

**ESCOLA DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS**

**LÍVIA LUIZA FAGUNDES DE SOUZA**

**RECICLAGEM DE PLACAS DE GESSO ACARTONADO**

**BELO HORIZONTE, 2013**

LÍVIA LUIZA FAGUNDES DE SOUZA

## **RECICLAGEM DE PLACAS DE GESSO ACARTONADO**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo

**BELO HORIZONTE, 2013**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial aos meus pais Olívia Alves Fagundes de Souza e Jairo Martins de Souza por acreditar em mim e pelos exemplos de vida e de dedicação.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Eduardo Cabaleiro pela paciência e incentivo.

Agradeço a Rodrigo Avancini pelo apoio, compreensão e companhia nos inúmeros sábados e domingos de estudo.

## RESUMO

O trabalho busca ampliar o conhecimento na área de Sustentabilidade na Construção Civil por meio da análise do quadro atual do setor de Reciclagem; mais especificamente, a reciclagem de placas de gesso acartonado, também conhecido como *drywall*. O material tem ganhado espaço considerável nas últimas décadas devido à sua versatilidade e à forte tendência das construtoras à utilização de sistemas construtivos pré-fabricados, sendo assim empregado em divisórias, forros, vedações verticais internas e até externas, em sua versão hidrofugante (ou placas verdes). Dessa forma, com o crescimento da indústria de *drywall*, surge também a necessidade e responsabilidade de reciclar o material, minimizando a quantidade de resíduos sólidos gerados e diminuindo o consumo de recursos naturais. Busca-se então analisar o processo de reciclagem do gesso acartonado, verificando sua viabilidade, a qualidade e as formas de aplicação do produto final. Para isso, será estudado também um caso específico: trata-se de um estande de vendas na cidade de Belo Horizonte, cujas paredes, forros e divisórias foram fabricados utilizando o material.

## **ABSTRACT**

This essay seeks to expand the knowledge in the area of Sustainability in Construction, by analyzing the current situation of the recycling sector, more specifically, the recycling of gypsum wallboard, also known as drywall. The material has gained considerable regard in recent decades due to its versatility and the tendency of builders to the use of prefabricated building systems, has been used in walls, ceilings, internal partition walls and even outside in its water resistant version (also known in Brazil as “green boards”). Thus, with the growth of the drywall industry, comes also the need and responsibility to recycle the waste, minimizing the amount of gypsum waste generated and reducing the consumption of natural resources. The idea is then to analyze the process of recycling drywall, checking its viability, quality and application forms of the final product. This work will also expose a case study: it is a transitory building in the city of Belo Horizonte, of which walls, ceilings and partitions were manufactured using the material.

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRECON	Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos da Construção
$Al_2O_3$	Óxido de alumínio
ATT	Área de Transbordo e Triagem
$CaCO_3$	Carbonato de cálcio
$CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$	Sulfato de cálcio hemi-hidratado
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Sulfato de cálcio di-hidratado
$CO_2$	Dióxido de Carbono
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FeO	Óxido de ferro II
$H_2S$	Sulfeto de hidrogênio
MgO	Óxido de magnésio
PGA	Placas de Gesso Acartonado
RCC	Resíduos de Construção Civil
$SiO_2$	Dióxido de silício

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fábrica de drywall da Placo do Brasil .....	28
Figura 2 – Estiramento da bobina de papel cartão.....	28
Figura 3 – O gesso em pasta é lançado sobre o papel cartão.....	29
Figura 4 – Na extrusora, espessura das placas é definida.....	29
Figura 5 – Ainda na extrusora, uma segunda folha do papel cartão é adicionada.....	30
Figura 6 – As placas são cortadas conforme os padrões do mercado.....	30
Figura 7 – As placas são direcionadas para o secador.....	31
Figura 8 – As placas são empilhadas aos pares .....	31
Figura 9 – Placas são empilhadas com precisão.....	32
Figura 10 – Desenho esquemático do sistema construtivo drywall.....	33
Figura 11 – Segregação dos resíduos de gesso.....	35
Figura 12 – Gesso proveniente da reciclagem de drywall pronto para utilização na Califórnia .....	39
Figura 13 – Gesso reciclado proveniente de drywall sendo aplicado em plantação na Flórida	39
Figura 14 – Leiras em processo de compostagem com adição de resíduos de drywall .....	42

## LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS E FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Processo de fabricação do gesso comercial .....	24
Fluxograma 2 – Esquema básico de fabricação do cimento Portland .....	37
Gráfico 1– Peso do custo das PGA no custo total de construção do estande (área coberta)....	48
Tabela 1 - Exigências físicas e mecânicas do gesso para construção civil.....	26
Tabela 2 – Exigências da ABNT em relação ao tempo de pega e ao módulo de finura do gesso .....	26
Tabela 3 – Composição das amostras utilizadas na fabricação de fertilizante .....	40
Tabela 4 - Especificação dos principais materiais .....	45
Tabela 5 – Quantidade de PGA utilizadas na edificação.....	49
Tabela 6 – Cálculo do custo do construtor para envio dos resíduos de PGA para reciclagem	51
Tabela 7 – Cálculo do custo do construtor para demolição e envio das PGA para aterro sanitário .....	52
Tabela 8 – Classificação dos resíduos de construção civil de acordo com a resolução CONAMA nº307/2002 .....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
	1.1 Objetivos .....	12
	1.2 Justificativa.....	12
	1.3 Cenário .....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3	METODOLOGIA CIENTÍFICA .....	22
4	GESSO E A FABRICAÇÃO DO DRYWALL.....	23
	4.1 Processo de fabricação do gesso .....	23
	4.2 Propriedades físicas do gesso comercial .....	26
	4.3 Fabricação do drywall .....	27
	4.4 Sistema construtivo em chapas de gesso acartonado .....	32
5	RECICLAGEM DE DRYWALL.....	34
	5.1 O processo de reciclagem de PGA.....	34
	5.1.1 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall para fabricação de novas chapas de gesso acartonado .....	36
	5.1.2 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na indústria cimenteira	37
	5.1.3 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na agricultura	38
	5.1.4 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na produção de fertilizantes	40
	5.1.5 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall em processos de compostagem	41
6	ESTUDO DE CASO .....	43
	6.1 Breve apresentação do caso escolhido .....	43
	6.1.1 Localização .....	44
	6.1.2 Descrição geral do projeto .....	44
	6.1.2.1 Materiais e Acabamentos.....	45

6.1.3	Custos .....	47
6.2	Gerenciamento de resíduos .....	48
6.3	Análise da viabilidade da reciclagem de placas de gesso acartonado.....	49
6.3.1	Custo de desconstrução e envio para reciclagem .....	49
6.3.2	Custo de demolição e destinação em aterro sanitário .....	51
7	Conclusões e considerações finais .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		55

## 1 INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância da indústria da Construção Civil (CC) para a sociedade. O setor gera desenvolvimento econômico, social e ambiental através da viabilização de habitações, meios de transporte e infraestrutura, sem falar na sua enorme capacidade geradora de empregos.

Ao mesmo tempo, o setor da CC é responsável por enorme parcela de extração de recursos naturais, produção de resíduos e emissão de gases poluentes. Pode-se citar, por exemplo, que para a produção de cada tonelada de cimento, 400 a 800 kg de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) são lançados na atmosfera, de acordo com informações fornecidas pela empresa Votorantim. Disponível em: <[http://www.votorantim.com.br/relatoriosustentabilidade/eficiencia\\_consumate.html](http://www.votorantim.com.br/relatoriosustentabilidade/eficiencia_consumate.html)>. Acesso em: 08.nov.2013.

Ainda assim, a indústria da CC demorou para começar a discutir e enfrentar os problemas e desafios da sustentabilidade. Em parte devido a um certo preconceito, em tempos quando o termo sustentabilidade era encarado por diversos setores da indústria como um modismo de militantes ambientalistas de países desenvolvidos.

Finalmente, a humanidade começa a enxergar a necessidade de uma mudança no modo de pensar, fazer escolhas e tomar decisões. Tais mudanças devem partir do cidadão, do cientista, do empreendedor e do governo, que deveria tornar suas obras públicas no maior exemplo de desenvolvimento sustentável para a população. A preocupação com a sustentabilidade na construção civil começa mudar o cenário e os paradigmas das construtoras no Brasil; para que isso aconteça, é imprescindível uma boa dose de inovação.

## **1.1 Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo agregar conhecimento na área de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil (RCC), com destaque para placas de gesso acartonado (PGA).

O trabalho busca alertar o mercado da CC para a viabilidade, importância ambiental, social e econômica da reciclagem de PGA.

## **1.2 Justificativa**

A indústria de PGA ganhou impulso no Brasil em meados da década de 90 e vem ganhando espaço na construção civil devido à sua praticidade, desempenho e estética. Como as placas são industrializadas, sua instalação é mais “limpa” do que a execução de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto. John e Cincotto (2007) apontam que enquanto a primeira transforma em resíduos entre 10 a 12% do material devido às atividades de corte, a segunda produz cerca de 30% de entulho.

