totalmente acabados.

De preferência, as esquadrias desses ambientes já deverão estar colocadas, para que se possa evitar o acesso excessivo de umidade.

As pavimentações dos ambientes, já revestidos ou não, devem ser bem protegidas.

Os forros não deverão receber nenhum tipo de carga adicional, tais como: luminárias, dutos de ar, etc. Devem ser instalados suportes para a fixação desses elementos de forma independente do forro.

As áreas para o armazenamento dos materiais e componentes necessários para a execução do forro devem estar definidas, sendo preferível que esses sejam estocados nos pavimentos, para evitar o duplo transporte. Nesse caso, é importante conhecer previamente a quantidade necessária dos materiais e componentes que serão utilizados em cada pavimento.

O encarregado do serviço deve marcar o nível do forro acabado nas paredes, conforme cotas estabelecidas no projeto de arquitetura. Em seguida, deve-se fixar arames galvanizados nu ou encapado com bitola mínima n°18 nas lajes, por

meio de tiros de pistola finca-pino. Nesse momento, o encarregado do serviço deve prever o comprimento suficientemente longo do arame para posterior ajuste.

A montagem das placas de gesso convencionais deve obedecer a sequência que permita o encaixe macho-fêmea característico de suas bordas e o ajuste correto do nível do forro.

No encontro entre as placas e as paredes, deve-se executar o chumbamento com sisal e pasta de gesso.

As placas devem ser chumbadas entre si com sisal e gesso na parte superior, para garantir a firmeza quanto ao movimento horizontal. Os arames, também, devem ser revestidos com sisal e gesso, para garantir a firmeza quanto aos movimentos na vertical.

Por fim, o encarregado do serviço deve aplicar o acabamento geral no forro, utilizando pasta de gesso de forma a assegurar um perfeito nivelamento da superfície e preenchimento das irregularidades existentes.

3.6.3 Método de execução: forro de placas de gesso acartonado

O local da colocação do forro deve estar totalmente limpo, sem restos de fôrma, pontas de ferro ou partes soltas de concreto ou argamassas.

As fiações, eletrodutos, tubulação de sprinklers, dutos de ar condicionado, suportes de lustres, eventuais suportes de armadores de rede, suportes de estendedores de roupa, bem como quaisquer aparatos que fixarão algo na área desse forro, já deverão estar em seus locais definitivos e totalmente acabados.

De preferência, as esquadrias desses ambientes já deverão estar colocadas, para que se possa evitar o acesso excessivo de umidade.

As pavimentações dos ambientes, já revestidos ou não, devem ser bem protegidas.

Os forros não deverão receber qualquer tipo de carga adicional, tais como: luminárias, dutos de ar, etc. Devem ser instalados suportes para a fixação desses elementos de forma independente do forro.

As áreas para o armazenamento dos materiais e componentes necessários para a execução do forro devem estar definidas, sendo preferível que esses sejam estocados nos pavimentos, para evitar o duplo transporte. Nesse caso, é importante conhecer previamente a quantidade necessária dos materiais e componentes que serão utilizados em cada pavimento.

A execução desse serviço deve seguir as etapas descritas na FIGURA 3.7.

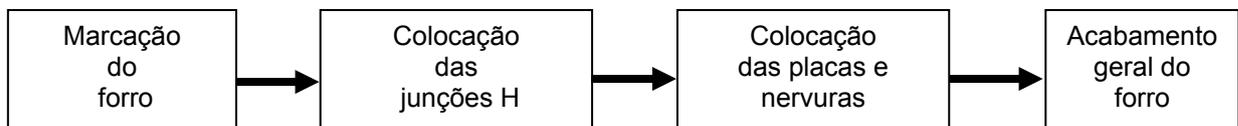
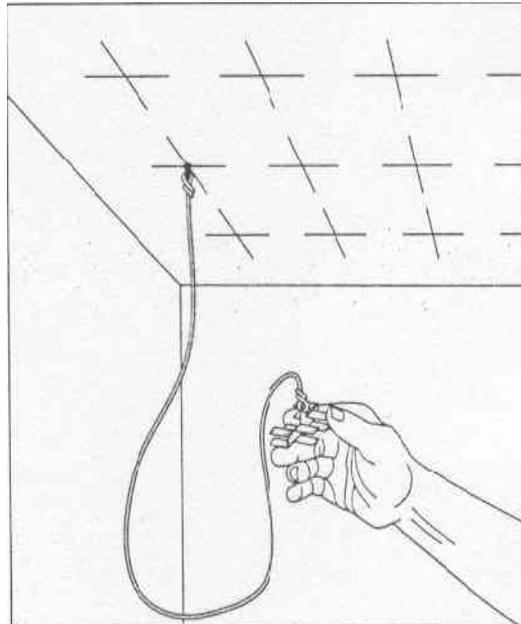


FIGURA 3.7 – Etapas de execução do serviço de forro com placa de gesso acartonado

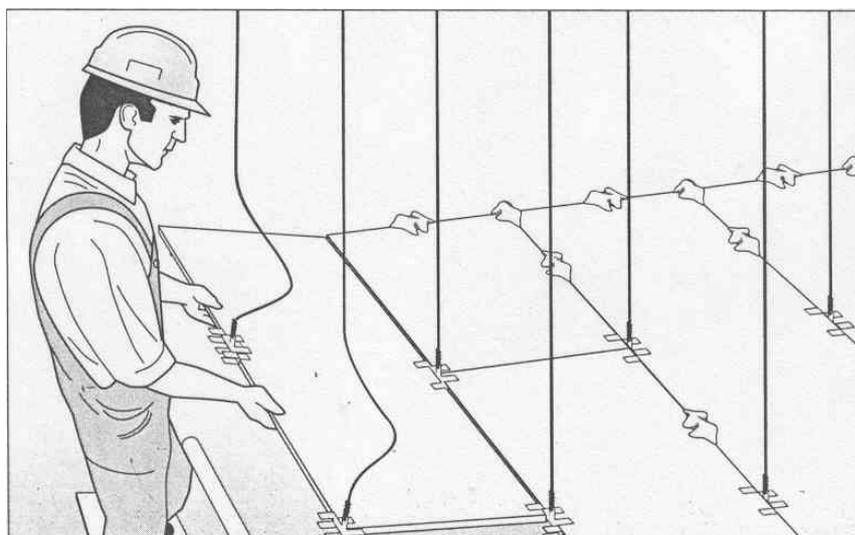
Inicialmente, deve-se marcar o nível do forro acabado nas paredes.

Após a marcação, o encarregado do serviço deve pendurar as junções H com arames galvanizados nu ou encapado com bitola mínima nº18 nas lajes, por meio de tiros de pistola finca-pino. Nesse momento, deve ser previsto comprimento suficientemente longo do arame para posterior ajuste, conforme ilustra a FIGURA 3.8.



Fonte: Manual de montagem de sistemas Drywall, 2004.
FIGURA 3.8 – Colocação das junções.

A montagem das placas obedece à seqüência que permita o encaixe das junções H nas bordas e o ajuste correto do nível do forro. Deve-se prever uma junção H no encontro das juntas (FIGURA 3.9).

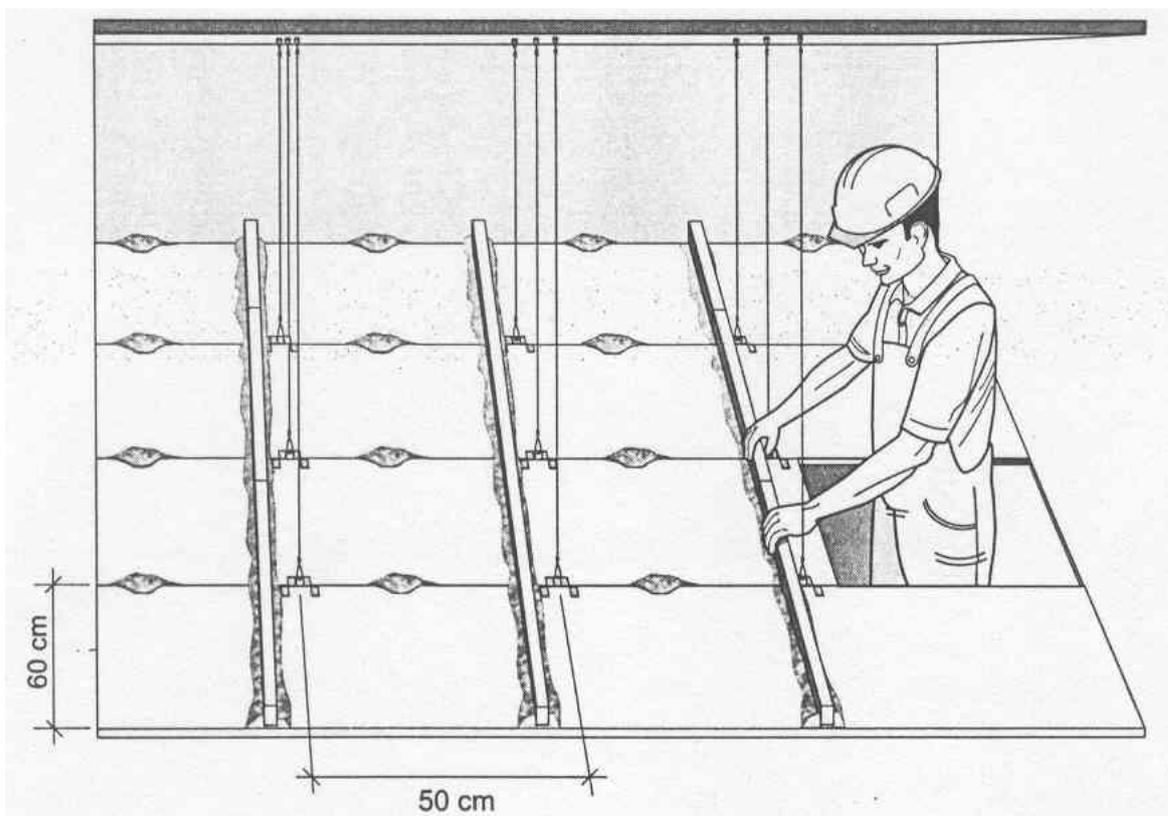


Fonte: Manual de montagem de sistemas Drywall, 2004.
FIGURA 3.9 – Colocação das pacas.