De acordo com informações do fabricante de PGA, a empresa Knauf, a velocidade de instalação das placas é até 5 vezes maior do que a execução da vedação em alvenaria e destaca também os benefícios em relação ao peso do produto: a placa de 9,5mm de espessura pesa apenas entre 6,5 a 8,5 kg/m<sup>2</sup>, reduzindo os custos com fundações e superestrutura e possibilitando que seja instalada em praticamente qualquer posição, sem causar danos à estrutura. Para locais com pouco espaço o gesso acartonado também sai ganhando, já que a parede pode ser executada com uma espessura menor do que a de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto.

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2013), grupo formado pelas empresas Knauf, Placo e Siniat/Gypsum Drywall, maiores produtoras de PGA no país, o consumo das chapas cresceu 13,5% em 2013, valor correspondente a 10,4 milhões de metros quadrados a mais do que o ano anterior.

Em 2011, Izabella Teixeira, presidente do CONAMA, publicou a resolução nº 431/2011, que altera a resolução nº 307/2002, modificando a classificação do gesso para Classe B, ou seja, resíduos que podem ser reciclados e utilizados em destinações diferentes dos resíduos de classe A (agregados). Até então, os produtos oriundos do gesso eram considerados Classe C, os que não possuem tecnologia (viável) desenvolvida que possibilite a sua reciclagem ou reutilização. A Tabela 8 no Apêndice A resume a classificação estabelecida pela resolução nº307/2002.

No Brasil o reconhecimento do caráter reciclável do gesso se deu apenas recentemente, conforme citado no parágrafo acima, porém no mercado internacional esta característica já é reconhecida e colocada em prática pelos empreendedores. A empresa canadense New West Gypsum Recycling Inc. já reciclou 4 milhões de toneladas de gesso desde que foi fundada em 1985. Hoje, a empresa possui unidades de reciclagem também na Europa e Estados Unidos. (<<http://www.nwgypsum.com>> Acesso em 28.Ago.2013.)

Pinheiro (2011) explica que no Brasil, a maioria das indústrias produtoras de componentes de gesso são empresas de pequeno porte, que não possuem controle e estimativa do volume de resíduo gerado no processo e muitas vezes o dispõe de forma irregular. Pinheiro afirma também que as pesquisas nessa área são incipientes, apesar do grande potencial de reciclagem do material.

### **1.3 Cenário**

O termo “Desenvolvimento Sustentável” é ainda recente e começa a ganhar relevância na construção civil. O debate sobre o tema iniciou-se na década de 80, porém ainda

hoje, grande parte das construtoras segue suas obras colocando as questões ambientais e sociais em segundo plano, cumprindo apenas as responsabilidades impostas pelo órgão ambiental regulador, sem buscar expandir as possibilidades de melhorias e redução de impactos ambientais. Conforme observa Gonçalves (2005):

“Uma pesquisa realizada em 2002 pela revista Exame e pelo Instituto Ethos de Responsabilidade Social entre 100 empresas afiliadas à instituição revelou que todas promoviam educação ambiental e investimentos sociais. Entretanto, nessa vanguarda de empresas responsáveis apenas 40 executavam ações “avançadas”, só 20 adotavam critérios de ecoeficiência na produção e menos de 10 cuidavam do ciclo de vida do produto ou agregavam valor à sustentabilidade.”(Gonçalves, Benjamin S., 2005. p.7)

Segundo Gonçalves (2005), a resistência das empresas e investidores à Ecoeficiência<sup>1</sup> reside na dificuldade de precificação pelo “custo total”. Trata-se de embutir no preço do produto os custos das “externalidades” socioambientais, como investimentos em proteção ambiental. A agregação de valores como reciclabilidade, biodegradação e despoluição encarece os produtos e os serviços e não traz benefícios imediatos para a sociedade, pois os resultados só se verificam a médio e longo prazo. Daí a resistência à sua implantação.

Gonçalves (2005) aponta também a importância da intervenção do Estado: emitindo regulamentação pertinente, aplicando taxas sobre a poluição, criando licenças negociáveis para a poluição, estabelecendo pagamentos pelo uso de recursos naturais ou privatizando ativos naturais.

“[...] enquanto a precificação pelo custo total continuar a ser adiada, os custos socioambientais continuarão excluídos do mecanismo de mercado mais elementar: a formação de preços. Em consequência, recursos como água e atmosfera continuarão a sofrer os impactos do uso excessivo, da exaustão ou da poluição.” (Gonçalves, Benjamin S., 2005. p. 9)

---

<sup>1</sup> Ecoeficiência: termo criado por Stephan Schmidheiny em 1992, que propõe “produzir mais e melhor com menos”. (SCHMIDHEINY, Stephan. Mudando o Rumo. São Paulo: FGV, 1992)

Segundo Agopyan e John (2011) falta ao governo também, em todos os níveis, dar exemplos concretos à sociedade, uma vez que suas obras ainda encontram-se imunes a essa abordagem.

O Guia da Sustentabilidade na construção Civil (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008) aponta a importância da previsão e implantação do projeto de gerenciamento de resíduos da construção, que por sua vez para que seja eficaz, também deve ser iniciado durante a fase de projeto do empreendimento. O projetista deve:

“[...] quando possível, especificar materiais e sistemas construtivos com baixo impacto ambiental, podendo inclusive privilegiar materiais que gerem resíduos não perigosos em detrimento aos perigosos e contaminantes”. (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008. p. 49)

O projeto de Gerenciamento de RCC deve ser estruturado levando-se em conta a caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e correta destinação dos resíduos, em consonância com a resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

O Guia da Sustentabilidade na construção Civil (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2008) destaca ainda que os projetos devem visar :

- Redução dos desperdícios e do volume de resíduos gerados;
- Facilitação da segregação dos resíduos por classes e tipos;
- Especificação de materiais e componentes propícios de serem reutilizados sem a necessidade de transformação e aqueles possíveis de reciclagem;
- Reintrodução no ciclo produtivo e, por fim, a destinação ambientalmente correta para receptores licenciados;

(CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008. p. 48).

Dessa forma, o presente trabalho visa analisar e ampliar o conhecimento em uma das muitas áreas essenciais para o Desenvolvimento Sustentável: a reciclagem.

“A geração e o descarte de material de construção civil de maneira desordenada levam a sociedade a bradar por providências das autoridades governamentais e dos responsáveis pela geração de entulho, para que encontrem soluções que dêem tratamento adequado aos materiais descartados pelas construções. Uma entre as

diferentes formas de amenizar os impactos dos resíduos da construção civil é a reciclagem desses materiais.” (HUMMEL,2008 apud BOTELHO et al , 2010, p. 11)

O trabalho terá enfoque na reciclagem de placas de gesso acartonado (PGA), também conhecidas como *drywall*. De acordo com o Portal Drywall a palavra, que significa “parede seca”, é uma associação à questão da redução de utilização de água na obra, tornando-a mais limpa e seca. Disponível em: <<http://www.portaldrywall.com.br/>>. Acesso em 13.nov.2013.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As primeiras preocupações acerca da relação homem x meio ambiente surgiram na década de 60, quando a humanidade começou a perceber que as fontes de recursos naturais não eram inesgotáveis e o meio científico já detectava graves problemas futuros devido à poluição atmosférica causada pelas indústrias. Sob este contexto, foi realizada em 1972, na capital da Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente, que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo.

Foi elaborado um documento<sup>2</sup> contendo os 26 princípios a serem seguidos pelos líderes mundiais. Neste documento foi apontada a importância da proteção e melhoramento do meio ambiente, uma vez que este afeta o bem-estar dos povos e o desenvolvimento econômico mundial. Ainda assim, a declaração confere aos países o direito de explorar seus recursos naturais de acordo com suas próprias leis ambientais, desde que a atividade não venha a prejudicar o meio ambiente de outras nações.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável surgiu em 1987, quando foi publicado o documento *Nosso Futuro Comum*<sup>3</sup>, também conhecido como Relatório de Brundtland. A pedido da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), e sob a coordenação da então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, foi criada a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento<sup>4</sup>, que durante quatro anos reuniu-se com líderes de governo e realizou audiências públicas com o intuito de debater o tema e produzir um documento formal com o resultado das discussões.

Destacam-se dentre os objetivos da Comissão os três principais:

- Reexaminar as questões críticas relativas ao meio ambiente e desenvolvimento
- Formular propostas realísticas para abordá-las

---

<sup>2</sup> Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente – 1972

<sup>3</sup> Originalmente: “*Our Common Future*”

<sup>4</sup> *World Commission on Environment and Development*

-Propor novas formas de cooperação internacional nesse campo, orientando políticas e ações no sentido das mudanças necessárias

Dessa forma, o Relatório conceitua como desenvolvimento sustentável “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987) e chama a atenção para a necessidade da abordagem integrada do desenvolvimento econômico e sustentável, uma vez que a degradação ambiental tem impacto direto no desenvolvimento econômico e social.