Conforme a FIGURA 3.10, as nervuras devem ser realizadas com tiras de placas de gesso com aproximadamente 5,0 cm de largura. O posicionamento das nervuras deve ser a cada 50 cm ao lado das junções H. As nervuras são posicionadas perpendicularmente e chumbadas com sisal e gesso, garantindo, dessa forma, a firmeza quanto aos movimentos verticais.

Nas juntas entre as placas e entre as placas e as paredes, deve-se chumbar com sisal e pasta de gesso e/ou colar com gesso uma fita própria para esse serviço, que servirá também para cobrir as junções H e unir as placas, garantindo a firmeza quanto aos movimentos horizontais.

A FIGURA 3.10 ilustra a colocação das nervuras e fixação das placas de gesso acartonado.



Fonte: Manual de montagem de sistemas Draywall, 2004.
FIGURA 3.10 – Colocação das nervuras e fixação das placas.

Por fim, é realizado o acabamento geral no forro, utilizando pasta de gesso, de forma a assegurar um perfeito nivelamento da superfície e preenchimento das irregularidades existentes.

3.7 Outras aplicações do gesso

O gesso pode ser aplicado de diversas maneiras. Juntamente com a gipsita, ele possui componentes fundamentais em muitos produtos, além daqueles comumente aplicados na construção civil. A TABELA 3.3 mostra a aplicabilidade do gesso em suas diferentes modalidades.

TABELA 3.3 – Aplicabilidade do gesso

Tipos de aplicação	Finalidade
Fabricação de cimento portland	A gipsita é adicionada ao clínquer para controlar o tempo de pega.
Medicina	Gesso ortopédico, próteses temporárias e na produção de modelos para usos ortodônticos.
Indústria cerâmica	O gesso cerâmico para a produção de moldes nos processos de colagem na indústria de louças sanitárias e de mesa.
Agricultura	Dessalinização de solos, como fonte de cálcio e de enxofre.
Indústria farmacêutica	Como ingrediente em vários produtos como, por exemplo, pasta de dente.
Indústria alimentícia	Alteração da dureza da água para a fabricação de cerveja.
Construção Civil	Execução de revestimentos, em placas e divisórias de vedação, forros, e como elemento de decoração nas construções.

Fonte: Ribeiro, 2006 (Adaptada).

3.8 Perdas do gesso como material de construção

Neste item serão conceituados perda e desperdício. Santos *et al.* (2000) relacionam perdas com desperdício, devendo este ser entendido como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. As perdas no sentido mais amplo e segundo o seu controle podem ser classificadas como evitáveis e inevitáveis. Neste caso, o desperdício representa a parcela das perdas que pode ser evitada.

Buscando reduzir as perdas envolvidas nos processos executivos, faz-se necessário conhecer sua natureza, identificando suas principais causas. Na TABELA 3.4, tem-se a classificação das perdas, de acordo com SANTOS *et al.* (2000).

TABELA 3.4 – Classificação de perdas

PERDAS	SEGUNDO SEU CONTROLE	Evitáveis
		Inevitáveis
	SEGUNDO A SUA NATUREZA	Superprodução
		Substituição
		Espera
		Transporte
		Processamento
		Movimento
		Estoque
		Produtos defeituosos
	SEGUNDO SUA ORIGEM	Produção
		Etapas anteriores à sua produção

Fonte: SANTOS *et al.*, 2000.

No que tange ao cerne deste trabalho, buscou-se simplificar os conceitos denominando perda apenas a parcela inevitável e o desperdício referindo-se àquela parcela que pode ser evitada, sendo o seu combate economicamente viável.

3.9 Reaproveitamento do gesso como material de construção civil

Atualmente, o destino mais comum dos resíduos de gesso é os aterros sanitários ou lixões. No entanto, a deposição é feita sem um controle de umidade, das condições anaeróbicas, do pH e de bactérias redutoras de sulfato, gerando gás sulfídrico (H_2S), ocasionando odores desagradáveis, e gases tóxicos e inflamáveis. Com isso, prova-se que para a deposição em aterros seria necessário um controle de contaminação, por meio de células separadas para o entulho de gesso, como é exigido pela Comunidade Européia, medida que pode tornar o custo talvez inviável em grandes centros brasileiros (JOHN, 2003).

A resolução Conama nº 307 classifica o gesso como um resíduo sem tecnologias para o seu aproveitamento. No entanto, existem várias alternativas para o seu reaproveitamento. A *Gypsum Association* propõe uma alternativa de moagem do gesso no canteiro com aplicação do produto diretamente no solo, em até 22 ton/acre (GYPSUM ASSOCIATION, 2004).

John (2003) sugere as seguintes atividades para o reaproveitamento dos resíduos de gesso: aditivos para compostagem, forração para animais, absorvente de óleos, controle de odores em estábulos e secagem de lodo de esgoto.

Já como material de construção, John; Cincotto (2003) afirmam que a reciclagem como agregado na produção de componentes de concreto é limitante na presença de gesso, devido à reação entre os aluminatos do cimento e o sulfato do gesso, que, em presença de umidade, gera a etringita, composto que cria tensões expansivas. A maioria das normas limita o teor de sulfatos nos agregados a valor máximo de 1 %.

De acordo com John; Cincotto (2003), não é possível utilizar-se o gesso empregado como agregado para pavimentação e aterro, devido à solubilidade do mesmo em água, trazendo, em longo prazo, formação de vazios pela lixiviação do gesso.

Nita *et al.* (2004) realizaram um estudo visando à reciclagem do gesso de construção. Nele, foi comprovado que é possível transformar os resíduos de gesso em gesso com condições físicas e químicas que permitem o seu uso como material de construção. O método proposto para reciclagem de gesso apresentou bons resultados, tendo um grande potencial para ser empregado na prática. A utilização dos produtos reciclados como substituição do gesso original provocou significativo aumento na resistência à compressão em relação ao material original, sem alterações significativas na porosidade. Porém, aumentou a consistência e acelerou o processo de consolidação (NITA *et al.*, 2004).

Bardella *et al.* (2003) efetuaram um estudo com amostras de gesso hidratado coletadas em obras visando à execução de revestimentos internos comparando seu desempenho em relação às propriedades físicas e mecânicas com a do gesso comercial.

As propriedades estudadas por Bardella *et al.* (2003) foram granulometria, módulo de finura, massa específica, tempos de início e fim de pega, resistência à compressão diametral e aderência, conforme as normas brasileiras vigentes. Os ensaios foram realizados para três relações água/gesso de 0,60; 0,70 e 0,80, para cada gesso estudado.

As conclusões deste estudo foram (BARDELLA *et al.* 2003):

- As propriedades físicas e mecânicas analisadas foram similares para os dois tipos de gesso;
- O gesso reciclado tem um aspecto mais rústico, não possuindo a mesma coloração, o que não impede seu emprego;
- O gesso reciclado apresentou um aumento no tempo de início de pega;
- O aproveitamento do gesso tem os seguintes aspectos positivos: obedecer à resolução Conama N° 307; deixar de ser um problema sério nos aterros; e permitir a reutilização do gesso como revestimento

em paredes internas de construções de interesse social.

A indústria de gesso acartonado já recicla seus próprios resíduos, o que facilita a reciclagem é que a composição é controlada e conhecida (JOHN; CINCOTTO, 2003).

3.10 Impactos ambientais decorrentes das disposições irregulares de resíduos sólidos

Neste item serão tratados os impactos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos sólidos e, em particular, os resíduos de gesso. No entanto, antes de qualquer consideração mais objetiva, faz-se necessário que sejam definidos dois conceitos de suma importância nesta pesquisa, quais sejam: meio ambiente e impactos ambientais.

De acordo com a resolução Conama 306/2002: “Meio Ambiente é o conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” Já a ISO 14001:2004 define meio ambiente como a: “circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora fauna, seres humanos e suas inter-relações.” Segundo Grinover (1989) *apud* Tommasi, (1993), “é um jogo de interações complexas entre o meio suporte (elementos abióticos), os elementos vivos (elementos bióticos) e as práticas sociais produtivas do homem”.

Por sua vez, a Resolução N° 001 do Conama, de 23 de janeiro de 1986, definiu impacto ambiental como: “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”. (TOMMASI, 1993).

Segundo Tommasi (1993), “impacto ambiental é uma alteração física ou funcional em qualquer dos componentes ambientais. Essa alteração pode ser qualificada e, muitas vezes, quantificada. Pode ser favorável ou desfavorável ao ecossistema ou à sociedade humana”. Em última análise, impacto ambiental é o efeito causado por qualquer alteração benéfica ou adversa produzido pelas atividades humanas ou naturais no meio ambiente.

Pelo exposto, fica claro perceber o quanto o conceito de impacto ambiental está vinculado aos efeitos das atividades do homem sobre os ecossistemas e sobre a própria sociedade humana. “É necessário que esses impactos sejam identificados e avaliados, antes que as intervenções do homem no meio ocorram, para que sejam adotadas medidas visando minimizá-los ou evitá-los”. (MOTA, 2006).

No que diz respeito aos impactos ambientais provocados pelos Resíduos de Construções e Demolições (RCD) nos grandes centros urbanos, as principais causas são devidas às disposições irregulares. Por ser de baixa periculosidade, os impactos provocados pelos resíduos de construção e demolição são provocados pelo excessivo volume gerado. Em razão da inexistência de soluções para a coleta do entulho, seus geradores ou agentes responsáveis pela coleta, geralmente, depositam de modo irregular esses resíduos em áreas livres, o que contribui para a degradação do ambiente urbano. Alguns impactos gerados pelas deposições irregulares de RCD são visíveis como, por exemplo, o comprometimento da paisagem local, visto que esses resíduos geralmente são depositados em áreas como: margens de rios, canteiros centrais, vias e passeios públicos.