Este conceito se firmou em 1992, no Rio de Janeiro, quando foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Eco-92, que reuniu representantes de mais de 170 países. A partir das resoluções e acordos firmados entre as nações durante Eco-92 foi criada a Agenda 21, um documento que chamou a atenção dos povos para a dimensão dos perigos que ameaçam a vida no planeta e, por conseguinte, para a importância de se firmar uma aliança global em prol do desenvolvimento sustentável.

Dentre os assuntos tratados nos mais de 40 capítulos da Agenda 21 estão: a mudança no padrão de consumo, a promoção do desenvolvimento sustentável nos assentamentos humanos e a gestão dos recursos naturais.

Em 1997, o Protocolo de Quioto foi discutido e negociado, porém por motivos políticos, só entrou em vigor em 2005, assinado por líderes de 192 países. O tratado estabelece, sobretudo para os países desenvolvidos, medidas claras e concretas para a redução da emissão do dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), que após emitido mantém-se na atmosfera por 50 até 200 anos, contribuindo para o efeito estufa e consequentemente, o aquecimento global.

Ressalta-se aqui que, segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, principal autoridade global em meio ambiente, 40% da emissão dos gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa são provindos da construção civil e da energia gerada durante o ciclo de vida dos edifícios. Isso contribui para que o Brasil ocupe a 5ª posição no ranking mundial de emissão de CO<sub>2</sub>, mesmo sendo um dos países com maior produção de energia em usinas hidráulicas.

Em seu artigo Emissões de Carbono e a Construção Civil, Anderson Benite (2011) cita que a construção civil é reconhecida como uma das atividades de maior pegada ecológica no planeta. O autor aponta ainda que a construção consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras.

Em 2011, os engenheiros civis Vahan Agopyan e Vanderley M. John publicaram o livro “O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil” cujo principal tema é a abordagem, mediante uma visão sistêmica, dos princípios de sustentabilidade aplicados à construção civil. Os autores buscam estimular os leitores a colocarem em prática o conhecimento adquirido através dos estudos e pesquisas desenvolvidos:

“A Construção sustentável no Brasil já é um tema bem discutido, tanto entre lideranças empresariais quanto na academia. Órgãos governamentais, que na quase totalidade dos países lideram usando seu poder de compra, são decididamente a retaguarda do tema. Falta ainda, ao País, que os princípios da construção sustentável sejam colocados em prática.”(AGOPYAN e JOHN; 2011, p. 38)

É também demonstrado no mesmo livro, o impacto que a extração de recursos naturais causa em nosso sistema fechado: a Terra. O volume de matéria-prima extraída da natureza com finalidade exclusiva para a construção civil é algo entre 4 a 7 toneladas por habitante a cada ano, colaborando para a destruição de biomas, consumindo grande quantidade de energia, liberando diversos poluentes no ar e na água e produzindo enorme quantidade de resíduos sólidos (cerca de 500kg/habitante.ano). Não há produto industrializado que não cause nenhum impacto ambiental; entretanto, os autores destacam a importância de se utilizar o que cause menos impacto e ainda buscam instruir o leitor indicando a melhor estratégia de seleção, através de uma análise crítica de cada material, de seu processo de fabricação e manuseio até a destinação final.

Agopyan e John (2011) apontam que uma das ações para tornar a construção sustentável é a redução do consumo de matérias-primas e demonstram assim a importância da segregação dos materiais na obra e da reciclagem.

“A segregação dos resíduos em diferentes fases permite controlar os impactos associados e reduz o custo da gestão, pois viabiliza a comercialização de frações, como

plásticos, metais e papel, e reduz os riscos de saúde associados à reciclagem.”( AGOPYAN e JOHN; 2011, p. 75)

Corrêa (2009), em seu trabalho de conclusão de curso “Sustentabilidade na Construção Civil” propõe que:

“Uma proposta de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos deve priorizar sempre a redução da geração de resíduos na fonte. No entanto, quando existir a geração dos resíduos, deve-se buscar a reutilização ou a reciclagem. Somente quando não existir possibilidade de reciclá-los é que os resíduos devem ser incinerados (com recuperação de energia) ou aterrados. Um processo de reciclagem de qualidade requer um resíduo de qualidade, o que implica segregar os resíduos junto à fonte geradora, ou seja, nos próprios canteiros de obra. Para que o ciclo da reciclagem se estabeleça, é fundamental que o construtor/gerador tenha consciência da importância do seu papel neste processo.” (CORRÊA; 2009, p. 34)

No Brasil a taxa de reciclagem ainda é baixa, embora tenha apresentado crescimento constante devido às operações que se iniciaram em alguns órgãos públicos e que vem atraindo empresas privadas. Em 2011 foi criada a ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção) com o objetivo de estimular o debate sobre o tema e acelerar a criação de unidades recicladoras em todo país.

Em 2011 a engenheira civil Sayonara Pinheiro publicou sua tese de doutorado, cujo tema é: “A avaliação das propriedades do gesso reciclado”. Por meio de uma modelagem experimental, realizando ensaios de laboratório e análise das características do gesso reciclado foi comprovado que o gesso mantém suas propriedades por no mínimo 5 ciclos do processo de reciclagem, perdendo por vezes um pouco de sua trabalhabilidade, devido à ocorrência da perda de massa unitária e diminuição do índice de vazios. De acordo com a autora, tal propriedade pode ser corrigida com a inserção de uma etapa a mais no processo de reciclagem, porém essa análise ainda não foi comprovada.

“Com a investigação mostramos que é viável recuperar um resíduo que não era considerado possível de ser reciclado. Tanto que não existem usinas de reciclo para este material no país. Estima-se que o resíduo do gesso represente em torno de 4% do volume do descarte da construção civil, que no Estado de São Paulo corresponde a mais de 50% de todo o resíduo sólido urbano gerado”, declara a engenheira civil, no site da Universidade Estadual

de Campinas (UNICAMP). Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/550/em-busca-do-gesso-sustentavel>>. Acesso em: 28.Ago.2013.

De acordo com a empresa dinamarquesa Gypsum Recycling International, criada em 2001, a disposição dos resíduos de gesso acartonado em aterros sanitários deve ser evitada, uma vez que esta prática aumenta a emissão de ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S), um composto corrosivo, venenoso e gasoso, solúvel em água e letal quando em altas concentrações. Em baixas concentrações o gás produz um odor desagradável semelhante ao de ovos podres. Por este motivo nos Estados Unidos, vários estados baniram total ou parcialmente a disposição de resíduos de drywall em aterros sanitários comuns. Na União Européia, os resíduos de drywall podem ser dispostos apenas em aterros sanitários controlados, em células separadas, onde não exista a presença de material orgânico. Disponível em: <[http://www.gypsumrecycling.biz/6688-1\\_Whyrecycle#Header02](http://www.gypsumrecycling.biz/6688-1_Whyrecycle#Header02)> Acesso em: 18.nov.2013.

### 3 METODOLOGIA CIENTÍFICA

A primeira parte deste trabalho foi elaborada a partir de uma coleta de dados através de publicações de artigos, dissertações, teses, livros e materiais disponibilizados na internet que tratam do estudo da sustentabilidade na construção civil e da reciclagem de gesso e das PGA.

A segunda etapa trata de uma pesquisa de unidades recicladoras de PGA no Brasil, visando entender o método utilizado pelas recicladoras e a qualidade do produto final.

A terceira etapa, através de um estudo de caso, busca analisar o potencial de reciclagem de PGA de uma obra comum na cidade de Belo Horizonte.

Dessa forma, o trabalho foi dividido nas seguintes ações:

- 1- Analisar o histórico da sustentabilidade e da reciclagem de PGA na construção civil.
- 2- Analisar o impacto ambiental da captação de recursos naturais para a fabricação do drywall, a geração de resíduos no processo produtivo das chapas e as consequências do descarte de forma “irresponsável” das placas.
- 3- Analisar fabricação e a composição das PGA.
- 4- Verificar locais de captação de PGA para reciclagem e estudar o método utilizado no processo de reciclagem.
- 5- Buscar formas de aplicação do produto da reciclagem de PGA e analisar sua qualidade.
- 6- Estudo de caso: estudar uma obra em Belo Horizonte onde se foi utilizado o material e verificar a viabilidade econômica da desconstrução e reciclagem das PGA.

## 4 GESSO E A FABRICAÇÃO DO DRYWALL

O gesso é um aglomerante aéreo obtido da britagem, desidratação, trituração e peneiramento do mineral sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), conhecido como gipsita.

De acordo com Petrucci (1998), a gipsita é geralmente encontrada acompanhada de impurezas como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgO}$ , não ultrapassando 6% de sua massa.