Segundo Pinto (1999), a aceleração do processo de urbanização e a estabilização da economia colocaram em evidência o enorme volume de resíduos de construção e demolição que vem sendo gerado nas cidades brasileiras, demonstrando que as municipalidades não estão estruturadas para o gerenciamento de volume tão significativo de resíduos e para o gerenciamento dos inúmeros problemas por eles criados.

Outro problema direto causado pelo mau gerenciamento do entulho é o assoreamento de rios, córregos e outros mananciais. A disposição irregular de entulho também pode ocasionar a obstrução de elementos do sistema de drenagem urbana, provocando riscos de enchentes, que podem ser classificados como impactos indiretos.

Áreas onde ocorrem os descartes clandestinos de entulho passam a atrair depósitos irregulares de outros tipos de resíduos, contribuindo para a criação de um ambiente propício à proliferação de espécies indesejáveis, como insetos e roedores que podem atuar como vetores de doenças.

De acordo com Plaza *et al.* (2006), os resíduos de gesso constituem um problema de limpeza pública, pois esse material apresenta limitações para disposição em aterros, onde, na ausência de nitrato e oxigênio, o sulfato do gesso pode ser reduzido biologicamente por bactérias anaeróbicas, formando três tipos de sulfetos, entre eles o sulfeto de hidrogênio (H_2S), também denominado gás sulfídrico. Este composto possui forte cheiro de ovo podre, é tóxico e causa problemas nos olhos, dor de cabeça e fadiga (JOHN; CINCOTTO, 2003).

Uma razão forte para se proibir o aterramento do gesso e de outros resíduos de construção, como os de classe B, madeiras, plásticos e papelão, é o incentivo ao reuso, reaproveitamento e reciclagem da maior parcela possível desses resíduos. Outro motivo do não aterramento de resíduos de gesso é que o sulfato de cálcio é altamente solúvel em água, liberando íons sulfato em solução, que podem contaminar o lençol freático. O sulfato é definido com um contaminante secundário da água que, embora não represente ameaça considerável à saúde humana, modifica aspectos da água como cor, odor e sabor (JANG *et al.*, 2001). A incineração de resíduos contendo gesso também é um problema, pois, na queima, o sulfato do gesso se converte em dióxido de enxofre, reagindo com dispositivos alcalinos de controle de poluição atmosférica e reduzindo sua eficiência (MARVIN, 2004).

O gesso também não pode ser reciclado juntamente com a fração mineral do resíduo da construção para a produção de agregados, pois o sulfato nele

presente causa reações expansivas no concreto, chegando a destruir elementos construtivos com este material (MARVIN, 2004). A norma brasileira de especificação de agregados reciclados limita o teor de sulfato, nestes agregados, a 1% para o uso em concretos sem função estrutural e 2% para uso em pavimentação NBR 15116 (ABNT, 2004).

Por fim, pode-se afirmar que o grande volume de entulho gerado nos centros urbanos e a inexistência de soluções que minimizem os impactos ambientais provocados pelas disposições irregulares destes resíduos, demonstram a necessidade do desenvolvimento de propostas para a gestão sustentável dos resíduos da construção civil, que definam as obrigações dos diferentes agentes envolvidos no processo, como: construtores, coletores, municípios e poder público.

3.11 A resolução Conama 307/02 e a gestão dos resíduos da construção civil

A Resolução Conama 307/02 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Além disso, conceitua e classifica estes resíduos em quatro classes: A, B, C e D. Outro ponto importante nessa Resolução é a identificação das pessoas integrantes do ciclo produtivo da indústria da construção civil, os geradores, os transportadores, e as áreas de destinação final.

Esta Resolução é o resultado do esforço de dotar a Política Nacional de Meio Ambiente, prevista na lei 6938 de 31 de agosto de 1981, de instrumentos de gestão capazes de minimizar os efeitos de uma política de desenvolvimento econômico incompatível com a política de desenvolvimento sustentável no segmento da indústria da construção civil, isso porque esse segmento gera uma quantidade de RCD que corresponde a uma parcela considerável dos resíduos sólidos urbanos.

O artigo quinto dessa resolução é bastante relevante para esta pesquisa, pois dispõe sobre o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), o qual deve ser elaborado pelos Municípios e Distrito Federal contemplando o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da construção Civil, destinado à gestão de resíduos gerados por pequenos geradores e Projetos de

Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, destinado à gestão dos resíduos gerados pelos grandes geradores. Nos municípios onde há gestão diferenciada, são considerados pequenos geradores os que produzem resíduos cujos volumes são inferiores a 1,0 m³/dia e grandes geradores os que geram acima de 1,0 m³ por dia.

Vale ressaltar também os artigos onze a treze da Resolução Conama 307, os quais estabeleceram os prazos de doze meses para que municípios e Distrito Federal elaborassem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, até 02 de janeiro de 2004 e o prazo máximo até 02 de julho do mesmo ano para sua implantação. Proíbe a destinação de RCD a aterros sanitários e estabeleceu o prazo até 02 de janeiro de 2005 para que os grandes geradores incluíssem os Projetos de Resíduos da Construção Civil nos projetos e obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes.

3.12 Gestão atual dos resíduos da construção civil em Fortaleza - Ceará

O marco inicial daquilo que viria a ser o Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil na cidade de Fortaleza foi à elaboração de um Inventário Ambiental, no ano de 2003. Sob a responsabilidade da Associação Técnico-Científica Paulo de Frontain (Astef), foi produzido um banco de dados dos recursos naturais do município. Contando com uma equipe multidisciplinar, composta por arquitetos, geólogos, biólogos e advogados, foi possível obter informações valiosas sobre a qualidade da água dos recursos hídricos, mapeamento e inventário florestal, levantamento e zoneamento da fauna, diagnóstico das ocupações e levantamento batimétrico.

Em 2005, após várias discussões sobre a situação do RCD no município de Fortaleza entre a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano (Semam) e representantes de empresas transportadoras de resíduos da construção civil, Senai, Usifort, Ministério Público, e Emlurb, foi elaborado um esboço de um Projeto de Gestão de Resíduos da Construção Civil para obras com área construída

superior a 500,00m². Este esboço continha basicamente os princípios a serem observados no projeto segundo a Resolução nº 307 do Conama, quais sejam:

- não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição dos RCD;
- identificação do empreendedor, do gerador, do empreendimento, com dados qualitativos e quantitativos dos resíduos;
- forma de triagem e acondicionamento dos resíduos, indicando a localização de containeres estacionários;
- identificação de todos os elos da cadeia produtiva, obrigando geradores, transportadores e áreas de destinação final à prestação de contas mensal dos resíduos gerados, transportados e recebidos.

No mês de junho de 2005 foi elaborado pela Semam, por meio da Célula de Controle Ambiental, um formulário sintetizando os dados das diretrizes do PGRCC e disponibilizado na Internet, no endereço: www.semam.fortaleza.ce.gov.br em Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, destinado ao controle dos resíduos gerados por grandes produtores, provenientes de obras com áreas construídas superiores a 500,00m². Naquele momento, havia em Fortaleza uma única área de destinação final, ambientalmente licenciada, com capacidade para receber aproximadamente 3.000m³/mês, cuja licença de operação foi revogada pela Semam, por saturação da área e pelo recebimento de resíduos não segregados.

No ano de 2006 surgiram novos fatores, escavações e demolições, caçambeiros, empresas de escavações, demolições e transportes e novas áreas de destinação final, todos sem licenciamento ambiental ou autorização ambiental. Dá-se início a uma nova fase no programa de gestão de RCD. A indústria da construção civil contratava uma empresa de demolições e/ou escavações que realizava seu serviço ao largo do processo de obtenção do alvará de construção da obra. Foi necessário tornar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil um dos documentos obrigatórios nos pedidos de concessão de alvará de construção

das obras com área construída superior a 500,00m², opção feita pela Administração com a finalidade de implementar o programa a partir dos grandes geradores.

Ainda em 2006, precisamente no mês de abril, o Município de Fortaleza, por meio da Agencia Reguladora de Fortaleza (Arfor), celebrou convênio com a Associação Cearense de Estudos e Pesquisas (Acep). Esta, por sua vez, contratou uma consultoria para elaboração de um diagnóstico e do Plano Integrado de Gestão de Resíduos da Construção Civil para o Município de Fortaleza, que foi concluído em junho do mesmo ano.

Em 2007 foram definidos critérios para permitir a atividade de caminhoneiros autônomos que trabalham com transporte de areias de escavações, sendo-lhes concedida autorização ambiental que condiciona o transporte de RCD com o uso do manifesto de transporte de resíduos.

Em 2008 o Município de Fortaleza, por meio da Semam, contratou a consultoria da empresa Sinapse Consultoria S/S Ltda., consistindo em seis projetos com a finalidade de aperfeiçoar os programas implementados na gestão ambiental do município. Um desses projetos intitula-se A Educação Ambiental Como Ferramenta na Gestão de Resíduos da Construção Civil de Fortaleza. É destinado aos grandes geradores de RCD, envolve todos os segmentos da cadeia produtiva, incluindo as empresas transportadoras, a usina de reciclagem e as áreas de aterro. O Objetivo é induzir a sustentabilidade na indústria da construção civil, minimizando os desperdícios e estimulando a reciclagem e utilização de agregados reciclados. Prevê, durante 24 meses, a realização de seminários, oficinas, palestras e capacitação de servidores.

3.13 Estudos na área

De acordo com Nita *et al.* (2004), estima-se que o desperdício do gesso é da ordem de 45% em volume do material aplicado.

Não obstante a importância do tema, não existem estudos relacionados com a quantificação do desperdício de gesso na cidade de Fortaleza. Na literatura, tem-se como referência o trabalho de Librais *et al.* (2001), que desenvolveram uma metodologia para quantificar o entulho de gesso oriundo da execução de revestimento. A TABELA 3.5 apresenta o resultado dessa pesquisa.

TABELA 3.5 – Quantificação do entulho de gesso

OBRA	TÉCNICA DE APLICAÇÃO	ESPESSURA MÉDIA (CM)	ENTULHO GERADO POR ÁREA REVESTIDA (Kg/m²)
SP03-P	Projetado	1,11	1,17
SP43	Projetado	1,00	1,17
SP66-P	Projetado	1,30	1,30
SP03-M	Manual	1,72	1,72
SP21	Manual	1,99	1,99
SP66-M	Manual	3,11	3,11

Fonte: LIBRAIS *et al.*, 2001.

Souza *et al.* (1998) publicaram o resultado de uma pesquisa, em âmbito nacional, com participação de 16 universidades brasileiras. Para tanto, utilizaram-se 69 canteiros de obras, distribuídos por 12 estados. Os resultados apresentaram um desperdício de gesso em média de 45% e um consumo de 6,46 kg/m². Semelhantes dados são de natureza alarmante, evidenciando o grande desperdício envolvido no processo executivo, com conseqüentes danos ambientais.

Com base nesses dados, o presente estudo propõe uma metodologia para levantar o desperdício em obras de construção civil na cidade Fortaleza do gesso utilizado como revestimento interno de paredes e tetos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dois métodos para quantificar o desperdício de gesso em quatro obras na cidade de Fortaleza-Ce. O primeiro, denominado método expedito, baseia-se no levantamento de dados relacionando o volume de material demandado e de resíduos gerados. No segundo, denominado método teórico, faz-se a quantificação do desperdício mediante uma fórmula matemática que leva em consideração a quantidade de gesso demandada, em quilogramas, em função da composição teórica de gesso a ser consumida.

As obras objeto de acompanhamento e levantamento de dados fizeram parte do projeto-piloto do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil, desenvolvido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) com o apoio do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará (Sinduscon/CE) e da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Este programa visa à segregação dos resíduos gerados, conforme a resolução nº 307/2002 do Conama e o Plano Integrado de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC) / Fortaleza, incentivando a redução, reutilização e reciclagem desses resíduos.

Outro programa em que as obras pesquisadas participam é o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), do Ministério das Cidades. Nele é exigida, também, a segregação dos resíduos gerados de acordo com a classificação estabelecida na Resolução Conama 307, na qual o gesso é classificado como classe C.

Nesta pesquisa, as quatro obras de referência foram assim denominadas: Obra 1, Obra 2, Obra 3 e Obra 4. A seguir, são definidas as características de cada uma delas.

4.1 Caracterização das obras pesquisadas

4.1.1 Obra 1

Trata-se de uma edificação vertical residencial de alto padrão com área total construída de 12.783,83 m², composta de um subsolo, pilotis, mezanino e 22 pavimentos-tipo, contendo um apartamento por pavimento. No total, são 22 unidades residenciais de 317 m² de área privativa, cada uma constituída de varanda, sala de estar, gabinete, lavabo completo, dependência de empregada com banheiro em suíte, estar íntimo, cozinha, área de serviço, despensa, rouparia-depósito, 4 suítes e dois banheiros.

O gesso, como material de construção, teve a seguinte utilização:

- Todo o apartamento possui forro de placa de gesso acartonado;
- As paredes internas dos apartamentos são confeccionadas com divisórias de gesso;
- As paredes periféricas dos apartamentos são revestidas de pasta de gesso, com exceção da varanda que é revestida de reboco convencional.

Nesta obra, tem-se 7.136,16 m² de forro de gesso, 5.269,44 m² de divisórias internas e 4.598 m² de área de parede revestida com pasta de gesso, sendo 209 m² por apartamento.

4.1.2 Obra 2

Esta obra é uma edificação vertical residencial com subsolo, pilotis, mezanino e 16 pavimentos-tipo, contendo quatro apartamentos por andar. No total, conta com 64 unidades residenciais com dois tipos de planta: a planta Tipo A, de

65,38 m², e a planta tipo B, de 69,51 m² de área privativa, compostas de sala de estar, varanda, 2 quartos, sendo um deles suíte, um banheiro social, cozinha americana e área de serviço.

O gesso, como material de construção, foi assim utilizado:

- Todo o apartamento possui forro em placa de gesso convencional (60 cm x 60 cm);
- As paredes internas dos apartamentos são confeccionadas com divisórias de gesso;
- As paredes periféricas dos apartamentos são revestidas de pasta de gesso, com exceção da varanda, que é revestida de reboco convencional.

Nesta obra tem-se 4.800 m² de forro de gesso, 3.441 m² de divisórias internas e 4.480 m² de área de parede revestida com pasta de gesso, sendo 70 m² por apartamento.

4.1.3 Obra 3

Esta obra é uma edificação horizontal residencial multifamiliar com área total construída de 7.173,00 m², sendo 37 casas tipo duplex. Desse total, 26 casas possuem 163,05 m² de área privativa e as outras 11 contam com 158,00 m². O pavimento térreo é composto por garagem/varanda, com duas vagas cada, sala de estar/jantar, escritório reversível, banheiro social, escada de acesso ao pavimento superior, cozinha, varanda lateral e quarto de empregada com banheiro. O pavimento superior é composto de três suítes e área de circulação.

O gesso, como material de construção, foi utilizado da seguinte maneira:

- Cada casa possui forro de gesso do tipo misto, sendo uma parte em pasta de gesso aplicada diretamente na laje e a outra em placas de gesso convencional 60 cm x 60 cm, utilizadas na sala, escritório reversível, quarto da empregada e banheiros;
- Todas as paredes internas das casas são revestidas com pasta de gesso.

Esta obra tem, no total, 4.847,33 m² de forro de gesso, divididos em 1.727,90 m² revestidos com placa de gesso convencional e 3.119,43 m² revestidos com pasta de gesso diretamente na laje. Já em relação à área de parede revestida com pasta de gesso, são 13.905,81 m². Cada casa, no entanto, possui uma área total a ser revestida de 460,14 m², dentre pasta de gesso para revestimento de parede e teto.

4.1.4 Obra 4

Esta obra é uma edificação vertical residencial com área total construída de 6.017,38 m² distribuídos em dois subsolos, térreo, giral, 15 pavimentos-tipo, compostos de 3 apartamentos por andar, e o último pavimento com 2 coberturas duplex. O apartamento padrão possui 66,08 m² de área privativa, com sala de estar, varanda, cozinha americana, área de serviço, área de circulação e 3 quartos, sendo dois deles suíte. Cada cobertura duplex possui 128,04 m² de área privativa distribuída em dois andares, o primeiro, com as mesmas características do apartamento padrão e o segundo, com área de lazer e piscina.

O gesso, como material de construção, foi utilizado da seguinte forma:

- Cada apartamento é composto de forro de gesso do tipo misto, sendo uma parte em pasta de gesso aplicada diretamente na laje e a outra

em placas de gesso convencional 60 cm x 60 cm, aplicadas na varanda e banheiros;

- Todas as paredes internas dos apartamentos são revestidas com pasta de gesso.

Esta obra tem, no total, 2.630,81 m² de forro de gesso, divididos em 698,74 m² revestidos com placa de gesso convencional e 1.932,07 m² revestidos com pasta de gesso diretamente na laje. Já em relação à área de parede revestida com pasta de gesso, são 5.978,49 m². Cada unidade, no entanto, possui uma área total a ser revestida de 161,44 m², dentre pasta de gesso para revestimento de parede e teto.

A seguir, detalha-se cada uma das metodologias utilizadas nesta pesquisa para obtenção da relação material utilizado versus resíduos de gesso gerados, determinando-se, conseqüentemente, a taxa de desperdício.

4.2 Método 1 (Expedito)

Este método possui aplicação bastante prática. Ele consiste, inicialmente, no levantamento quantitativo de material demandado nas obras durante a execução dos serviços a base de gesso.

Visando obter o volume de resíduos gerados em cada obra, fez-se acompanhamento mensal da quantidade de contêineres exclusivos para esse tipo de resíduo. Neste contexto, segundo Mourão (2008), cada contêiner tem um volume médio de 4,2 m³ (FIGURA 4.1). Este valor, multiplicado pela quantidade total de contêineres utilizados, resultou no volume total de resíduos gerados.



FIGURA 4.1 – Contêiner exclusivo para resíduo de gesso (obra 03).

Finalmente, para que haja compatibilidade de unidades a fim de ser possível relacionar o que é demandado e o que é desperdiçado, deve-se determinar o valor da massa total de resíduos gerados, em quilogramas (kg). Este cálculo foi feito utilizando o valor da massa específica aparente dos resíduos, estimada por Pinto (2004) em 1.300 kg/m^3 .

Depois de calculados os valores da massa de gesso total demandada (MGD) e da massa de resíduos gerados (MRG), obteve-se a Taxa de Desperdício (TD), que representa a porcentagem de gesso que se torna resíduo, usando-se a Equação 4.1:

$$TD (\%) = \frac{\sum MRG}{MGD} \times 100 \quad (4.1)$$

4.3 Método 2 (Teórico)

Este método, elaborado por Souza *et al.* (1998), foi aplicado na presente pesquisa para revestimentos em pasta de gesso. Este fato se deve, primeiramente, por ser a pasta de gesso responsável pela maior quantidade de resíduos gerados nas obras em estudo, uma vez que sua aplicação depende da qualificação da mão-de-obra envolvida e de suas propriedades físicas. Já as placas e divisórias de gesso são pré-moldadas e não necessitam de tempo de pega. Neste caso, o desperdício de material limita-se a cortes buscando adequações de formatos. Segundo, por ser a pasta de gesso a solução mais utilizada atualmente no setor de construção civil da cidade de Fortaleza.

Diferentemente do método anterior, que relaciona massa de material demandada e massa de resíduos gerados partindo do levantamento do volume de resíduos, esta segunda metodologia busca determinar a taxa de desperdício levando em consideração a relação existente entre a massa de material utilizado por m².