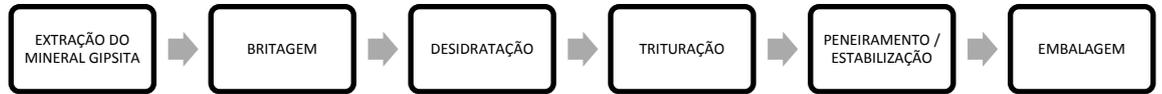
Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2001), o minério de gipsita se origina em bacias sedimentares, por evaporação da fase líquida, em forma de camadas, lentes e bolsões. Sua idade geológica pode variar da era Paleozóica à Cenozóica.

“No território brasileiro os principais depósitos de gipsita ocorrem associados às bacias sedimentares conhecidas como Bacia Amazônica (Amazonas e Pará); Bacia do Meio Norte ou Bacia do Parnaíba (Maranhão e Tocantins); Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte); Bacia Sedimentar do Araripe (Piauí, Ceará e Pernambuco); e Bacia do Recôncavo (Bahia).” (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL, 2001, p. 2)

### 4.1 Processo de fabricação do gesso

De acordo com Ribeiro (2002), a fabricação do gesso comercial tem início na extração do mineral gipsita. O mineral é enviado para britagem e em seguida para a calcinação, possibilitando sua desidratação. Após o processo o material é triturado, peneirado e embalado antes de ser disponibilizado no comércio. O FLUXOGRAMA 1 esquematiza o processo:

### Fluxograma 1 - Processo de fabricação do gesso comercial



Fonte: A autora (2013)

“A gipsita tem dureza 2 na escala de Mohs, densidade 2,35, índice de refração 1,53, é bastante solúvel e sua cor é variável entre incolor, branca, cinza, amarronzada, a depender das impurezas contidas nos cristais. A sua composição química (ou estequiométrica) média apresenta 32,5% de CaO, 46,6% de SO<sub>3</sub> e 20,9% de H<sub>2</sub>O.”(DNPM, 2001, p. 1)

Segundo Hagemann, a temperatura de desidratação (calcinação) da gipsita pode variar entre 100 a 300°C, em função do tipo de gesso a ser obtido. É geralmente feito em fornos rotativos e pode ser resumido na seguinte equação:



CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O – Sulfato de cálcio di-hidratado

CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O – Sulfato de cálcio hemi-hidratado

Na etapa de pulverização, o gesso produzido na calcinação passa por moagem fina e peneiramento, de forma a adquirir a granulometria adequada à sua utilização. A granulometria final deve estar em conformidade com a norma NBR 13207, da Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT.

Após a moagem fina o gesso passa por um processo de estabilização, conforme cita Pinheiro (2001):

“Em seguida, o material é armazenado em silos, com a finalidade de proporcionar a estabilização de seus constituintes (hemi-hidratos e anidritas), o que torna o material mais homogêneo e proporciona melhor qualidade ao gesso produzido.” (Pinheiro, 2011, p. 22)

Petrucci (1998) destaca que as propriedades do gesso variam de acordo com a temperatura do cozimento industrial.

“À temperatura de 130°C a 160°C, a gipsita perde  $\frac{3}{4}$  de água, passando de diidrato a hemihidrato, muito mais solúvel que o primeiro (10g/l em vez de 2g/l). Este hemidrato é conhecido por gesso de Paris[...]” (Petrucci, 1998, p. 319)

A pega do gesso de Paris inicia em 2 ou 3 minutos e termina em 15 a 20 minutos. Durante a hidratação ocorre desprendimento de calor e verifica-se uma dilatação linear da ordem 0,3%, informa Petrucci (1998).

“À temperatura de 250°C, o gesso se torna anidro. O resultado é a anidrita solúvel, ávida de água e que se transforma rapidamente no hemidrato. À temperatura de 400°C a 600°C, a anidrita se torna insolúvel e não é mais capaz de fazer pega. Finalmente, de 900°C a 1200°C obtém-se um produto de endurecimento lento, denominado gesso de pavimentação ou gesso hidráulico[...]” (Petrucci, 1998, p. 320)

“O endurecimento do gesso se dá da seguinte forma: o hemihidrato se dissolve na água de amassamento à saturação; depois pela formação de diidrato menos solúvel, forma-se solução supersaturada que cristaliza em forma de longas agulhas.” (Petrucci, 1998, p. 320)

Teoricamente, a quantidade de água de amassamento necessária é 25%, porém amassa-se o gesso com excesso de água com intuito de retardar a pega e tornar a pasta manejável. Esta quantidade não deve ultrapassar 80%.

## 4.2 Propriedades físicas do gesso comercial

Em geral, o gesso de construção é encontrado nas seguintes apresentações: gesso fino para revestimento, gesso fino para fundição, gesso grosso para revestimento e gesso grosso para fundição.

A Tabela 1 abaixo mostra as características do gesso comercial exigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

**Tabela 1 - Exigências físicas e mecânicas do gesso para construção civil**

<b>Determinações físicas e mecânicas</b>	<b>Unidade</b>	<b>Limites</b>
Resistência à compressão	MPa	> 8,40
Dureza	N/mm <sup>2</sup>	> 30,00
Massa unitária	Kg/m <sup>3</sup>	> 700

Fonte: NBR 13.207 (ABNT, 1994)

A Tabela 2 expõe as exigências da ABNT relativas ao tempo de pega e ao módulo de finura do gesso comercial:

**Tabela 2 – Exigências da ABNT em relação ao tempo de pega e ao módulo de finura do gesso**

Classificação do gesso	Tempo de pega (min)		Módulo de Finura
	Início	Fim	
Gesso fino para revestimento	> 10	> 45	< 1,10
Gesso grosso para revestimento	> 10	> 45	> 1,10
Gesso fino para fundição	4 - 10	20 - 45	< 1,10
Gesso grosso para fundição	4 - 10	20 - 45	> 1,10

Fonte: NBR 13.207 (ABNT, 1994)

### 4.3 Fabricação do drywall

O gesso utilizado na fabricação das placas de gesso acartonado, ou drywall, é o gesso para fundição.

“O gesso acartonado é um material obtido basicamente pela prensagem de gesso e papel reciclado, sendo produzidas industrialmente placas que vêm sendo utilizadas como paredes, forros e revestimento, proporcionando à engenharia civil uma nova possibilidade construtiva.” (RIBEIRO et al, 2002, p. 51)

Por meio de pesquisa feita em diversos catálogos de grandes fabricantes de PGA, constatou-se que atualmente as placas podem ser encontradas no mercado nas seguintes versões:

- Standart (ST) - para utilização em áreas secas;
- Resistente à Umidade (RU) – contém aditivos hidrofugantes em sua composição. Indicada para uso em locais frequentemente submetidos à umidade. Ex: Cozinha, banheiros, área de serviço. Para locais constantemente molhados, como box de chuveiro, é indispensável a impermeabilização;
- Resistente ao fogo (RF) – Possuem fibras de vidro em sua composição e são destinadas para áreas com exigências especiais de resistência ao fogo, por exemplo, escadas de incêndio e saídas de emergência.

Há também no mercado diversos produtos especiais como chapas flexíveis, que são mais finas e geralmente utilizadas para a obtenção de curvas e chapas perfuradas, para garantir melhor eficiência acústica.

Em artigo publicado digitalmente pela revista Equipe de Obra (2013) foi descrito o processo de fabricação de PGA em uma das fábricas da empresa Placo do Brasil (Figura 1). De acordo com tal artigo, a primeira etapa do processo de fabricação do drywall se dá pelo estiramento da bobina de papel cartão, conforme observa-se na Figura 2. (Disponível em:

<<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013)

**Figura 1 – Fábrica de drywall da Placo do Brasil**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

**Figura 2 – Estiramento da bobina de papel cartão**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

O gesso, já em forma de pasta devida à adição de água e aditivos no misturador, é lançado na esteira sobre o cartão, delimitado por cantoneiras metálicas. Verifica-se esta etapa na Figura 3. O papel-cartão utilizado é um papel especial de fibras longas e mais resistentes.

**Figura 3 – O gesso em pasta é lançado sobre o papel cartão**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

A extrusora (Figura 4) define a espessura da placa e ao mesmo tempo lança sobre a camada de pasta de gesso uma segunda folha de cartão, como na Figura 5.

**Figura 4 – Na extrusora, espessura das placas é definida**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

**Figura 5 – Ainda na extrusora, uma segunda folha do papel cartão é adicionada**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

Após o endurecimento do gesso as placas são cortadas na guilhotina conforme os padrões da NBR 12.775, atendendo às necessidades do mercado (Figura 6).