O método consiste, então, em relacionar a Massa de Gesso Total Demandada para a técnica de pasta de gesso (MGD_P), em kg, com a Quantidade Teórica Necessária (QTN) de gesso a ser consumida, calculando-se a taxa de desperdício pela Equação 4.2.

$$TD(\%) = \frac{MGD_P - QTN}{QTN} \times 100 \quad (4.2)$$

A QTN é determinada pelo produto entre a área total a ser revestida e o Índice de Massa Consumida (IMC) por m², encontrado nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO). Este índice produz um resultado teórico perfeito, como se não existisse nenhuma perda. Assim, a diferença entre a MGD_P e a QTN representa o desperdício, uma vez que expressa o excedente entre aquilo que foi realmente utilizado e o que era previsto de forma ideal. Assim, pode-se calcular a TD pela razão entre esta diferença e a própria QTN.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão analisados os resultados de cada obra. O gesso foi utilizado nos serviços de revestimento e alvenaria de vedação, por meio das seguintes técnicas:

- Pasta de gesso produzida utilizando sacos de gesso comum com 40 kg, cada um;
- Divisórias de gesso de dimensões 66 cm de comprimento por 50 cm de largura, com massa de 17 kg;
- Placas de gesso acartonado com dimensões de 200 cm de comprimento por 50 cm de largura, de massa 10 kg;
- Placas de gesso convencionais, com dimensões de 60 cm de comprimento por 60 cm de largura, de massa 5 kg.

Em revestimento de paredes foram utilizadas pastas de gesso e em revestimentos de tetos utilizaram-se placas convencionais, placas acartonadas e pasta de gesso diretamente na laje. Já na alvenaria de vedação, foram utilizadas divisórias em gesso.

5.1 Resultados do método 1 (Expedito)

5.1.1 Obra 1

Nesta obra tem-se uma Massa de Gesso Demandada (MGD) num total de 396.470 kg de gesso. A pasta de gesso foi empregada para revestir as paredes periféricas, demandando 1.405 sacos, que totalizam 56.200 kg de gesso. O teto, por sua vez, foi revestido com 7.150 placas de gesso acartonado, que representam

71.500 kg de gesso. As paredes internas foram construídas com 15.810 unidades de divisórias, consumindo 268.770 kg de gesso (TABELA 5.1).

TABELA 5.1 – Massa de gesso demandada na obra 1

OBRA 1				
Tipo de serviço	Técnica Utilizada			
	Pasta (sacos)	Divisória (unidade)	Placa acartonada (unidade)	Placa Convencional (unidade)
Revestimento de paredes e tetos	1.405	-	7.150	-
Alvenaria de vedação	-	15.810	-	-
Massa demandada (kg)	56.200	268.770	71.500	-
MGD (kg)	396.470			

A geração de resíduos foi quantificada por meio da obtenção do número de contêineres produzidos no período em questão. Nesta obra foram coletados 42 contêineres de 4,2 m³ cada. Desta forma, obtém-se um volume total de 176,4 m³ de resíduos de gesso. Aplicando o valor da massa específica aparente de resíduos igual a 1.300 kg/m³ (Pinto, 2004), tem-se uma Massa de Resíduos Gerada (MRG) igual a 229.320 kg de resíduos de gesso, conforme TABELA 5.2.

TABELA 5.2 – Massa de resíduo gerado para obra 1

OBRA 1			
Período de coleta	Número de contêineres	Volume de resíduo (m³)	Massa de resíduo gerado (kg)
Agosto / 2006	3,0	12,6	16.380
Setembro / 2006	6,0	25,2	32.760
Outubro / 2006	7,0	29,4	38.220
Novembro / 2006	7,0	29,4	38.220
Dezembro / 2006	2,0	8,4	10.920
Janeiro / 2007	6,0	25,2	32.760
Fevereiro / 2007	3,0	12,6	16.380
Março / 2007	3,0	12,6	16.380
Abril / 2007	2,0	8,4	10.920
Mai / 2007	2,0	8,4	10.920
Junho / 2007	1,0	4,2	5.460
Julho / 2007	0,0	0,0	0,0
TOTAL GERAL	42,0	176,4	229.320

Aplicando a Fórmula 4.1 para o cálculo da Taxa de Desperdício, obtém-se:

$$TD = \frac{229.320}{396.470} \times 100 = 57,84\% \quad (5.1)$$

5.1.2 Obra 2

Nesta obra não se utilizou placa de gesso acartonado como revestimento de tetos. Foram empregadas, em todo o forro, 13.335 placas convencionais, totalizando 66.675 kg de gesso. As paredes internas foram confeccionadas por meio de 10.323 divisórias, totalizando 175.491 kg de gesso. No revestimento das paredes periféricas foram empregados 1.257 sacos de gesso, consumindo 50.280 kg de gesso. Desta forma, foram despendidos 292.446 kg de gesso (TABELA 5.3).

TABELA 5.3 – Massa de gesso demandada para obra 2

OBRA 2				
Tipo de serviço	Técnica Utilizada			
	Pasta (sacos)	Divisórias (unidade)	Placa acartonada (unidade)	Placa convencional (unidade)
Revestimento de paredes e tetos	1.257	-	-	13.335
Alvenaria de vedação	-	10.323	-	
Massa demandada (kg)	50.280	175.491	-	66.675
MGD (kg)	292.446			

Para a Obra 2 obteve-se um MGD de 292.446 kg de gesso. Já em relação aos resíduos, foram coletados um total de 34 contêineres, resultando em um volume total de 142,8 m³, que equivalem a uma MRG de 185.640 kg de resíduos de gesso (TABELA 5.4).

TABELA 5.4 – Massa de resíduo gerado para obra 2

OBRA 2			
Período de coleta	Número de contêineres	Volume de resíduo (m ³)	Massa de resíduo gerado (kg)
Setembro / 2006	0,0	0,0	0,0
Outubro / 2006	0,0	0,0	0,0
Novembro / 2006	3,0	12,6	16.380
Dezembro / 2006	2,0	8,4	10.920
Janeiro / 2007	7,0	29,4	38.220
Fevereiro / 2007	7,0	29,4	38.220
Março / 2007	4,0	16,8	21.840
Abril / 2007	4,0	16,8	21.840
Mai / 2007	3,0	12,6	16.380
Junho / 2007	3,0	12,6	16.380
Julho / 2007	1,0	4,2	5.460
Agosto / 2007	0,0	0,0	0,0
TOTAL GERAL	34,0	142,8	185.640

Para o cálculo da Taxa de Desperdício, tem-se:

$$TD = \frac{185.640}{292.446} \times 100 = 63,47\% \quad (5.2)$$

5.1.3 Obra 3

Trata-se de uma obra horizontal residencial. Nela, percebe-se claramente que a técnica de pasta de gesso predomina, sendo responsável por quase todo o consumo de material. Na TABELA 5.5, tem-se um consumo de 7.805 sacos, totalizando 312.200 kg de gesso. Não há aplicação de divisórias porque as paredes são de alvenaria convencional em tijolo. No que tange ao revestimento de forro, utilizou-se uma aplicação mista. Isto é, uma parte do forro foi revestida com 3.430 placas convencionais, consumindo 17.150 kg de gesso, e o restante com pasta de gesso.

TABELA 5.5 – Massa de gesso demandada para obra 3

OBRA 3				
Tipo de serviço	Técnica Utilizada			
	Pasta (sacos)	Divisória (unidade)	Placa acartonada (unidade)	Placa convencional (unidade)
Revestimento de paredes e tetos	7.805	-	-	3.430
Alvenaria de vedação	-	-	-	-
Massa demandada (kg)	312.200	-	-	17.150
MGD (kg)	329.350			

Nesta obra, obteve-se um MGD de 329.350 kg de gesso, com um MRG de 196.560 kg de resíduos oriundos de 36 contêineres, conforme a TABELA 5.6.

TABELA 5.6 – Massa de resíduo gerado para obra 3

OBRA 3			
Período de coleta	Número de contêineres	Volume de resíduo (m ³)	Massa de resíduo gerado (kg)
Janeiro / 2008	0,0	0,0	0,0
Fevereiro / 2008	1,0	4,2	5.460
Março / 2008	0,0	0,0	0,0
Abril / 2008	3,0	12,6	16.380
Mai / 2008	3,0	12,6	16.380
Junho / 2008	4,0	16,8	21.840
Julho / 2008	5,0	21,0	27.300
Agosto / 2008	6,0	25,2	32.760
Setembro / 2008	7,0	29,4	38.220
Outubro / 2008	7,0	29,4	38.220
Novembro / 2008	0,0	0,0	0,0
Dezembro / 2008	0,0	0,0	0,0
TOTAL GERAL	36,0	151,2	196.560

Para a determinação da TD, tem-se:

$$TD = \frac{196.560}{329.350} \times 100 = 59,60\% \quad (5.3)$$

5.1.4 Obra 4

Tem-se uma obra vertical multifamiliar. Na mesma existe o claro predomínio da técnica de pasta de gesso, sendo esta responsável por quase todo o consumo de material. Na TABELA 5.7, observa-se um consumo de 3.158 sacos, totalizando 126.320 kg de gesso. Não há aplicação de divisórias. Optou-se nesta obra por alvenaria convencional em tijolo para as paredes. Para o revestimento de forro utilizou-se uma aplicação mista: uma parte do forro foi revestida com 1.945 placas convencionais, consumindo 9.725 kg de gesso, e o restante com pasta de gesso.

TABELA 5.7 – Massa de gesso demandada para obra 4

OBRA 4				
Tipo de serviço	Técnica Utilizada			
	Pasta (sacos)	Divisória (unidade)	Placa acartonada (unidade)	Placa convencional (unidade)
Revestimento de paredes e tetos	3.158	-	-	1.945
Alvenaria de vedação	-	-	-	
Massa demandada (kg)	126.320	-	-	9.725
MGD (kg)	136.045			

Para a OBRA 4, obteve-se um MGD de 136.045 kg de gesso e um MRG de 81.900 kg de resíduos oriundos de 15 contêineres, conforme a TABELA 5.8.

TABELA 5.8 – Massa de resíduo gerado para obra 4

OBRA 4			
Período de coleta	Número de contêineres	Volume de resíduo (m ³)	Massa de resíduo gerado (kg)
Janeiro / 2007	0,0	0,0	0,0
Fevereiro / 2007	1,0	4,2	5.460
Março / 2007	1,0	4,2	5.460
Abril / 2007	3,0	12,6	16.380
Mai / 2007	1,0	4,2	5.460
Junho / 2007	3,0	12,6	16.380
Julho / 2007	1,0	4,2	5.460
Agosto / 2007	2,0	8,4	10.920
Setembro / 2007	1,0	4,2	5.460
Outubro / 2007	1,0	4,2	5.460
Novembro / 2007	1,0	4,2	5.460
Dezembro / 2007	0,0	0,0	0,0
TOTAL GERAL	15,0	63,0	81.900

Para esta obra o cálculo da TD produziu uma taxa de 60,20%.

$$TD = \frac{81.900}{136.045} \times 100 = 60,20\% \quad (5.4)$$

5.1.5 Análise comparativa entre as obras

Pelos dados obtidos nas obras, pode-se montar a TABELA 5.9. Nela está apresentada a relação entre contêineres necessários para armazenar o volume de resíduos gerados e a respectiva massa total de resíduos gerados por obra. A MRG foi obtida por meio da massa específica aparente dos resíduos de gesso, que, segundo Pinto (2004), é de 1.300 kg/m³. Tendo uma área total revestida de 17.319,23 m² (TABELA 5.11), a OBRA 1 apresentou a maior MRG. Por sua vez, a OBRA 4 produziu a menor MRG, 81.900 kg, oriundos de 15 contêineres, tendo uma área total revestida de 8.609,3 m². As outras Obras, 2 e 3, produziram valores intermediários próximos um do outro.

TABELA 5.9 – Relação entre as obras e as massas de resíduos gerados

MASSA DE RESÍDUOS GERADOS - MRG			
Obras	Número de contêineres	Volume de resíduo (m ³)	MRG (kg)
1	42	176,4	229.320
2	34	142,8	185.640
3	36	151,2	196.560
4	15	63,0	81.900

Como mostra a TABELA 5.10 a Obra 3 e a Obra 4 se assemelham nas técnicas construtivas utilizadas, diferindo apenas no volume de serviço requisitado. Nestas obras, onde a pasta de gesso é utilizada para revestir forro, fica evidenciado o maior consumo de material. Ao se aplicar uma pasta de gesso no forro, muito do material utilizado precipita-se no chão devido à dificuldade de aderência da pasta ao substrato. Este fato, além de requerer uma demanda maior de material, provoca ainda um grande desperdício. Outro fator de semelhança entre estas duas obras é a Taxa de Desperdício, diferindo apenas de 0,6%.

TABELA 5.10 – Relação entre obras, massa de gesso demandada e taxa de desperdício

OBRAS	PASTA	DIVISÓRIA	PLACA ACARTONADA	PLACA CONVENCIONAL	MGD (Kg)	TD (%)
1	56.200	268.770	71.500	-	396.470	57,84
2	50.280	175.491	-	66.675	292.446	63,47
3	312.200	-	-	17.150	329.350	59,60
4	126.320	-	-	9.725	136.045	60,20

A diferença entre as obras 1 e 2 está na escolha da técnica utilizada para revestir o teto. Na primeira, optou-se por placas acartonadas e na segunda, por placas convencionais. Nota-se que houve uma diferença na TD de 5,63%. Como se pode depreender da TABELA 5.11, os consumos nestas obras, em kg/m², quando se tratam das técnicas de pasta de gesso e divisórias, são praticamente os mesmos. Entretanto, quando comparados os consumos relativos às técnicas de revestimento de teto, a Obra 1 apresenta melhor resultado, consumindo 10,02 quilogramas por m², enquanto a Obra 2 necessitou de 13,89 quilogramas por m². A diferença de 3,87 kg/m² entre estes dois consumos, quando comparada com a área da Obra 2 a ser revestida, 4.800 m², produz um valor de 18.576,00 kg. Este valor representa 6,35% da MGD total da Obra 2. Evidencia-se, portanto, que a técnica de revestimento de teto com placas convencionais resultou em um maior desperdício nas obras em questão, quando comparado com a técnica de revestimento com placas de gesso acartonado.

TABELA 5.11 – Rendimento do gesso de acordo com as técnicas utilizadas nas obras

TÉCNICA	INDICADOR	OBRA 1	OBRA 2	OBRA 3	OBRA 4
PASTA	MGD (Kg)	56.200	50.280	312.200	126.320
	ÁREA (m ²)	4.913,63	4400	17.025,24	7.910,56
	CONSUMO (Kg/m²)	11,44	11,43	18,34	15,97
DIVISÓRIA	MGD (Kg)	268.770	175.491	-	-
	ÁREA (m ²)	5.269,44	3.441,00	-	-
	CONSUMO (Kg/m²)	51,01	51,00	-	-
PLACA ACARTONADA	MGD (Kg)	71.500	-	-	-
	ÁREA (m ²)	7.136,16	-	-	-
	CONSUMO (Kg/m²)	10,02	-	-	-
PLACA CONVENCIONAL	MGD (Kg)	-	66.675	17.150	9.725
	ÁREA (m ²)	-	4.800,00	1.729,90	698,74
	CONSUMO (Kg/m²)	-	13,89	9,91	13,91

De uma forma geral, a partir dos dados da FIGURA 5.1, pode-se concluir que a Obra 1 foi aquela que apresentou um menor desperdício, 57,84%. Já a Obra 2 teve a maior taxa de desperdício, com 63,47%. Nas Obras 3 e 4 obtiveram-se taxas de desperdício medianas e bem próximos uma da outra, demonstrando que as mesmas técnicas produziram resultados compatíveis para as obras em foco.

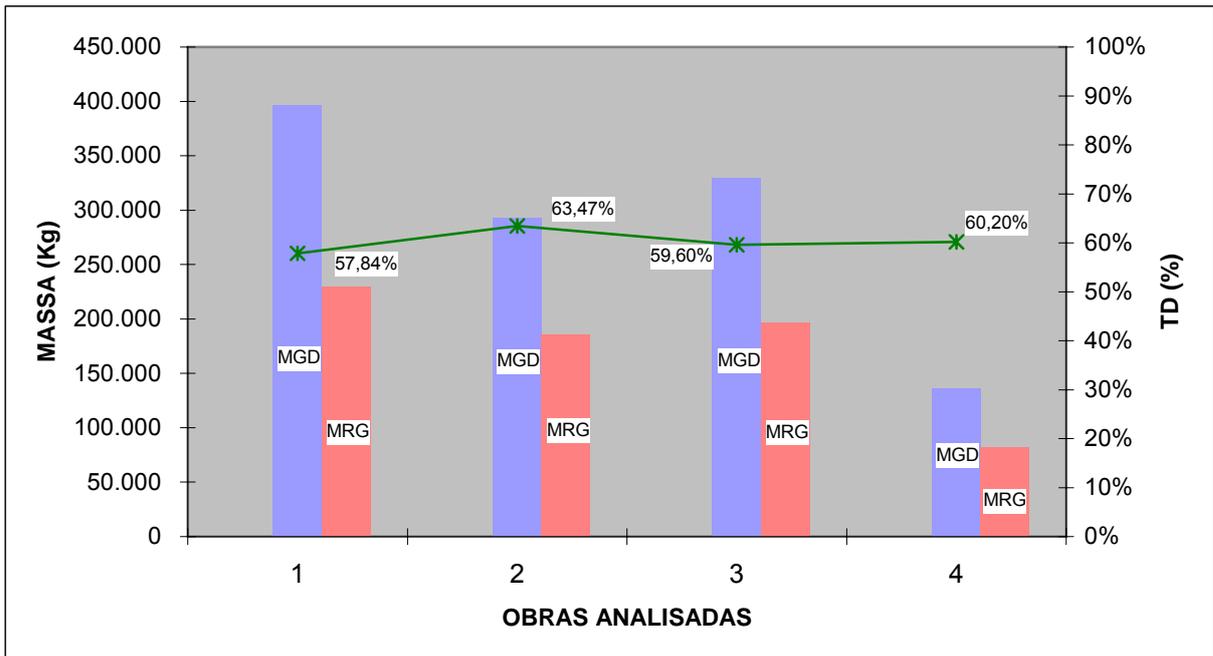


FIGURA 5.1 – Relação entre MGD, MRG e TD das quatro obras analisadas.

Não obstante o acima exposto, levando em consideração o conjunto das quatro obras, é inviável tecer qualquer tipo de consideração sobre em qual delas houve realmente maior desperdício. Isto porque há uma diferença de técnicas empregadas para cada caso separadamente, com exceção das obras 3 e 4. No entanto, percebe-se que em todas elas foi empregada a técnica de pasta de gesso.

5.2 Resultado do método 2 (Teórico)

O Método 2, denominado de método teórico, utiliza como dados apenas as massas geradas pela aplicação da técnica de pasta de gesso.

Nesta metodologia as áreas a serem revestidas com pasta de gesso correspondem a um relevante fator do modelo matemático. Outro elemento de fundamental importância é o Índice de Massa Consumida (IMC), que representa a quantidade teórica ideal do consumo de massa por unidade de área. Este índice está associado diretamente à espessura do revestimento. Assim, quanto maior for a espessura, maior será o consumo de pasta, conseqüentemente, maior será o IMC.

Nas obras 1 e 2 utilizou-se pasta de gesso apenas nas paredes. Já nas obras 3 e 4, a pasta de gesso foi usada como revestimento tanto nas paredes como em parte dos tetos. As tabelas a seguir discriminam as áreas revestidas de paredes e tetos. Nas quatro obras, constatou-se que, para efeito de cálculo de material de gesso consumido, há uma padronização na espessura média desses revestimentos, sendo utilizado o valor de 2,0 cm. Em trabalhos semelhantes, foi evidenciada a mesma espessura média citada acima, podendo-se apontar como exemplo Librais *et al.* (2001); Carvalho (2005). Portanto, de acordo com as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) o IMC indicado é de 7 kg/m².

A seguir serão analisados os resultados de cada obra separadamente e, posteriormente, os resultados das obras serão confrontados.