**Figura 6 – As placas são cortadas conforme os padrões do mercado**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

Em seguida, as placas ainda úmidas são direcionadas para o secador, que retira toda a água livre restante e finaliza o processo de aderência gesso-papel. Nota-se esta etapa na Figura 7:

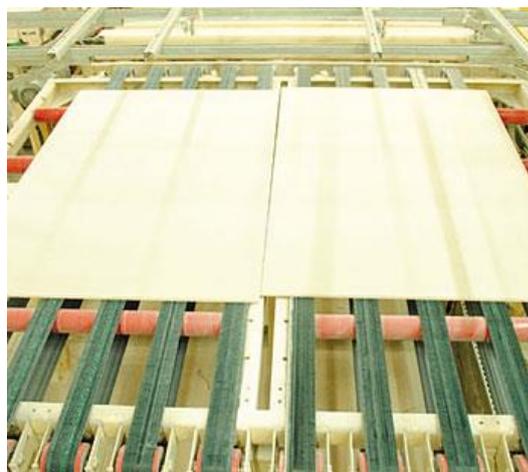
**Figura 7 – As placas são direcionadas para o secador**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

Após passar pela etapa de acabamento final, na qual são retirados possíveis excessos de bordas, as placas são empilhadas com precisão aos pares, como demonstrado na Figura 8 de formas a deixar suas faces protegidas para estoque, manuseio e transporte (Figura 9).

**Figura 8 – As placas são empilhadas aos pares**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

As pilhas são paletizadas e em seguida embaladas para serem encaminhadas aos centros de distribuição.

**Figura 9 – Placas são empilhadas com precisão**



Fonte: Revista Equipe de Obra (2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

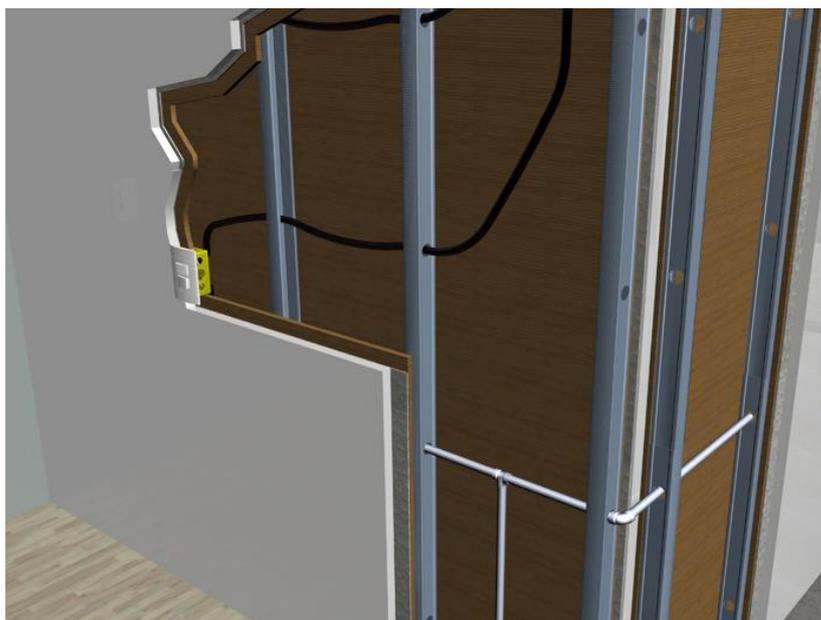
#### **4.4 Sistema construtivo em chapas de gesso acartonado**

A definição do sistema construtivo drywall, de acordo com a ABNT (NBR 15758-1:2009), é:

“Conjunto de componentes formado por chapas de gesso para drywall, estrutura de perfil de aço, acessórios de fixação e insumos, destinado a atender determinadas funções de compartimentação, as quais definem e limitam verticalmente os ambientes internos dos edifícios, controlando o fluxo de agentes solicitantes e cumprindo as exigências dos usuários.” (ABNT, 2009, p.2)

A Figura 10 é um desenho esquemático mostrando a configuração básica do sistema construtivo drywall. Através da abertura na placa mostrada no desenho verificam-se os perfis metálicos e as instalações hidráulicas e elétricas.

**Figura 10 – Desenho esquemático do sistema construtivo drywall**



Fonte: <http://www.gcbrasil.com/>

## **5 RECICLAGEM DE DRYWALL**

Neste capítulo, serão descritos os processos e os métodos de reciclagem de PGA utilizados atualmente no mercado.

De acordo com a definição da Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido a uma transformação.

### **5.1 O processo de reciclagem de PGA**

De acordo com a Construction Materials Recycling Association (Associação de Reciclagem de Materiais de Construção) as PGA possuem aproximadamente 90% de gesso em sua composição e por isso, caso possa ser separado do restante dos materiais, é possível reciclá-lo.

A associação em questão aponta que atualmente o drywall é reciclado em diversos locais nos Estados Unidos e que as principais destinações do produto resultante do processo são:

- Fabricação de novas chapas de drywall;
- Indústria cimenteira;
- Utilização na indústria agrícola como corretivo de solo;
- Produção de fertilizantes;
- Aditivo em processos de compostagem.

De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, é importante a segregação e correta armazenagem dos resíduos de PGA: “O local de

armazenagem dos resíduos de gesso na obra deve ser seco. A armazenagem pode ser feita em baia com piso concretado ou em caçamba”(DRYWALL, 2009)

A Figura 11 – Segregação dos resíduos de gessoexibe um exemplo de segregação de resíduos de gesso na obra:

**Figura 11 – Segregação dos resíduos de gesso**



Fonte: Revista Equipe de Obra(2013). Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013.

O local deve ser coberto e protegido de possível contato com águas pluviais. A Área de Transbordo e Triagem (ATT) a receber os resíduos de PGA deve ser licenciada pela prefeitura municipal.

Além das PGA, também é passível de reciclagem os demais componentes do sistema construtivo, como destaca a Associação Brasileira do Drywall:

“Além das chapas e massas citados, os sistemas drywall são compostos por perfis estruturais de aço galvanizado, acessórios do mesmo material (como suportes niveladores e pendurais para forros), parafusos, fitas de papel para tratamento de juntas e banda acústica (fita autoadesiva de espuma colada em todo o perímetro externo da estrutura, visando compensar pequenas imperfeições da superfície de contato, bem como aumentar o índice de isolamento sonoro, assegurando o conforto

acústico do ambiente). Todos esses componentes, assim como as chapas e as massas, são 100% recicláveis.” (DRYWALL; 2012, p.09)

### **5.1.1 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall para fabricação de novas chapas de gesso acartonado**

De acordo com a Construction Materials Recycling Association (Associação de Reciclagem de Materiais de Construção) os resíduos de drywall podem ser reutilizados na fabricação de novas chapas de gesso acartonado. Atualmente, a prática é adotada por muitas fábricas, que utilizam os resíduos provenientes do próprio processo de fabricação.

Cerca de 10 a 20% do gesso contido no drywall produzido na América do Norte provém de material reciclado.

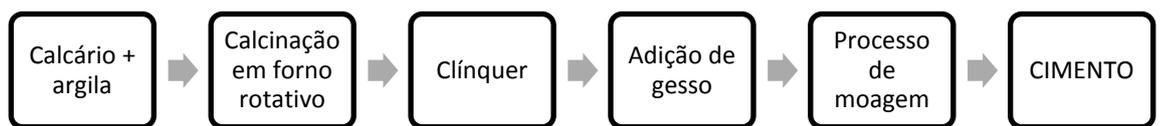
No Brasil a empresa Placo do Brasil, pertencente ao grupo Saint-Gobain adota a prática, entretanto é ainda a única fabricante no país a possuir uma unidade recicladora. A unidade fica localizada na cidade Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo, e é composta por duas tremonhas, sendo uma para moer as placas que serão recicladas e outra para a transformação do resíduo em pó. Tem capacidade para reciclar 2.500 kg por hora. De acordo com informações disponibilizadas no site da empresa, o material passa por uma balança e depois por um dosador que define a quantidade de material a ser reciclado. Disponível em: <<http://www.placo.com.br/a-placo-drywall/a-placo-drywall.asp>>. Acesso em: 14.nov.2013.

### 5.1.2 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na indústria cimenteira

Pinheiro (2011) afirma que 30% do minério de gipsita extraído no Brasil é destinado ao setor cimenteiro.

De acordo com Ribeiro (2002) a fabricação do Cimento Portland se dá de acordo com o FLUXOGRAMA 2:

**Fluxograma 2 – Esquema básico de fabricação do cimento Portland**



Fonte: Adaptado de RIBEIRO (2002)

Ribeiro (2002) afirma que a adição de gesso é feita a fim de impedir que as reações de hidratação entre o cimento e a água se processem instantaneamente, quando da utilização do cimento.

Conforme mencionado anteriormente, os resíduos de gesso quando armazenados e reciclados corretamente, mantém as suas propriedades e características físicas, podendo substituir parte do gesso utilizado na fabricação do cimento, reduzindo a extração de recursos naturais.

### **5.1.3 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na agricultura**

De acordo com artigo publicado pelo pesquisador e agrônomo Bernardo van Raij, a utilização do gesso para correção de solos ácidos é eficaz devida à solubilidade do mesmo, facilitando sua penetração no subsolo. Dessa forma o gesso pode estimular o enraizamento profundo no subsolo, possibilitando a absorção de água de camadas mais profundas.

“Essa ação se dá pelo aumento dos teores de cálcio, redução da saturação por alumínio e, em alguns casos, pela efetiva redução da acidez do subsolo.” (Raij; 2008, p. 26)

Além destes fatores, Raij (2008) ressalta que o gesso tem efeito flocculante, o que reduz a dispersão da argila, melhorando a condutividade hidráulica, impedindo o encrostamento superficial e reduzindo o adensamento de camadas do subsolo. A Figura 13 – Gesso reciclado proveniente de drywall sendo aplicado em plantação na Flórida mostra o gesso reciclado proveniente do drywall pronto para utilização e na Figura 13 – Gesso reciclado proveniente de drywall sendo aplicado em plantação na Flórida visualiza-se o mesmo sendo aplicado em uma plantação, na Flórida.

**Figura 12 – Gesso proveniente da reciclagem de drywall pronto para utilização na Califórnia**



Fonte: Construction Materials Recycling Association. Disponível em:  
<[http://www.drywallrecycling.org/QS/QS\\_LandApp.html](http://www.drywallrecycling.org/QS/QS_LandApp.html)> Acesso em:06.Out.2013

**Figura 13 – Gesso reciclado proveniente de drywall sendo aplicado em plantação na Flórida**



Fonte: Construction Materials Recycling Association. Disponível em:  
<[http://www.drywallrecycling.org/QS/QS\\_LandApp.html](http://www.drywallrecycling.org/QS/QS_LandApp.html)> Acesso em:06.Out.2013

### 5.1.4 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall na produção de fertilizantes

Fagundes (2012) descreve em seu trabalho de conclusão de curso, o processo industrial de reciclagem de resíduos de gesso e PGA para utilização como fertilizante na agricultura.

Na ocasião 1545kg de resíduos de gesso passaram por uma pré-separação com intuito de eliminar contaminantes comuns de obras como madeiras, metais e plásticos. Em seguida, cerca de 50% do papel-cartão que compõe as PGA foi retirado e os resíduos passaram por um processo quebra, com ajuda de uma retroescavadeira modelo *case*, garantindo fragmentos com até 20x20 cm. Os fragmentos resultantes foram direcionados em uma escavadeira para a esteira alimentadora do britador, com capacidade de 20 ton/h. Após a britagem, o material passa ainda pelo processo de moagem, até que as partículas atinjam a granulometria máxima de 4 mm. Logo após, o material foi enviado para uma fabricante de fertilizantes.

Foram realizadas quatro amostragens. O resíduo de gesso reciclado foi misturado em diferentes teores com calcário dolomítico e octoborato de sódio conforme a Tabela 3 – Composição das amostras utilizadas na fabricação de fertilizante abaixo:

**Tabela 3 – Composição das amostras utilizadas na fabricação de fertilizante**

Identificação	Calcário Dolomítico	Octoborato de Sódio	Sulfato de Cálcio (Resíduo de Gesso)
Batelada 01	85,50%	0,00%	14,50%
Batelada 02	65,00%	0,00%	35,00%
Batelada 03	64,50%	0,50%	35,00%
Batelada 04	29,50%	0,50%	70,00%

Fonte: Fagundes, Sônia Cunha (2012)

Depois de finalizado o processo de fabricação do fertilizante com o material, as quatro amostras foram analisadas e todas atingiram as exigências normativas mínimas de concentração dos macronutrientes cálcio e enxofre.

Segundo Fagundes (2012), foram realizados testes de espectrofotometria de absorção atômica nas quatro amostragens com finalidade de analisar o teor dos metais pesados: cádmio, chumbo, mercúrio, cromo e arsênio. Os resultados mostram que as concentrações foram nulas ou bem abaixo do limite normativo. Por exemplo, em uma das amostras foi encontrado o elemento Cromo, porém em concentração 25 vezes abaixo do limite permitido.

Consequentemente, o trabalho de Fagundes (2012) indica a possibilidade de utilização do resíduo de PGA na produção de fertilizantes, sem perda de qualidade do produto final.

### **5.1.5 Utilização de gesso proveniente da reciclagem de drywall em processos de compostagem**

Nunes (2009) afirma que a compostagem aeróbica é um processo controlado de decomposição microbiana de uma massa heterogênea de matéria orgânica com finalidade de obter, no mais curto espaço de tempo, a estabilização ou umidificação da mesma, uma vez que na natureza, este processo se dá em tempo indeterminado.

Buono e Costanzi (2013) constataram por meio de experimento realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), com resíduos de poda urbana e de alimentos, que a adição de gesso no processo de compostagem aeróbica reduz a perda de nitrogênio do composto em formação, acelerando o processo de decomposição. Disponível em: [http://gral.eng.br/g/images/easyblog\\_images/73/EXPERIMENTO-DE-COMPOSTAGEM-COM-A-ADICAO-DE-RESIDUO-DA-CONSTRUO-CIVIL.pdf](http://gral.eng.br/g/images/easyblog_images/73/EXPERIMENTO-DE-COMPOSTAGEM-COM-A-ADICAO-DE-RESIDUO-DA-CONSTRUO-CIVIL.pdf). Acesso em: 27.out.2013.

A Construction Materials Recycling Association ratifica que, quando se trata da utilização de resíduo de PGA no processo de compostagem, o papel cartão irá biodegradar como parte do composto; contudo, o gesso manterá sua composição, resultando em um composto rico em cálcio e enxofre. O gesso também exerce a função de amenizar os odores associados à amônia quando as leiras são corretamente oxigenadas. Pode-se verificar na Figura 14 a aplicação do material em leira de compostagem:

**Figura 14 – Leiras em processo de compostagem com adição de resíduos de drywall**



Fonte: Construction Materials Recycling Association. Disponível em:  
<[http://www.drywallrecycling.org/QS/QS\\_LandApp.html](http://www.drywallrecycling.org/QS/QS_LandApp.html)> Acesso em:27.Out.2013

## 6 ESTUDO DE CASO

Com finalidade de verificar a possibilidade de colocar em prática o conhecimento adquirido neste estudo, será analisada neste capítulo a viabilidade de reciclagem dos resíduos de PGA de um tipo de obra que frequentemente utiliza este material. Será aqui realizada a comparação entre:

- Demolição da edificação e envio dos resíduos de PGA para “bota-fora”
- Desconstrução, segregação de materiais e envio dos resíduos de PGA para reciclagem

### 6.1 Breve apresentação do caso escolhido

Executada por uma das maiores construtoras do país<sup>5</sup>, a obra escolhida foi acompanhada de perto, desde o início da confecção de seu projeto até a entrega final e abertura aos clientes. Trata-se da construção de um estande de vendas, cujo projeto foi elaborado tendo como referência estandes de outras grandes construtoras em cidades como São Paulo, Salvador e Brasília. Foi considerado pelos projetistas um estande inovador em Belo Horizonte, uma vez que, até então não foram construídos na cidade outros de igual porte.

Devido ao carácter provisório da edificação e à necessidade de agilidade e rapidez durante a construção, o projetista optou por utilizar o drywall com estrutura de perfis metálicos ao invés da alvenaria convencional.

Este tipo de edificação geralmente é utilizada por pouco tempo, até que se conclua as vendas, de forma que muitas vezes o período de construção é maior do que o de utilização.

---

<sup>5</sup> Por motivos de confidencialidade, será preservado o nome da empresa.

Em Belo Horizonte, tais obras ainda são dispensadas de aprovação de projeto e de licenciamento<sup>6</sup>. Assim, devido à falta de compromisso dos executores, os materiais utilizados na obra dificilmente são reaproveitados gerando grande desperdício e entulho.

Pretende-se mostrar aqui que, planejar e facilitar a “desconstrução” de forma a possibilitar a separação dos materiais para reaproveitamento e reciclagem minimiza a quantidade de resíduos e pode trazer benefício para o construtor.

### **6.1.1 Localização**

Como já citado, o caso escolhido como objeto de estudo é um estande de vendas em Belo Horizonte, localizado no bairro Estoril.

### **6.1.2 Descrição geral do projeto**

A edificação provisória escolhida para esse estudo possui uma área construída coberta de 750m<sup>2</sup> e, aproximadamente 1300m<sup>2</sup> de área de estacionamento, que foi construído em piso intertravado.

Com exceção das salas decoradas, que receberam acabamento especial escolhido pelo profissional de design de interiores, o piso escolhido para a área construída coberta foi o porcelanato, sendo 400m<sup>2</sup> de porcelanato 90x90cm bege natural e 350m<sup>2</sup> de porcelanato Ecowood 90x10cm tabaco, um tipo especial de piso cerâmico que imita um deck de madeira.

---

<sup>6</sup> Art. 12, da Lei 9.725/12 – Código de Edificações de Belo Horizonte.

O local é equipado também com uma sala de projeção onde é exibido um filme sobre o produto a ser vendido. A sala possui 14m<sup>2</sup> e, visando aperfeiçoar o seu isolamento acústico, suas paredes e forro foram construídos com placas duplas de drywall e lã de vidro entre elas. Conta também com placas de revestimento acústico feitas em tecido e perfis metálicos na face aparente e preenchidas com lã de vidro aglomerada com resina sintética. Tais placas diminuem a reverberação do som dentro da sala.