5.2.1 Obra 1

Na Obra 1 apenas as paredes periféricas dos apartamentos foram revestidas com pasta de gesso. A área total revestida é de 4.598 m², correspondendo a 22 pavimentos, sendo 1 apartamento por andar. O IMC foi de 7 kg/m², para uma espessura de 2 cm. A quantidade teórica encontrada corresponde a uma massa de 32.186 kg de pasta de gesso. Este valor refere-se a uma situação ideal, onde não haveria nenhum tipo de desperdício. (TABELA 5.12).

TABELA 5.12 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 1

OBRA 1			
REVESTIMENTO	ÁREA TOTAL (m ²)	IMC (Kg/ m ²)	QTN (Kg)
EM PAREDES	4.598	7	32.186
EM TETOS	-	-	-
TOTAL	4.598	-	32.186

A taxa de desperdício é calculada por meio da Equação 4.2. Desta forma, para o caso da Obra 1, que apresenta uma Massa de Gesso Demandada de Pasta (MGD_P) de 56.200 kg, o valor da TD encontrado foi de 74,61%.

5.2.2 Obra 2

Nesta obra também somente as paredes periféricas dos apartamentos foram revestidas com pasta de gesso. A edificação é composta por 16 pavimentos com 4 apartamentos por andar. A espessura considerada é de 2 cm, indicando um IMC de 7 kg/m². Com área total revestida de 4.480 m², a QTN encontrada foi de 31.360 kg, sem desperdício, conforme valores apresentados na TABELA 5.13.

Considerando que a MGD_P desta obra é de 50.280 kg e aplicando a Equação 4.2, produz-se uma TD de 60,33%.

TABELA 5.13 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 2

OBRA 2			
REVESTIMENTO	ÁREA TOTAL (m ²)	IMC (Kg/ m ²)	QTN (Kg)
EM PAREDES	4.480	7	31.360
EM TETOS	-	-	-
TOTAL	4.480	-	31.360

5.2.3 Obra 3

Nesta obra foram revestidos com pasta de gesso os tetos e paredes dos apartamentos. Compõe-se de 37 casas de área revestidas igualmente a 460,14 m², cada, totalizando uma área de 13.905,81 m² para revestimento de paredes e 3.119,43 m² para revestimento de tetos (TABELA 5.14). O revestimento das paredes e teto contam com um IMC de 7 kg/m², para uma espessura de 2 cm.

TABELA 5.14 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 3

OBRA 3			
REVESTIMENTO	ÁREA TOTAL (m ²)	IMC (Kg/ m ²)	QTN (Kg)
EM PAREDES	13.905,81	7	97.340,67
EM TETOS	3.119,43	7	21.836,01
TOTAL	17.025,24	-	119.176,68

Na TABELA 5.14, tem-se uma QTN global de 119.176,68 kg, que foi obtida a partir da soma das parcelas encontradas para a QTN das paredes e dos tetos, individualmente. Neste caso, a MGD_P é de 312.200 kg, resultando em uma TD de 161,96%, de acordo com a Equação 4.2.

Justifica-se este valor elevado pela própria estruturação da fórmula que compara um valor ideal com um gasto real de pasta de gesso. Além disso, diferentemente das obras anteriores, nesta obra a área a ser revestida com pasta representa quase a totalidade da área total (Ver TABELA 5.11). Esta técnica, de cunho artesanal, é aquela onde se verifica a maior geração de resíduos. Tal fato se explica pela baixa qualidade da mão-de-obra; curto tempo de pega; dificuldade da aplicação manual da pasta ao substrato, agravada pelo fator aderência; falta de padronização dos serviços e pela falta de técnicas que produzam resultados melhores.

5.2.4 Obra 4

Composta de 45 apartamentos tipo e duas coberturas, esta obra tem uma área a ser revestida de 7.910,56 m². As paredes contribuem com área revestida de 5.978,49 m² e os tetos com 1.932,07 m² (TABELA 5.15).

TABELA 5.15 – Quantidade teórica necessária de pasta de gesso para obra 4

OBRA 4			
REVESTIMENTO	ÁREA TOTAL (m ²)	IMC (Kg/ m ²)	QTN (Kg)
EM PAREDES	5.978,49	7	41.849,43
EM TETOS	1.932,07	7	13.524,49
TOTAL	7.910,56	-	55.373,92

Conforme mostra a TABELA 5.15, o IMC é de 7 kg/m², para uma espessura de 2 cm. Para um MGD_P de 126.320 Kg, a taxa de desperdício, TD, é igual a 128,12% (Equação 4.2). Este valor é explicado pelos mesmos motivos expostos no caso da Obra 3, devido à semelhança entre estas duas obras.

De uma forma geral, os resultados encontrados nas obras em questão podem ser resumidos em um único quadro, conforme a TABELA 5.16.

TABELA 5.16 – Relação entre as obras e suas respectivas taxas de desperdício

OBRAS	QTN (kg)	MGD _p (kg)	TD (%)
1	32.186	56.200	74,61
2	31.360	50.280	60,33
3	119.176,68	312.200	161,96
4	55.373,92	126.320	128,12

5.3 Análise comparativa entre os dois métodos

Uma análise comparativa entre os dois métodos apresentados só é possível para as obras 3 e 4, onde a pasta de gesso representa quase a totalidade de material utilizado. Mais notadamente, para obra 3 a MGD da pasta é algo em torno de 18 vezes maior que a MGD das placas. Já na Obra 4 este valor fica em torno de 13 vezes. Aplicando a hipótese simplificadora de desprezar a MGD oriunda das placas, pode-se escrever a Equação 5.5:

$$MU = MGD_p - MRG \quad (5.5)$$

Onde,

MU: Massa de pasta de gesso utilizada;

MGD_p: Massa de Resíduo Demandada do método prático (sem a massa das placas);

MRG : Massa de Resíduos Gerados.

A Equação 5.5 evidencia que a massa que realmente foi utilizada é igual à diferença entre a massa total demandada e a massa que se transformou em resíduo. Desta forma, é possível determinar a Massa Utilizada - MU pelos dados

fornecidos pelo Método 1 (Expedito) e confrontar este valor com aquele encontrado para QTN pelo Método 2 (Teórico).

Para o caso da Obra 3 tem-se que a MGD_P é de 312.200 kg e a MRG é de 196.560 kg. Portanto, pode-se determinar, por meio da Equação 5.5, o valor da MU igual a 115.640 kg. Este valor corresponde a, aproximadamente, 97% do valor do QTN calculado pelo método 2 (Teórico).

Já em relação à Obra 4, a Massa Utilizada - MU calculada é de 44.420 kg, que equivale a 80% da QTN encontrada pelo método 2 (Teórico).

A FIGURA 5.2 resume de forma clara os valores descritos acima para cada obra analisada evidenciando o resultado comparativo entre o método 1, denominado Expedito, e o método 2, denominado Teórico.

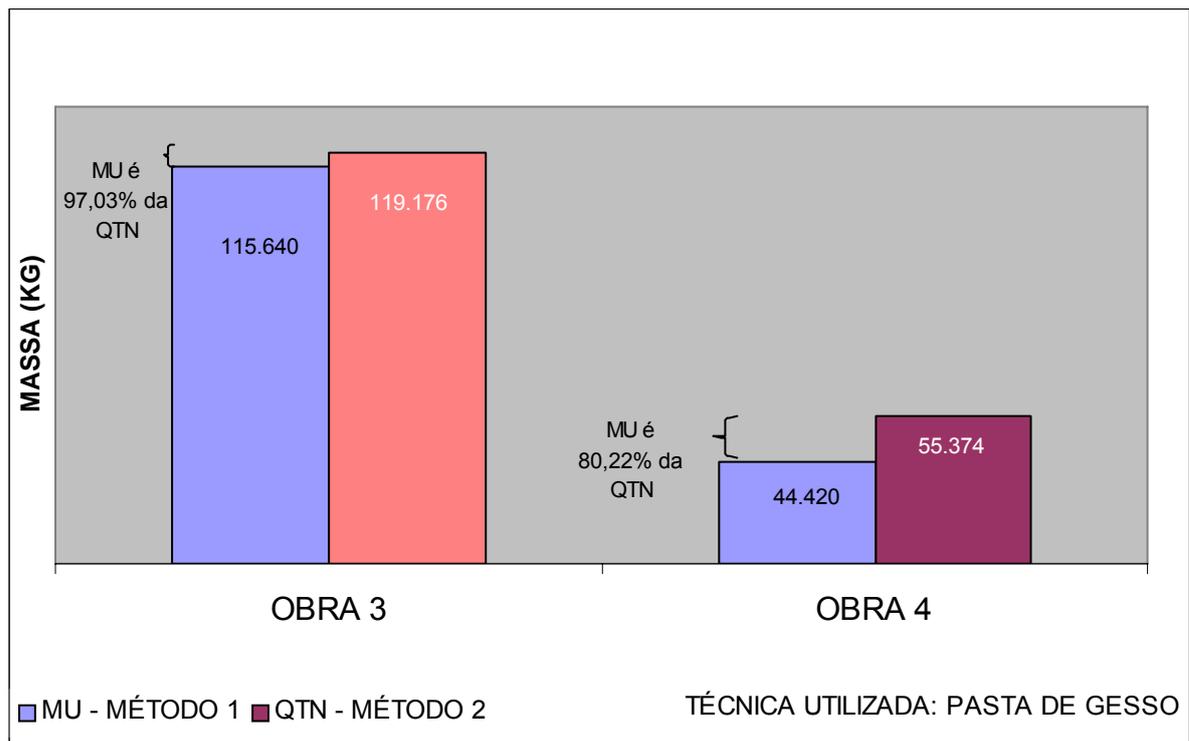


FIGURA 5.2 – Comparação da massa de gesso utilizada obtida por meio do método 1: Expedito com a quantidade teórica necessária obtida através do método 2: Teórico.