A edificação foi dividida em duas áreas com intuito de otimizar a sua funcionalidade. A primeira é a área do cliente, que conta com recepção, salão de atendimento, banheiros, espaço *kids* (para entreter as crianças que acompanham os clientes), sala de projeção e salas decoradas. A segunda área, voltada para a equipe de vendas e funcionários é composta por sala de reunião, secretaria, sala de corretores, copa, cozinha, área de serviço e banheiro de funcionários.

### 6.1.2.1 Materiais e Acabamentos

A Tabela 4 abaixo demonstra a especificação dos principais itens da obra, para que se possa ter uma visão global de projeto do estande de vendas:

**Tabela 4 - Especificação dos principais materiais**

<b>Item</b>	<b>Material Especificado</b>
<b>Bancadas e rodobancadas Copa e Cozinha</b>	Granito Preto
<b>Canteiros de Obra</b>	Contêiner metálico com revestimento em madeira
<b>Cobertura</b>	Telhas metálicas trapezoidais com espessura de 65 mm

<b>Contrapiso</b>	Argamassa de cimento
<b>Estrutura</b>	Perfis metálicos
<b>Fechamento Externo</b>	Placas de gesso acartonado hidrofugantes (placas verdes)
<b>Fechamento Interno</b>	Placas de gesso acartonado comum
<b>Forro</b>	Gesso acartonado
<b>Fundação</b>	Radier de concreto armado h=12 cm
<b>Isolamento Acústico Sala de Projeção</b>	Placas duplas de gesso acartonado com enchimento de lã de vidro nas paredes e forro
<b>Janelas</b>	Esquadria de alumínio com vidro incolor
<b>Pingadeiras</b>	Chapa galvanizada
<b>Piso e rodapés Internam</b>	Porcelanato bege 90x90cm
<b>Piso Estacionamento</b>	Piso Intertravado comum
<b>Piso Externo</b>	Porcelanato Ecowood 90x10cm
<b>Piso sala de projeção</b>	Carpete comum cinza
<b>Portas das áreas operacionais</b>	Madeira
<b>Portas de entrada de Cliente</b>	Em vidro incolor
<b>Revestimento Banheiros e Cozinha</b>	Cerâmica Bege 33,5x58cm
<b>Revestimento Externo</b>	Textura rústica cor manteiga
<b>Revestimento Paredes Internas</b>	Pintura com tinta acrílica acetinada cor branco neve
<b>Revestimento Sala de Projeção</b>	Revestimento acústico Sonare
<b>Sistema sanitário</b>	Fossas sépticas em blocos de concreto
<b>Soleiras e peitoris</b>	Mármore branco

O projetista optou pela utilização da estrutura metálica e chapas de drywall pelos seguintes motivos:

“A escolha do dry-wall como sistema de vedação do Stand de Vendas do Parque Avenida se deveu basicamente à possibilidade que o sistema oferece de unir

agilidade e simplicidade de execução à qualidade de acabamento, redução de resíduos e desperdícios de material, atendendo dessa forma com uma construção mais limpa, aos requisitos da Certificação do Selo AQUA de sustentabilidade.

E também, pelo fato de tratar-se o Stand de Vendas de uma construção temporária, já com previsão de adaptação e posterior demolição para liberação do futuro canteiro de obras, fez com que considerássemos sua versatilidade e fácil capacidade de ajustes um aspecto determinante para sua escolha como sistema construtivo.”<sup>7</sup>

### 6.1.3 Custos

Com intuito de cumprir o objetivo principal do presente estudo, será levado em consideração apenas o que se refere ao custo de construção.

O valor de construção da obra por m<sup>2</sup> foi:

$$\text{Custo Construção por m}^2 = \frac{\text{R\$682.300,00 (custo de construção área coberta)}}{750\text{m}^2 \text{ (área coberta)}} = \text{R\$909,75/m}^2$$

A representatividade das placas de gesso acartonado no custo do m<sup>2</sup>:

$$\text{Custo Drywall} = \frac{\text{R\$96.577,00}}{750\text{m}^2 \text{ (área coberta)}} = \text{R\$128,77/m}^2$$

Dessa forma, as placas representam 14,2% do custo de construção da área coberta (Gráfico 1).

---

<sup>7</sup> Depoimento do projetista Maurício Miranda, da empresa Torres Miranda Arquitetura.

**Gráfico 1– Peso do custo das PGA no custo total de construção do estande (área coberta)**



Fonte: A autora (2013)

## **6.2 Gerenciamento de resíduos**

Não foi realizado nenhum plano de gerenciamento de resíduos, bem como também não foi feito planejamento de desmonte durante a concepção do projeto. O resíduo produzido durante a obra era colocado, de forma aleatória, em uma caçamba alugada, ficando o locatário responsável pela disposição final do mesmo. Não era de conhecimento dos responsáveis pela obra o destino final dos resíduos.

Ao entrar em contato com a empresa responsável pela caçamba foi afirmado que atualmente não existe na cidade unidade recicladora de resíduos de gesso e que por isso o material foi enviado para descarte em aterro. O valor cobrado pelo aluguel da caçamba é R\$280,00, sendo que o equipamento permanece na obra por até 3 dias úteis. A empresa se responsabiliza pela destinação final do resíduo em aterro licenciado pela prefeitura municipal e emite recibo de comprovação.

## 6.3 Análise da viabilidade da reciclagem de placas de gesso acartonado

Com intuito de analisar a viabilidade econômica para o construtor de destinar os resíduos de PGA para reciclagem será feita a comparação entre:

- Custo de desconstrução e envio para reciclagem
- Custo de demolição e destinação em aterro

Verificou-se na planilha orçamentária que foram utilizadas na edificação 1.568,91 m<sup>2</sup> de PGA.

**Tabela 5 – Quantidade de PGA utilizadas na edificação**

Descrição	Quantidade (m <sup>2</sup> )
Forro de PGA	636,15
Revestimento externo em PGA	532,07
Revestimento interno em PGA	400,69
Área total	1568,91

Fonte: Planilha orçamentária da obra

Uma vez que a espessura das chapas é 0,0125m o volume (compacto) do material é 19,60m<sup>3</sup>.

### 6.3.1 Custo de desconstrução e envio para reciclagem

Foi efetuada uma busca na cidade de Belo Horizonte e regiões próximas com finalidade de encontrar a unidade recicladora de resíduos de gesso mais próxima. Até a conclusão deste trabalho não foi possível encontrar uma. No entanto, existe na cidade

Contagem uma ATT<sup>8</sup> (Área de Transbordo e Triagem) que recebe resíduos de PGA e os encaminha diretamente para a indústria cimenteira<sup>9</sup>.

A ATT cobra o valor de R\$260,00 por caçamba de 6 m<sup>3</sup> de capacidade. A caçamba é disponibilizada no local da obra, onde permanece por até 3 dias e então é recolhida em um caminhão Brooks. O material então retorna para as instalações da ATT onde passa por um processo de seleção e trituração para que possa finalmente ser enviado para a fábrica de cimento.

Considerando uma perda de 20% do drywall utilizado e um coeficiente de expansão volumétrica do material solto é 1,8 temos um volume de:

$$V_s = 19,60 \times 0,80 \times 1,8 = 28,22 \text{m}^3$$

Portanto serão necessárias  $28,22 \text{m}^3 / 6 \text{m}^3 = 5$  caçambas.

É necessário contabilizar neste custo também, a mão de obra necessária para a desconstrução das paredes e forros de drywall e o transporte dos resíduos até a caçamba.

Considera-se o custo horário do pedreiro (com encargos) R\$16,20 e o do servente R\$10,50 e as produtividades de acordo com as Tabelas de Composições de Preços para Orçamento (TCPO):

- Desconstrução e separação do drywall: 33m<sup>2</sup>/h
- Transporte dos resíduos até a caçamba: 2,5m<sup>2</sup>/h

É necessário o pedreiro trabalhar  $1568,91 / 33 = 47,57$  horas e o servente

$1568,91 / 2,5 = 627,56$  horas.

Assim temos a seguinte tabela:

---

<sup>8</sup> ATT Gramadus. Av. Centauro, 645 - Distrito Industrial Riacho das Pedras - Contagem - MG

<sup>9</sup> Informação obtida por meio de contato telefônico com funcionário da ATT em 28.out.2013.