Pode-se concluir, portanto, que a partir das análises comparativas feitas acima, os valores encontrados usando o método 1 (Expedito) estão coerentes com aqueles encontrados utilizando o método 2 (Teórico). A diferença encontrada nos valores pode ser explicada pela massa de placas que se transformaram em resíduos e que não constam desta análise.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir, inicialmente, que as taxas de desperdício encontradas são bastante elevadas. Elas foram, em todos os casos, superiores aos valores encontrados na literatura. O objetivo principal desta pesquisa foi evidenciar, por meio de uma análise quantitativa, que a geração de resíduos de gesso na construção civil na cidade de Fortaleza é preocupante. As conclusões que se seguem levam em consideração preponderantemente os impactos ambientais decorrentes da grande quantidade de resíduos de gesso gerados, em detrimento da viabilidade econômica desse material. Desta forma, uma técnica que seja mais viável do ponto de vista econômico, mas que gere mais resíduos, será não recomendada diante de outra menos impactante.

As obras pesquisadas tiveram a geração de resíduos de gesso decorrente de serviços de alvenaria de elevação e revestimento de paredes e tetos. Para as paredes, tendo em vista os resultados encontrados, pode-se concluir que a técnica de pasta de gesso é responsável pela maior geração de resíduos. Já a aplicação de divisórias como alvenaria de vedação produz uma quantidade de resíduo bem menor. Diante disso, recomenda-se a utilização das divisórias na maioria dos casos e a pasta de gesso nas situações onde for estritamente necessário.

Para os tetos, mais uma vez a pasta de gesso resultou na maior quantidade de resíduos. Em segundo lugar vêm as placas convencionais, concorrendo significativamente para a geração de resíduos. Por fim, as placas de gesso acartonado contribuíram com a menor parcela de resíduos gerados, conseqüentemente, causando o menor impacto dentre as três técnicas.

Em última análise, deve-se evitar ao máximo a utilização da técnica de aplicação de pasta de gesso para revestimentos de parede e teto. Esta afirmação encontra seu fundamento no compromisso com a responsabilidade sócio-ambiental das empresas, que deve se sobrepor aos interesses econômicos.

No que diz respeito aos métodos em si, o Método 1 (Expedito) colabora no sentido de que mostra que é possível evitar os desperdícios. Não obstante as perdas sejam inevitáveis, pode-se concluir que existe uma margem muito grande de desperdício que pode ser combatido. Para tanto, deve-se dispor de:

- mão-de-obra mais qualificada;
- serviços padronizados;
- técnicas mecanizadas em vez de artesanais;
- previsão de ações mitigadoras nos projetos;
- conscientização ambiental dos atores envolvidos no processo;
- projetos arquitetônicos otimizados que evitem os cortes desnecessários;
- desenvolvimento de um sistema de gerenciamento que estabeleça procedimentos desde o recebimento do material, passando por transporte e armazenamento, até a disposição final dos resíduos.

O Método 2 (Teórico), como ficou demonstrado, apresenta valores da TD elevados devido ao fato de levar-se em consideração o consumo ideal, sem levar em conta as perdas e desperdícios. Destarte, quando se busca um índice que relaciona valores teóricos com valores que são obtidos por meio de resultados reais, baseados em coletas de dados *in loco*, é certo que a diferença quantitativa entre estes dois tipos de dados é considerável. Mesmo assim, estes resultados servem para enfatizar de forma cabal o grande desperdício que existe no âmbito da construção civil, em particular na cidade Fortaleza.

Diante da constatação de que a quantidade de resíduos gerados é grande, provocando problemas ambientais ligados ao transporte, manejo e disposição final destes resíduos, seria oportuna a recomendação de uma pesquisa que desenvolvesse uma metodologia de reaproveitamento de resíduos de gesso dentro do próprio canteiro de obras. Assim, muito desse material que hoje é disposto em locais clandestinos, em lixões e em aterros sanitários que têm a sua vida útil diminuída, sequer chegariam a sair da obra. Observe-se que um desperdício de um porte tão elevado evidencia que o material que se transforma em resíduo seria suficiente para fazer quase metade da obra. Desta forma seria possível por em prática o princípio dos 3R's, ou seja, Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

Recomenda-se para trabalhos futuros que se busque fazer um acompanhamento das obras buscando a separação dos tipos de resíduos de gesso. Desta forma, os dados seriam mais precisos se houvesse, individualmente, contêineres para pastas e peças pré-moldadas de gesso (divisória e placas). Assim, os resultados obtidos refletiriam melhor a realidade.

Vale ressaltar que esta pesquisa pôde ser realizada porque as obras analisadas possuem controle da geração de resíduos, fazendo a segregação conforme a classificação estabelecida pelo Conama. No entanto, a maioria das obras na cidade de Fortaleza sequer possui interesse de controlar os resíduos por elas gerados. Isso constitui descaso estimulado pela impunidade, falta de fiscalização e políticas educacionais ambientais por parte das autoridades competentes. Estas simples ações seriam suficientes para combater esse tipo de conduta.

Embora não existam muitos trabalhos na área, esta pesquisa pretende servir como ponto de partida para outros trabalhos que se seguirão. O tema é de fundamental importância para quem lida com questões ambientais na área de resíduos sólidos e seus impactos. Vale ressaltar ainda que as autoridades ambientais, além de silentes, são omissas em muitos casos onde deveria haver maior fiscalização quanto à geração de resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. **O gesso na construção civil.** Disponível em <http://www.infohab.org.br>, Acesso em 23/08/2008, 1989.

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. Resíduos sólidos - classificação – **NBR 10004.** São Paulo, 1987. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil: especificação – NBR 13207. Rio de Janeiro, 1994. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema da gestão ambiental: requisitos com orientações para uso – NBR 14001. Rio de Janeiro, 2004. 27p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Chapas de gesso acartonado: requisitos – **NBR 14715.** Rio de Janeiro, 2001.5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos. – **NBR 15115.** Rio de Janeiro, 2004.5p.

ATUAL ENGENHARIA E EMPREENDIMENTOS LTDA – ATUAL. **Principais vantagens das alvenarias em blocos de gesso.** Disponível em <http://www.atual.eng.br/2007/download.asp>. Acesso em 10/03/2009.

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...**

CARVALHO, M.T.M. **Estudo dos resíduos de gesso e suas aplicações na construção civil.** Goiânia, 2005. 184 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

CINCOTTO, M.A; AGOPYAN, V.; FLORIANO, M.C. O gesso como material de construção. Parte I. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1998 p 53-56.

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 001** de 23 de janeiro de 1986. 4 pg. Brasília. Disponível no site: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 20/01/2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Conama. **Resolução nº 306** de 05 de julho de 2002. 7 pg. Brasília. Disponível no site: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 20/01/2009.

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/port/conama>. Acesso em 02/06/2008.

GONZAGA, A.C.F.; DAVID, D.L. **Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares**. Goiânia, 2000. 94p Projeto de Graduação – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

GYPSUM ASSOCIATION. **Residential Job-Site Disposal of New Construction Waste Gypsum Board**. 2004. Disponível em <http://www.secure.gypsum.org/topical>. Acesso em 22/09/2008.

JANG, Y.C.; TOWNSEND, T.G. **Sulfate leaching from recovery construction and demolition debris fines**. *Advances in environmental research* 5(3), agosto de 2001, p. 203-217.

JOHN V.M; CINCOTTO M.A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. Disponível em <http://www.recycle.pcc.usp.br>, Acesso em 04/06/2008, 2003.

JOHN V.M. **Gestão dos resíduos de gesso**. Disponível em <http://www.recycle.pcc.usp.br>, Acesso em 03/06/2008, 2003.

LIBRAIS, F; SOUZA, U.E.L; SILVA, L.L.R; MAEDA, F.M. **O entulho gerado na aplicação do gesso**. In IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – materiais reciclados e suas aplicações, 2001, São Paulo.

_____. **Manual de montagem de sistemas Draywall.** Associação brasileira dos fabricantes de chapas para draywall. São Paulo, PINI, 2004.

MARVIN, E. **Gypsum wallboard recycling and reuse opportunities in the state of Vermont.** Vermont agency of natural resources. Waste Management Division. Agosto de 2004, 42p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 4ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MOURÃO, C.A.M.A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil.** Fortaleza: Coopercon, 2008. p. 39.

NITA C.; PILLEGI R.G.; CINCOTTO M.A; JOHN V.M. **Estudo de reciclagem do gesso na construção.** In I Conferência latino-americana de construção sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo. 2004 **Anais...**

NOLHIER, M. **Construire em plâtre.** Paris, L` Harmattan, 1986.

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

PINTO, F.A.R. **Resíduos sólidos industriais: Caracterização e gestão. O caso do Estado do Ceará.** Fortaleza, 2004. 164p. Dissertação (mestrado em Saneamento Ambiental) - Departamento de engenharia hidráulica e ambiental, Universidade Federal do Ceará.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189 p. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PIRES, C.W. **Gesso na construção civil.** Pernambuco, Universidade de Pernambuco. 2002.

PLAZA, C.; XU, Q.; TOWNSEND, T.G.; BITTON, G.; BOOTH, M. **Evaluation of alternative landfill cover soils for attenuating hydrogen sulfide from construction and demolition (C&D).** Journal of environmental management, 2006.

REUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ÉSSAIS ET MATERIAUX **RILEM LUM.A.5 – Initial rate of suction (IRS).** RILEM, 1988.

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

SANTOS, A et al, **Métodos de intervenção para redução de perdas na construção civil.** 1ª edição. Porto Alegre: Editora Sebrae-RS. 2000. 103p. volume 4.

SANTOS, V.A. **Fundamentos sobre o processo de produção de gesso a partir da desidratação térmica da gipsita.** Recife, PEDITEC-ITEP-DQ/UNICAMP-DEQ / UFPE, 1998.

SELMO, S.M.S. **Aço carbono em pastas de gesso de construção:** estimativas de taxas de corrosão por impedância e por método gravimétrico conjugado à análise de imagem. São Paulo, 1997. 183p. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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.

SOUZA, U.E.L; PALLARI, J.C; ANDRADE, A.C; AGOPYAN, V. **Os valores das perdas de materiais nos canteiros de obra do Brasil.** In Congresso Latino – Americano de Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: Solução para o terceiro milênio, São Paulo, 1998 **Anais...**

TCPO – Tabela de composição de preços para orçamento. 2000 – PINI, São Paulo.

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental.** São Paulo: CETESB, 1993, p. 11-20.