**Tabela 6 – Cálculo do custo do construtor para envio dos resíduos de PGA para reciclagem**

Serviço	Custo para o construtor (R\$)
Desconstrução e separação dos resíduos de drywall	$47,57h \times R\$16,20/h = R\$770,65$
Transporte dos resíduos de drywall até a caçamba com carrinho de mão	$627,56h \times R\$10,50 = R\$6.904,40$
Aluguel da caçamba e envio para indústria cimenteira	$280 \times 5 = 1.400,00$
Custo total	R\$9.075,05

Fonte: A autora

### 6.3.2 Custo de demolição e destinação em aterro sanitário

Conforme informações obtidas na mesma ATT citada no capítulo acima, caso o material seja enviado para aterro sanitário devidamente licenciado pela prefeitura municipal, o valor da caçamba de 6m<sup>3</sup> passa a ser R\$480,00. Isso devido à distância de transporte do material até o aterro, situado em Betim. Além disso, o valor da caçamba que é enviada para reciclagem torna-se mais baixo pois a fábrica de cimento que a recebe paga ao transportador por metro cúbico de resíduos de drywall entregue, caso o mesmo atenda as exigências de qualidade da fábrica.

Além deste valor, é cobrada no aterro sanitário a Taxa de Destinação Final, que equivale a R\$115,00/ton de resíduos. Considera-se que o material pesa 8,5kg/m<sup>2</sup> o peso total é:

$$P = 1568,91 \times 8,5 = 13.335,74\text{kg que equivale a } 13,33\text{ton}$$

Dessa maneira, tem-se:

**Tabela 7 – Cálculo do custo do construtor para demolição e envio das PGA para aterro sanitário**

Serviço	Custo para o construtor
Desconstrução e separação dos resíduos de drywall	$47,57h \times R\$16,20/h = 770,65$
Transporte para a caçamba	$627,56h \times R\$10,50 = R\$6.904,40$
Aluguel da caçamba	$R\$480,00 \times 5 = R\$2.400,00$
Taxa de destinação final	$R\$115,00 \times 13,33ton = 1.532,95$
<b>Custo Total</b>	<b>R\$11,607.60</b>

Fonte: A autora

Verifica-se que em igualdade de condições, o custo que o construtor teria para envio dos resíduos de gesso acartonado para reciclagem é menor do que o custo de envio para aterro sanitário. Porém na prática, o construtor efetua a demolição da edificação como um todo com auxílio de uma escavadeira, de forma que não é realizada a segregação dos resíduos de gesso. A produtividade da demolição com a escavadeira é elevada em relação à demolição manual e por isso, o custo é menor.

## 7 Conclusões e considerações finais

Verificou-se neste trabalho que a reciclagem de placas de gesso acartonado é um tema relativamente novo no meio científico brasileiro. Através da revisão bibliográfica constatou-se que muitos trabalhos relativamente recentes, publicados na última década, ainda possuem informações desatualizadas em relação à reciclagem de gesso e à reciclagem do drywall, muitas vezes considerando esta última inviável.

Foi possível verificar, também por meio de revisão da bibliografia, que a reciclagem de drywall tem sido praticada em diversos países, como nos Estados Unidos e Canadá. No Brasil, é crescente o aumento do número de ATTs que recebem o material, devido ao aumento da procura pelo material, mais barato que o gesso comercial, nas indústrias cimenteiras e agrícola.

Notou-se que a reciclagem do gesso acartonado é possível e economicamente viável, além de ser um importante passo para a indústria da construção civil, minimizando a extração do minério gipsita e, conseqüentemente, os seus impactos ambientais.

Foi possível constatar que, em diversos países da América do Norte e União Européia, a disposição dos resíduos de PGA em aterros sanitários é considerada perigosa e até ilegal em alguns locais dos Estados Unidos, devido ao risco da emissão de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S). Dessa forma, as empresas e construtoras encontraram-se obrigadas a segregar este resíduo na obra, uma vez que o mesmo deveria ser disposto em aterros controlados. Este fato incentivou o desenvolvimento de técnicas e processos de reciclagem do material.

Observou-se por meio do estudo de caso que, no Brasil, muitas vezes o construtor deixa de optar pela reciclagem por causa da dificuldade em segregar e armazenar o material de forma adequada, uma vez que o processo não é obrigatório. Infelizmente, a demolição e destinação em aterros sanitários, algumas vezes irregulares por falta de fiscalização municipal, ainda é a opção mais simples e financeiramente mais atrativa para o construtor, desestimulando o aumento da procura pela reciclagem do material no país..

Durante a execução deste trabalho por várias vezes foram realizadas tentativas de contato, através de e-mail e telefone, com os responsáveis pela unidade de reciclagem de resíduos de drywall da empresa Placo do Brasil, com intenção de agendar uma visita técnica. Porém até o presente momento, não foi obtida resposta.

Uma vez que este trabalho é apenas o início de uma pesquisa avaliando o processo de reciclagem do gesso acartonado, se faz necessário que futuros estudos sejam desenvolvidos para preencher algumas lacunas aqui encontradas.

Uma destas lacunas trata-se de avaliar a técnica utilizada nas unidades de reciclagem existentes no país, com finalidade de buscar possíveis otimizações no processo e minimizações de perdas. Uma outra oportunidade de desenvolvimento é avaliar a qualidade e a composição química do produto final, buscando agregar valor ao produto reciclado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, Vahan; John Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**: volume 5. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2011. 141 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL; **Consumo de sistemas drywall cresceu 13,5% no primeiro trimestre**. 2013. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/imprensa.php/2/832/consumo-de-sistemas-drywall-cresceu--no-primeiro-trimestre>>. Acesso em 28.Ago.2013.

BENITE, Anderson; **Emissões de carbono e a construção civil**. 2011. Disponível em: <[http://www.cte.com.br/site/artigos\\_ler.php?id\\_artigo=3541](http://www.cte.com.br/site/artigos_ler.php?id_artigo=3541)>. Acesso em: 21 Ago.2013.

BOTELHO, C. W.; **Gesso acartonado e o descarte não sustentável: as novas tecnologias e o novo perfil do recurso humano na construção civil**. Niterói: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010, 17 p.

BUONO, L. N.; COSTANZI, R. N. **Experimento de compostagem com a adição de resíduos da construção civil**. UTFPR, Londrina, 2013. 9 p.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CORRÊA, Lásaro Roberto; **Sustentabilidade na Construção Civil**. 2009. 69 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Balço Mineral Brasileiro: Gipsita.** Recife, 2001. 23 p. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/gipsita.pdf>>. Acesso em: 01.Set.2013.

DRYWALL – Associação Brasileira de Fabricantes de Chapas para Drywall. **Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e destinação para reciclagem.** 2009, 26 p.

FAGUNDES, Sônia Cunha. **Resíduos de gesso: alteração na legislação e destinação alternativa como fonte de macronutrientes em fertilizantes.** Unilasalle: 2012. 59 p.

GONÇALVES, B. S. **O Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente – a Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal / Benjamin S. Gonçalves (coordenação e edição).** – São Paulo: Instituto Ethos, 2005

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil.** In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil.** São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760.

NUNES, M. U. C. **Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade.** Circular Técnica, Aracaju, v. 59, p. 1-7, 2009. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br>>. Acesso em: 27.out.2013.

PETRUCCIO, Eládio G. R. **Materiais de Construção.** 11ª ed. São Paulo: Globo, 1998. 435 p.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **Gesso reciclado: avaliação das propriedades para uso em componentes**. UNICAMP, Campinas, 2011. 304 p.

RAIJ, Bernardo van. **Gesso na Agricultura**. Informações Agrônomas, Piracicaba, no 122, p. 26-27, 2008. Disponível em: <[http://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/\\$FILE/Page26-27-122.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/$FILE/Page26-27-122.pdf)>: Acesso em: 16. Out.2013.

REVISTA EQUIPE DE OBRA. **Drywall: Pasta de gesso e papel cartão são as principais matérias-primas do processo de fabricação das placas usadas no sistema de paredes secas**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/43/artigo243469-1.aspx>> Acesso em: 02.Out.2013

RIBEIRO, C. C; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002. 102 p.

SCHMIDHEINY, Stephan. **Mudando o Rumo**. São Paulo: FGV, 1992

TOWNSEND, T. G. **Markets for Recycling Gypsum Drywall**. U.S: 2003. Disponível em: <<http://www.drywallrecycling.org/>> Acesso em: 18.nov.2013

UNEP Sustainable Buildings and Construction Initiative – SBCI; **Buildings and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities**. 2007. p. 87

UNITED NATIONS ORGANIZATION. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**, 1972. 6 p. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>>. Acesso em: 03 Ago.2013.

VOTORANTIM. **Relatório de sustentabilidade**. Disponível em: <[http://www.votorantim.com.br/relatoriosustentabilidade/eficiencia\\_consumate.html](http://www.votorantim.com.br/relatoriosustentabilidade/eficiencia_consumate.html)> Acesso em:02.Nov.2013

WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Report on the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 1987. p. 15

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

### CIVIL

A TABELA 7 mostra a classificação dos resíduos de construção civil de acordo com a Resolução CONAMA nº307/2002:

**Tabela 8 – Classificação dos resíduos de construção civil de acordo com a resolução CONAMA nº307/2002**

Classes	Descrição do resíduo
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plástico, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação
D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, resíduos hospitalares e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde