

**ANÁLISE ENERGÉTICO – AMBIENTAL DE FACHADAS COM
FOCO NA RECICLAGEM. ESTUDO DE CASO COM PAINÉIS DE
ALUMÍNIO COMPOSTO “ACM” EM BRASÍLIA.**

GRAZIELA MORENO MONTEIRO MARTINS GOUVEIA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE ENERGÉTICO – AMBIENTAL DE FACHADAS COM
FOCO NA RECICLAGEM. ESTUDO DE CASO COM PAINÉIS DE
ALUMÍNIO COMPOSTO “ACM” EM BRASÍLIA.**

GRAZIELA MORENO MONTEIRO MARTINS GOUVEIA

ORIENTADORA: DSc. ROSA MARIA SPOSTO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL**

PUBLICAÇÃO: E.DM-009A/12

BRASÍLIA/DF: JUNHO – 2012

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE ENERGÉTICO – AMBIENTAL DE FACHADAS COM
FOCO NA RECICLAGEM. ESTUDO DE CASO COM PAINÉIS DE
ALUMÍNIO COMPOSTO “ACM” EM BRASÍLIA.**

GRAZIELA MORENO MONTEIRO MARTINS GOUVEIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

Prof^a. Rosa Maria Sposto, DSc. (UnB)
(Orientadora)

Prof^a. Michele Tereza Marques Carvalho, DSc. (PECC - UnB)
(Examinador Interno)

Prof^a. Rejane Maria Candiota Tubino, DSc. (PPGE3M - UFRGS)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 29 DE JUNHO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

GOUVEIA, GRAZIELA MORENO MONTEIRO MARTINS

Análise energético-ambiental de fachadas com foco na reciclagem. Estudo de caso com painéis de alumínio composto “ACM” em Brasília. [Distrito Federal] 2012.

xv, 153p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2012).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Desempenho Energético Ambiental

2. Fachadas

3. Painéis de alumínio composto “ACM”

4. Reciclagem

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOUVEIA, GRAZIELA M.M.M. (2012). Análise energético-ambiental de fachadas com foco na reciclagem. Estudo de Caso com painéis de alumínio composto “ACM” em Brasília. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Publicação E.DM-009A/12, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 153p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Graziela Moreno Monteiro Martins Gouveia

TÍTULO: Análise energético-ambiental de fachadas com foco na reciclagem. Estudo de Caso com painéis de alumínio composto “ACM” em Brasília.

GRAU: Mestre ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Graziela Moreno Monteiro Martins Gouveia

Brasília – DF – Brasil

E-Mail: graziela.moreno@ig.com.br

Dedicatória.

Dedico este trabalho à minha família e a meu esposo, por
todo amor, apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, criador de todas as coisas e provedor de toda sabedoria e conhecimento, por ter chegado até aqui. A Ele toda honra e toda glória!

Ao meu marido Cleber, o maior incentivador do meu ingresso ao mestrado, pela compreensão, paciência, motivação e amor. Seu apoio foi imprescindível nos momentos mais difíceis, o que me fez prosseguir confiante.

À minha orientadora Prof. Rosa Maria Sposto, por toda a atenção, dedicação, incentivo e paciência. Obrigada por todas as correções e opiniões muito pertinentes que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, a quem devo tudo que sou, por todo amor, carinho, exemplo e sacrifícios. Aos meus irmãos pelo companheirismo e por acreditarem em mim.

A todos os amigos e colegas de curso que ajudaram de alguma forma com materiais, informações, traduções e formatações (Mariana, Abdala e Adriana).

A todas as empresas e instituições que colaboraram para a realização deste trabalho através da concessão de entrevistas e informações de grande importância, entre elas as executoras de fachadas com ACM (Rajas, Alkha, Cristal Mais, S9M9, MMR, Gefal) as Cooperativas de coletores (Ascoles e Centcoop), as empresas comercializadoras de recicláveis (Metalcap, Renove, Capital Recicláveis e Cima) e o SLU.

Às fábricas Novelis e Alubillets por abrirem suas portas colaborando com dados imprescindíveis à esta pesquisa. Em especial, agradeço a presteza e atenção de seus técnicos.

À UnB e ao PECC pela oportunidade de ingressar no mestrado em Estruturas e Construção Civil, possibilitando a realização de mais um objetivo profissional e à Capes, por viabilizar a conquista desse objetivo.

A todos que de alguma forma colaboraram com sua compreensão e incentivo.

RESUMO

ANÁLISE ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE FACHADAS COM FOCO NA RECICLAGEM. ESTUDO DE CASO COM PAINÉIS DE ALUMÍNIO COMPOSTO “ACM” EM BRASÍLIA

Autor: Graziela Moreno M. Martins Gouveia

Orientadora: Rosa Maria Sposto, DSc.

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, Junho de 2012

Nas últimas décadas, a importância dada à imagem transmitida pelos edifícios por meio de suas fachadas levou ao aumento da utilização de panos de vidro associados a revestimentos de alta tecnologia, sendo o ACM (*Aluminum composite material*) um dos materiais mais utilizados nas fachadas “*high-tech*”. Devido a fatores como rapidez na execução e possibilidade de instalação sobre outros revestimentos sem necessidade de demolição, o ACM também tem sido muito utilizado em reformas de fachadas. No entanto, 63,31% da massa dos materiais componentes das fachadas com ACM é composta por alumínio, um material cuja produção demanda altas taxas de consumo de energia e emite grande quantidade de CO₂. Dessa forma, sob o ponto de vista energético-ambiental, a reciclagem se apresenta como um importante recurso na busca da sustentabilidade desse tipo de fachada. Por outro lado, existem entraves ao reaproveitamento dos resíduos gerados na etapa de montagem e instalação, como por exemplo, o fato do ACM ser um compósito que necessita ser delaminado para que seus componentes tenham valor comercial. Sendo assim, com o objetivo de contribuir para os estudos sobre o desempenho ambiental de fachadas, este trabalho apresenta a avaliação energético-ambiental da fachada com ACM considerando-se a reciclagem, ou seja, foram comparados os valores levantados de energia incorporada e emissões de CO₂ para a fabricação de uma unidade de fachada com ACM utilizando-se matéria-prima primária e secundária, a fim de avaliar a efetiva contribuição da reciclagem na diminuição desses valores. Também foi desenhado o fluxo dos resíduos sólidos e dos agentes participantes no processo de reciclagem desses resíduos, gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas, a fim de apresentar os principais gargalos para sua reinserção no ciclo de produção dos materiais, considerando-se o contexto de Brasília. Como resultados, observou-se que a fachada produzida com matéria prima secundária pode representar uma economia de energia de 78 % e emitir 73% menos CO₂.

Palavras-chave: Energia incorporada, Emissões de CO₂, Reciclagem, ACM.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL ENERGETIC ANALYSIS OF FACADES FOCUSED ON RECYCLING. CASE STUDY FOR ALUMINUM COMPOSITE PANEL “ACM” IN BRASÍLIA.

Author: Graziela Moreno M. Martins Gouveia

Supervisor: Rosa Maria Sposto, DSc.

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasilia, June of 2012

In recent decades, the importance given to the image sent out by the buildings through their facades has induced to improve the use of glass walls associated with high-tech coatings, and the ACM (Aluminum Composite Material) one of the most used materials on the facades "high-tech". As a consequence of factors such as fasten execution and the possibility of installation over other building coatings without the need for demolition, the ACM also has been used in facade's reformation. However, 63.31% of the weights of the materials that compose the facade with ACM are made by aluminum, a material whose production demand high levels of consumption of energy and emits a huge amount of CO₂. Therefore, based on the viewpoint of energy-environment, recycling represents an important resource in the quest for sustainability in this type of facade. On the other hand, there are obstacles in the waste recycling, such as the fact that the ACM is a composite which need to be delaminated for its components have a commercial value. As a result, in order to contribute for the studies on the environmental performance of facades, this paper presents the energy-environmental assessment of the facade with ACM considering recycling, for that reason, it was compared the values obtained of embodied energy and emissions CO₂ for the manufacture of a facade unit with ACM using primary and secondary raw material, with a purpose to evaluate the effective contribution of recycling in the decrease of these values. Also it was designed a flow of solid waste and of the agents that are involved in the recycling process of waste produced in the machining step of ACM panels and installation of facades, in order to demonstrate the main difficulties for the reintegration of these wastes in the production cycle of materials, considering the Brasilia's context. The results showed that the facade with secondary raw materials produced may represent an energy saving of 78% and 73% less CO₂ issue.

Keywords: Embodied energy, CO₂ emissions, Recycling, ACM.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	5
1.1.1	Objetivo geral	5
1.1.2	Objetivos Específicos	6
1.1.3	Estruturação do Trabalho	6
1.1.4	Limitações do Trabalho	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	Energia	8
2.1.1	Energia no Brasil	9
2.1.2	Energia incorporada dos materiais	11
2.2	Emissões de CO ₂ (Dióxido de Carbono)	15
2.3	Painéis de Alumínio composto - ACM	17
2.4	O Alumínio e seu processo produtivo	20
2.4.1	Ligas de alumínio	21
2.5	O Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e seu processo produtivo	23
2.6	Reciclagem	25
2.6.1	Processamento	27
2.6.2	Reciclagem do Alumínio	28
2.6.3	Reciclagem do Polietileno de baixa densidade (PEBD)	30
2.7	Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição (RSCD)	31
2.7.1	Gestão de RSCD	34
2.7.2	Instrumentos Públicos para a Gestão de RSCD	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	Estudo de caso: Fachadas com ACM	40
3.2	Etapa 1	46
3.3	Etapa 2	61
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.1	Resultados da Etapa 1	63
4.2	Resultados da Etapa 2	77
4.2.1	Resultados do Grupo 1 – Empresas que executam fachadas de ACM	77
4.2.2	Resultados do Grupo 2 – Cooperativas de Coletores	81
4.2.3	Resultados do Grupo 3 – Empresas Comercializadoras de Recicláveis	84
4.2.4	Resultados do Grupo 4 – SLU e catadores do Aterro do Jóquei	86

5	CONCLUSÕES.....	90
5.1	Cumprimento dos objetivos propostos	90
5.2	Considerações finais	90
5.2.1	Etapa 1	90
5.2.2	Etapa 2	92
5.2.3	Sugestões para trabalhos futuros	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
	APÊNDICES.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Valores de EI para a produção do alumínio no Brasil e em outros países.....	13
Tabela 2.2 – Valores de EI para a produção de vários materiais utilizados em fachadas (Adaptado de Tavares, 2006).....	14
Tabela 2.3 – Valores de ECO ₂ para a produção do alumínio no Brasil e em outros países	17
Tabela 2.4 – Grupos de ligas conforme o sistema de numeração da Teal Sheets. (Adaptado de Aluminium Association, 2009).....	22
Tabela 2.5 – Unidades de processamento em atividade no DF e quantidade de resíduos recebidos por cada uma no ano de 2008 (Fonte SNIS, 2008).	36
Tabela 3.1 - Valores de PCI dos combustíveis utilizados nos processos de produção das chapas e perfis de alumínio. (Fonte: IPCC, 2006).....	48
Tabela 3.2 – Fatores de emissão de CO ₂ para o Gás natural e o GLP (Fonte: IPCC, 2006)....	50
Tabela 3.3 – Resumo da sequência de cálculos para obtenção dos valores de EI e ECO ₂ por tonelada de material produzido com MPP e MPS.	53
Tabela 3.4 – Resumo das fábricas visitadas e consultadas para a obtenção dos dados de consumo energético utilizados	54
Tabela 3.5 – Fornos utilizados nas fases de Refusão e Preparação de placas da linha de produção de chapas de alumínio (Fonte: Novelis, 2011).	55
Tabela 3.6 – Fornos utilizados nas fases de Refusão e Extrusão de perfis da linha de produção de perfis de alumínio (Fonte: Alubilletts, 2011).....	56
Tabela 3.7 – Maquinários utilizados na reciclagem de PEBD	58
Tabela 3.8 – Valores de massa dos componentes do painel de ACM ²	59
Tabela 3.9 – Valor de massa e dimensões do perfil de alumínio utilizado na subestrutura.	60
Tabela 3.10 – Valor de massa e dimensões da cantoneira de alumínio que fixa a bandeja de ACM ao perfil de alumínio ³	60
Tabela 3.11 – Valor de massa da cantoneira de alumínio que fixa o perfil de alumínio à alvenaria	60
Tabela 3.12 – Valores de massa dos parafusos utilizados na fixação das cantoneiras no painel de ACM e nos perfis de alumínio.	61
Tabela 3.13 – Empresas e instituições entrevistadas para a coleta de dados subsidiários à Etapa 2 do trabalho.	62
Tabela 4.1 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de alumínio com MPP.....	64
Tabela 4.2 – Entradas de Energia para fabricação dos perfis de alumínio com MPP	64

Tabela 4.4 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de PEBD com MPP.....	65
Tabela 4.5 – Resumo dos valores de EI encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD produzidos com MPP	65
Tabela 4.6 - Emissões de CO ₂ para a produção da chapa de alumínio com MPP	66
Tabela 4.7 - Emissões de CO ₂ para a produção do perfil de alumínio com MPP.....	67
Tabela 4.8 - Emissões de CO ₂ para a produção da chapa de PEBD com MPP	68
Tabela 4.9 – Resumo dos valores de ECO ₂ encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD produzidos com MPP.	68
Tabela 4.10 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de alumínio com MPS.....	69
Tabela 4.11 – Entradas de Energia para fabricação do perfil de alumínio com MPS.	70
Tabela 4.12 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de PEBD com MPS.....	71
Tabela 4.13 – Resumo dos valores de EI encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD com MPS.	71
Tabela 4.14 – Porcentagem de redução dos valores de EI para os materiais reciclados em relação aos produzidos com MPP.....	72
Tabela 4.15 – Emissões de CO ₂ para a produção de 1 tonelada de chapa de alumínio com MPS.	72
Tabela 4.16 – Emissões de CO ₂ para a produção de 1 tonelada de perfis de alumínio com MPS	73
Tabela 4.17 – Porcentagem de redução dos valores de ECO ₂ para os materiais reciclados.	73
Tabela 4.18 – Porcentagem de participação dos componentes, por tipo de material, em relação à massa total da UF.	74
Tabela 4.19 – Valores totais de EI e ECO ₂ para a UF com ACM produzida com MPP.....	75
Tabela 4.20 – Valores totais de EI e ECO ₂ para a UF com ACM produzida com MPS.....	75
Tabela 4.21 - Resíduos gerados na etapa de usinagem dos painéis de ACM e suas destinações.....	78
Tabela 4.22 - Quantidade de granulado gerado na usinagem dos painéis de ACM.	79
Tabela 4.23 – Resíduos gerados na etapa de instalação das fachadas e suas destinações...	80
Tabela 4.24- Fatores apontados pelas empresas como causadores de perdas do ACM	81
Tabela 4.25 - Definição e atividades realizadas pelas Cooperativas	82
Tabela 4.26 - Informações das Cooperativas relacionadas aos resíduos que trabalham.	83
Tabela 4.27 - Informações das Cooperativas sobre o ACM e parcerias comerciais	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Edifício Corporate Financial Center - Brasília. Obra concluída em 1995.....	1
Figura 1.2 - Edifício Brasília Shopping and Towers - Brasília. Construído em 1997.....	1
Figura 1.3 - Edifício American Office Tower – Brasília. Inaugurado em 2001 com reforma concluída em 2011.....	2
Figura 1.4 - Edifício Number One Business Center – Brasília. Inaugurado em 1994, reformado em 2008.....	2
Figura 2.1– Oferta interna de energia elétrica por fonte – 2010 (Fonte: BEN, 2010).....	10
Figura 2.2 – Painel de alumínio composto – ACM.....	18
Figura 2.3 – Fluxo esquemático de produção do ACM (Adaptado de ALUTILE, 2012)...	19
Figura 2.4 – Fluxo esquemático de produção do alumínio primário (ABAL, 2007)	20
Figura 2.5 – Fluxo esquemático das etapas de produção da resina de PEBD (Adaptado de Franklin Associates, 2011)	24
Figura 2.6 - Fluxo esquemático da realimentação produtiva (adaptado de Navarro, 2001)	25
Figura 2.7 – Fluxo esquemático do ciclo de vida de fachadas.	26
Figura 2.8 – Fluxo esquemático da operação de processamento (adaptado de Hendricks et al., 2000).....	28
Figura 2.9 – Fluxo esquemático do processo de reciclagem do alumínio (Navarro, 2001)	29
Figura 2.10 - Fluxo esquemático do processo de reciclagem do PEBD (Navarro, 2001)...	31
Figura 2.11– Visão esquemática da gestão de RSCD (Adaptado de Inojosa, 2010).....	35
Figura 3.1 – Fluxo esquemático da metodologia proposta.....	39
Figura 3.2 – Sistema parafusado – junta selada com silicone (Fonte: Pini, 2008).....	41
Figura 3.3 – Sistema pinado – junta aberta (ventilada) (Pini, 2008).....	41
Figura 3.4 – Sistema clicado - junta selada com gaxeta. (Pini, 2008).....	42
Figura 3.5 – Sistema colado – junta selada com gaxeta (Pini, 2008).....	42
Figura 3.6 – Seccionadora transversal. Maquinário originalmente fabricado para corte de madeira usado na usinagem de painéis de ACM.	43
Figura 3.7 – Aplicações e aproveitamento do painel de ACM. (adaptado de Projetoalumínio, 2011).....	44
Figura 3.8 – Bandeja feita com o Painel de ACM pronta para instalação.....	44
Figura 3.9 – Perfil de alumínio fixado com cantoneira de alumínio (subestrutura).....	45
Figura 3.10 – gabarito usado para o alinhamento dos painéis de ACM.....	45
Figura 3.11 – Aplicação do silicone nas juntas de dilatação dos painéis.	46

Figura 3.12– Esquema representativo da Etapa 1 da metodologia proposta.....	47
Figura 3.13 – Esquema representativo da linha de produção das chapas de alumínio.....	54
Figura 3.14 – Laminação a quente -laminador Tandem.....	55
Figura 3.15– Fornos PIT – Preparação de placas.....	55
Figura 3.16– Esquema representativo da linha de produção dos perfis de alumínio	56
Figura 3.17 - Forno de fusão Reverbero.....	56
Figura 3.18 – Cadinho elétrico para desgaseificação do metal líquido.....	56
Figura 3.19 – Prensa de 4”.....	57
Figura 3.20 – Esquema representativo da linha de produção da reciclagem de PEBD.....	57
Figura 3.21 – Secadoras SIK-2500.....	58
Figura 3.22 – Granulador OS 366	58
Figura 3.23 - Vista esquemática de 1m ² de fachada com ACM.....	59
Figura 3.24 – Fluxo esquemático da Etapa 2	61
Figura 4.1– Gráfico demonstrativo de redução da EI para a UF com ACM,.....	76
Figura 4.2– Gráfico demonstrativo de redução das ECO ₂ para a UF com ACM, produzida com MPS	76
Figura 4.3 – Granulado gerado na fresa dos painéis de ACM.....	78
Figura 4.4 – Retalhos de painel de ACM	78
Figura 4.5 – Classificação manual dos metais.....	84
Figura 4.6 – Classificação manual dos plásticos	84
Figura 4.7- Sequência de procedimentos dos processos mecanizado e misto, adotados na preparação de resíduos metálicos e plásticos.	85
Figura 4.8 – Manilha utilizada na delaminação dos retalhos de ACM	88
Figura 4.9– Retalhos de ACM no Aterro do Jóquei	88
Figura 4.10 - Fluxo dos resíduos e dos agentes participantes no processo de reciclagem dos resíduos, gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas.89	

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ACM –	Aluminum composite material
ACV –	Avaliação do ciclo de vida
ATTR –	Área de transbordo e triagem
CH ₄ -	Gás Metano
CO –	Monóxido de Carbono
CO ₂ -	Dióxido de Carbono
CONAMA –	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONPET -	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
ECO ₂ -	Emissões de CO ₂
EI –	Energia incorporada
FE –	Fator de emissão
GJ –	giga Joule
H ₂ O -	Água
Kg –	Kilograma
KWh –	Quilowatt-hora
MJ –	mega Joule
MPP –	Matéria-prima primária
MPS –	Matéria-prima secundária
MW –	MegaWatt
N ₂ O –	Óxido Nitroso
Nm ³ -	Normal metro cúbico
O ₃ -	Gás Ozônio
PCI –	Poder calorífico inferior
PEAD -	Polietileno de alta densidade
PEB -	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEBD –	Polietileno de baixa densidade
PIGRCC -	Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNEf -	Plano Nacional de Eficiência Energética
PPR –	Projeto para reciclagem
PROCEL -	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PVA –	Acetato de polivinila
PVC –	Policloreto de polivinila
PVDF -	Fluoreto de polivinilideno
RSCD –	Resíduos sólidos da construção civil e demolição
SBR -	Borracha de Butadieno Estireno
SLU –	Serviço de Limpeza Urbana
t –	tonelada
UF –	Unidade de fachada
UTL –	Usina de tratamento de lixo

1 INTRODUÇÃO

A fachada ou o elemento de vedação vertical externa do edifício engloba, além das funções estrutural e estética, também a função de mediação entre os meios externo e interno, criando condições de habitabilidade para o edifício, e adequação do seu interior às necessidades do usuário (Oliveira, 2003). Também exerce grande influência sobre o conforto térmico, eficiência energética e consequente impacto ambiental do edifício.

As últimas décadas têm sido marcadas pelo aumento significativo da utilização de painéis de vidro e revestimentos de alta tecnologia nas fachadas dos edifícios comerciais das grandes cidades brasileiras (Figuras 1.1 e 1.2). Isso se deve à influência da corrente arquitetônica *high-tech*, uma das vertentes do estilo Pós-Moderno, muito difundida em países desenvolvidos tais como EUA e Grã Bretanha. Esse modelo arquitetônico, tipificado pelo alto grau de utilização de recursos tecnológicos e pela transparência, além de outros aspectos, tem como característica principal a imagem transmitida pelo edifício através de sua fachada (Montaner, 2001).



Figura 1.1 - Edifício Corporate Financial Center - Brasília. Obra concluída em 1995.



Figura 1.2 - Edifício Brasília Shopping and Towers - Brasília. Construído em 1997.

Entre os materiais de revestimento mais presentes nessas fachadas estão os Painéis de Alumínio Composto, conhecidos como *Aluminium Composite Material (ACM)*. Devido principalmente à rapidez na instalação, possibilidade de moldagem, variedade de cores e relativa facilidade na manutenção, o *ACM* tem sido uma opção de revestimento bastante adotada por arquitetos e projetistas em fachadas de edifícios comerciais, quer seja em obras novas ou reformas.

Além disto, devido ao problema de deslocamento de revestimentos cerâmicos, ocorrido com frequência em fachadas de edifícios em Brasília, o ACM tem sido uma alternativa viável para a revitalização dessas fachadas, mesmo considerando-se o alto custo das placas em comparação com outros materiais convencionais (Figuras 1.3 e 1.4). Um dos fatores que influenciam nessa escolha, além das vantagens já citadas, é a possibilidade de evitar-se o transtorno da demolição do revestimento antigo.



Figura 1.3 - Edifício American Office Tower – Brasília. Inaugurado em 2001 com reforma concluída em 2011.



Figura 1.4 - Edifício Number One Business Center – Brasília. Inaugurado em 1994, reformado em 2008.

No entanto, na etapa de especificação dos materiais a serem utilizados, muito importante no processo construtivo, é imprescindível que se avalie, além dos aspectos técnicos e econômicos, seu desempenho ambiental. Na ABNT NBR 15575 (2008), que trata do Desempenho de Edifícios Habitacionais com até 5 pavimentos e entrará em vigor em 2013, é recomendado que os empreendimentos privilegiem os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final.

Ainda, uma edificação não pode mais ser vista como uma unidade isolada, mas sim como um organismo que gera impactos ao longo de todo o seu ciclo de vida: projeto, construção, utilização, demolição, reutilização e/ou reciclagem (MULFARTH, 2002).

Portanto, é preciso que se considere, entre outros aspectos, a matéria-prima extraída, a energia incorporada e as emissões geradas no processo produtivo dos materiais, visto que os impactos ambientais relacionados à produção de um material também estão ligados à extração de matérias primas e consumo de energia proveniente de fontes fósseis ou não.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), termo originado do inglês *Life Cycle Assessment* (LCA), é uma das principais ferramentas para a análise ambiental de materiais e componentes utilizados na construção civil. Segundo a NBR ISO 14040 (2001) a ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, mediante elaboração de inventário de entradas e saídas e interpretação dos resultados, desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final do produto.

Uma forma simplificada de ACV, contudo significativa, é a avaliação do ciclo de vida energética (ACVE) onde, fundamentada na norma ABNT NBR ISO 14040 (2001), prioriza o inventário de dados de consumos energéticos diretos e indiretos (Carvalho, 2009). Como exemplo de ACVE no Brasil, pode ser citado o trabalho de Tavares (2006) que analisou o consumo de energia ao longo do ciclo de vida de edificações, incluindo energia incorporada, energia operacional e energia pós-operacional (desconstrução), bem como a geração de emissões de Dióxido de carbono (CO₂).

Considerando-se o ciclo de vida completo de materiais com significativa quantidade de energia incorporada e emissões de CO₂, é possível ver a redução desses valores a partir de uma segunda vida como material alternativo (Bribían et al., 2010). A produção do alumínio a partir de matéria prima primária, por exemplo, requer alto consumo de energia. No entanto, se produzido a partir de matéria prima secundária, pode ter essa energia reduzida em aproximadamente 95% (Calderoni, 2003).

Diante disso, a reciclagem e o reuso têm um importante papel, tanto na produção mais sustentável quanto na disposição final ambientalmente adequada. No entanto, a reciclagem em particular, apesar de ser positiva no sentido de promover a diminuição da extração de recursos naturais e do consumo de energia na fabricação dos materiais, consome energia e gera resíduos em seu processo, portanto pode causar impacto ao meio ambiente.

Este trabalho propõe, como parte da análise energético-ambiental de fachadas com ACM, o levantamento da Energia Incorporada (EI) e das emissões de CO₂ (ECO₂) no processo de reciclagem dos materiais constituintes da fachada, a fim de verificar sua contribuição efetiva na redução da EI e das ECO₂ com o fechamento do ciclo.

Em relação ao resíduo, pode ser observado hoje de uma forma geral, que o resíduo urbano, especificamente o lixo, é um desafio a ser vencido nas cidades, principalmente nas grandes metrópoles. Segundo o último Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2008), foram coletados em 2008 um total de 2.118.380 t de resíduos em Brasília. Esse valor para o ano base de 2002 foi de 1.178.106 t, ou seja, praticamente dobrou em 6 anos.

No caso dos Resíduos sólidos da construção e Demolição (RSCD), a estimativa de geração no Brasil é da ordem de $68,5 \times 10^6$ t/ano (Ângulo et al., 2002). Diante dessa tendência, das dificuldades e dos altos custos para a implantação de aterros sanitários e utilização de incineradores, a principal alternativa remete à Coleta Seletiva e Reciclagem (Calderoni, 2003).

No entanto, a realidade da Gestão de Resíduos Sólidos no DF revela uma grande distância do que é praticado em outros países de referência como Holanda, Alemanha e Dinamarca, com índices de reciclagem de RSCD próximos a 90% (Ângulo, 2005). O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que deveria ter sido implantado no Distrito Federal (DF) até o ano de 2004, segundo determinação da Resolução CONAMA n° 307 (2002), ainda não o foi, havendo a previsão de implantação de um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos até o ano de 2012.

Em Brasília, não há aterro específico para resíduos classe A, sendo o aterro do Jóquei Clube, atualmente, o único local autorizado a receber RSCD no Distrito Federal. Levando-se em conta o volume de 5.559 ton/dia de RSCD gerado (Pinto, 2008), é provável que, se medidas urgentes não forem tomadas a respeito da destinação desses resíduos, sua capacidade de armazenamento esteja prestes a esgotar-se.

Gastam-se milhões anualmente com gestão corretiva, ou seja, com a remoção de resíduos dos vários pontos de disposição clandestina espalhados pelo DF, fenômeno que tem como causas principais a distância ao local autorizado para deposição dos resíduos e a falta de fiscalização (Rocha, 2006).

Conforme histórico de eventos relacionados à gestão de RSCD no DF, levantado por Inojosa (2010) desde 1973, muitas normas relativas a RSCD não foram implementadas e vários projetos da iniciativa privada foram desestimulados por falta de local adequado para disposição final dos RSCD.

Diante do quadro atual da gestão de RSCD no DF e considerando-se a crescente utilização do ACM - material compósito que necessita da delaminação de seus componentes para a viabilização da reciclagem - nas fachadas dos edifícios comerciais de Brasília, este trabalho também se propõe a desenhar o fluxo dos resíduos sólidos (RS) gerados nas fases de montagem e instalação de fachadas com ACM, bem como dos principais agentes envolvidos em seus processos de reciclagem e disposição final, a fim de identificar os principais gargalos à reinserção dos mesmos no ciclo produtivo.

Sendo assim, este trabalho pretende contribuir para o estudo energético-ambiental de fachadas através da análise da efetiva participação da reciclagem no balanço energético e de ECO_2 na fabricação de fachadas com ACM, como também servir de subsídio para futuros trabalhos nos campos da reciclagem e gestão de RSCD.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é a análise energético-ambiental de fachadas com ACM (Painel de Alumínio Composto), tendo a reciclagem como foco.

1.1.2 Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Levantar a Energia Incorporada (EI) e as Emissões de CO₂ (ECO₂) dos processos de produção, com Matéria-Prima Primária (MPP) e Matéria-Prima Secundária (MPS), dos materiais componentes da fachada com ACM;
- Levantar a EI e as ECO₂ para 1m² de fachada com ACM, composta por materiais fabricados com MPP e MPS, comparando-se os resultados encontrados.
- Desenhar o fluxo dos resíduos sólidos (RS) e dos agentes participantes no processo de reciclagem desses resíduos, gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas, em Brasília, a fim de apresentar os principais gargalos para a reinserção dos mesmos no ciclo fechado de produção e consequente produção das MPS.

1.1.3 Estruturação do Trabalho

A estrutura do trabalho divide-se em 5 capítulos, sendo apresentados no primeiro capítulo, a contextualização do tema e justificativa do mesmo, bem como seus objetivos gerais e específicos e as limitações do trabalho.

No segundo, desenvolve-se a apresentação de conceitos e referências teóricas, fundamentais para a elaboração do estudo proposto. O capítulo 3 é composto da metodologia utilizada, incluindo procedimentos para análise e coleta de dados.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos das duas etapas descritas na metodologia utilizada. O capítulo 5 apresenta as conclusões e as recomendações para futuros trabalhos.

1.1.4 Limitações do Trabalho

A seguir, são apresentadas as limitações assumidas neste trabalho, a fim de possibilitar sua conclusão.

Não foram considerados nos cálculos da EI e das ECO₂ referentes aos materiais constituintes da fachada com ACM:

- A energia e as ECO_2 do transporte dos materiais da fábrica à obra, da instalação da fachada, do uso e demolição/desconstrução devido a abordagem adotada para a definição da EI dos materiais – cradle to gate – que desconsidera essas etapas;
- A termoadesão das chapas de alumínio com o núcleo de polietileno e a pintura PVDF*, pois não foi possível levantar dados referentes a essas fases da produção dos painéis, visto não serem mais realizadas no Brasil;
- As entradas de energia para a produção da película protetora (filme adesivo) dos painéis, dos parafusos, do tarucel e do silicone utilizado nas juntas de dilatação;
- O consumo de energia elétrica das fases de refusão e extrusão dos perfis, por não ter sido disponibilizado pela indústria visitada;
- As entradas de energia para a produção de outros insumos necessários à produção do alumínio primário, como a soda cáustica e a cal.

A exclusão dos dados mencionados não representou prejuízo aos resultados obtidos, considerando-se a abordagem adotada para os cálculos da EI e das ECO_2 dos materiais e a pequena representatividade:

- Da massa dos materiais desconsiderados, em relação à massa total da fachada e;
- Da demanda de energia das etapas do processo de produção do ACM desconsideradas, em relação ao consumo das demais.

* Pintura com tinta à base de resina fluorada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão contempla alguns assuntos que servem de embasamento para a compreensão da dissertação e facilitarão o cumprimento dos objetivos deste trabalho, tais como: Energia, Emissões de CO₂, Reciclagem, Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição (RSCD), Painéis de Alumínio composto - ACM, O Alumínio e seu processo produtivo, O Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e seu processo produtivo.

2.1 Energia

A energia pode se apresentar de diversas formas, podendo ser: energia de radiação, química, nuclear, térmica, mecânica, elétrica, magnética e elástica. Caracteriza-se por sua capacidade de conversão, ou seja, uma forma de energia pode eventualmente ser convertida em outra, adequando-se a uma utilização desejada (Goldemberg e Vullanueva, 2003).

A unidade usada para medir energia térmica é a caloria, que consiste na quantidade de calor necessária para elevar em um grau centígrado uma grama de água. Joule demonstrou no século XIX que trabalho mecânico pode ser transformado em calor, sendo o equivalente mecânico do calor 4,1855 joules, ou seja, 1 joule é igual a 4,1855 calorias (Goldemberg e Vullanueva, 2003).

Sob o ponto de vista ambiental, não existe energia limpa. Todas as fontes de energia provocam danos ao meio-ambiente. (Bermann, 2003). Segundo Agopyan e John (2010), mais de 80% da energia produzida no mundo provém de fontes combustíveis fósseis que geram poluentes como NO_x, SO₂ e CO₂ antropogênico, sendo a energia fóssil responsável pela maior parte das mudanças climáticas.

Torgal (2010) afirma que, em todo o mundo, a crescente demanda por energia é uma das principais causas do desenvolvimento insustentável do Planeta. O consumo de energia, além do uso representativo de reservas fósseis não renováveis, apresenta como face menos visível, porém com maior impacto ambiental, as emissões de carbono geradas pela queima de carvão e gás para produção de eletricidade nas usinas termoeletricas e nos setores industrial e de transportes.

A produção de eletricidade demanda um terço do consumo de energia primária mundial, tendendo a aumentar nas próximas décadas. Quando gerada a partir de combustíveis fósseis, é a principal fonte de óxidos de enxofre e nitrogênio, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono e particulados. As usinas hidrelétricas não produzem quaisquer desses poluentes, com exceção do metano (Goldemberg e Vullanueva, 2003).

Por isso, o uso mais eficiente de energia deve ser estimulado, a fim de reduzir os problemas ambientais e estender a vida das fontes dos combustíveis fósseis, cujas reservas são finitas. As fontes energéticas podem ser classificadas em não-renováveis - caso dos combustíveis fósseis como o petróleo, gás natural e carvão mineral - e renováveis, como a hidroeletricidade e a biomassa (Bermann, 2003).

No entanto, segundo Bermann (2003), a hidroeletricidade tem um caráter insustentável devido aos problemas decorrentes da implantação e operação de uma usina hidrelétrica, como a alteração no regime hidrológico, assoreamento, emissões de gases de efeito estufa pela decomposição orgânica no reservatório, entre outros.

Por isso é importante atentar para o uso eficiente de energia. Atualmente, produtos têm sido desenvolvidos visando o uso mais eficiente de recursos naturais e de energia, o que deverá estabelecer novos padrões de competitividade no futuro (Apogyan e John, 2010).

Porém, a noção de conservação de energia não se limita somente à redução de consumo, mas de trabalho, por ser este derivado do fluxo de energia produtiva. Programas de conservação de energia devem melhorar a eficiência da conversão de energia em bens e serviços, resultando em aumento de produtividade, diminuição de custos, redução de emissões e conservação dos recursos naturais (Bermann, 2003).

2.1.1 Energia no Brasil

Segundo o BEN (2011), as principais fontes energéticas no Brasil são o petróleo, gás natural, energia elétrica, carvão mineral, energia eólica, biodiesel e produtos de cana. A origem da matriz de geração elétrica brasileira é predominantemente renovável, sendo mais de 74% da oferta proveniente da geração hidráulica interna. Somando-se às importações,

essencialmente de origem renovável, aproximadamente 86% da eletricidade é originária de fontes renováveis.

A capacidade instalada das centrais de geração de energia elétrica do Brasil alcançou 113.327MW em 2010, sendo que, desse total 71,2% corresponde às centrais hidráulicas, 26,2% às centrais térmicas, 1,8% às usinas nucleares e 0,8% à energia eólica . Na figura 2.1 é mostrada a oferta interna de energia elétrica, por fonte, no ano de 2010.

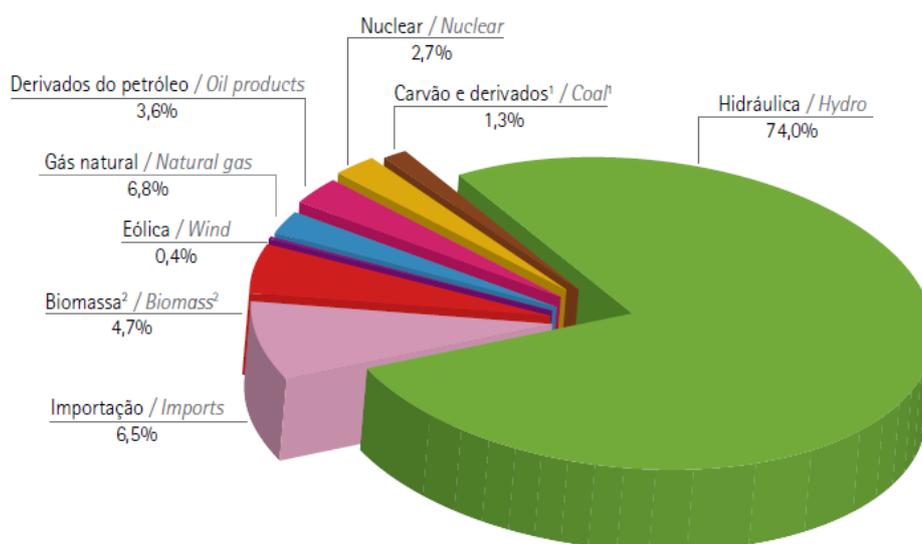


Figura 2.1– Oferta interna de energia elétrica por fonte – 2010 (Fonte: BEN, 2010)

Conforme dados da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o Brasil possui 2.628 empreendimentos em operação, os quais geram 117.955.174 kW de potência, havendo previsão para os próximos anos de uma adição de 48.286.747 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 169 empreendimentos atualmente em construção e de outros 557 outorgados.

A fim de manter suas fábricas competitivas, o setor produtivo do alumínio tem investido em auto geração de energia elétrica, através de investimentos destinados à participação na construção de usinas em todo o país, o que levará a auto geração na produção do alumínio primário a mais de 50% do total consumido (ABAL, 2007).

Desde a década de 80 o Brasil tem procurado melhorar os padrões de consumo e a produção de energia através de programas de conservação de energia como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Em outubro de 2011 foi publicada a portaria 594 do Ministério de Minas e Energia aprovando o Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf, o qual incorpora em seus estudos a Eficiência Energética, que objetiva atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e conseqüentemente, menor impacto ambiental. O objetivo do Plano é orientar as ações a serem implementadas para atingir as metas de economia de energia em vários setores, entre eles os setores industrial, de micros, pequenas e médias empresas.

2.1.2 Energia incorporada dos materiais

Denomina-se como “energia incorporada” de um material ou componente, a energia consumida no processo de extração da matéria-prima e seu transporte à fábrica e nos processos de manufatura necessários à produção do material ou componente acabado, bem como seu transporte ao consumidor final.

Popovic e Kasanovic (2009) definem EI (energia incorporada) como a energia necessária para a obtenção, produção, transporte, instalação, manutenção, desativação e disposição final de matérias-primas. O valor calculado de EI é expresso em MJ ou GJ por unidade de massa, superfície ou volume, de material instalado.

Segundo Torgal (2010) existem três tipos de abordagem para a definição de EI nos materiais de construção: da extração das matérias primas até a porta de saída da fábrica (*cradle to gate*); até a obra (*cradle to site*) e até a fase de demolição e deposição (*cradle to grave*). A primeira abordagem considera somente a energia necessária para a fabricação do material, ou seja, para colocá-lo à porta de saída da fábrica, desconsiderando, portanto, a energia de transporte e de aplicação do material, os quais se incluem na fase de construção do edifício.

Para Reddy e Jagadish (2003), a EI pode ser dividida em: energia consumida na produção dos materiais de construção, energia necessária para o transporte desses materiais e energia necessária para a montagem dos diversos materiais que formam o edifício.

A intensidade de energia dos materiais de construção também pode ser representada pelo valor de EI primária, dada pela soma de duas variáveis. A primeira representa a quantidade total de energia necessária para a obtenção da matéria prima e produção e instalação do material, que representa o valor estável específico para cada material de construção. A segunda variável é a energia necessária para o transporte do material da fábrica ao canteiro de obras, cujo valor é mutável, varia com a distância (Popovic e Kasanovic, 2009).

A energia nos edifícios pode ser categorizada em dois tipos: energia para a manutenção de um edifício durante sua vida útil e capital energético utilizado para a produção de um edifício (EI) usando vários materiais (Reddy e Jagadish, 2003).

Nas últimas décadas, concluiu-se que os maiores gastos energéticos dos edifícios deviam-se à energia operacional, o que levou a esforços no sentido de aumentar a eficiência energética dos edifícios. Contudo, a medida que a energia operacional é reduzida, a parcela referente à EI nos materiais aumenta, fazendo com que, a médio e curto prazo, essa parcela venha a exceder a de energia operacional (Torgal, 2010).

Desta forma, entende-se que a energia consumida pelos edifícios não se restringe à etapa de uso. Quando os materiais chegam ao local da obra já consumiram muita energia em seus processos de fabricação (Abeysundra et al., 2007).

A escolha de materiais com alto teor de EI implica um alto nível inicial de consumo de energia na fase de produção da construção (Bribían, et al., 2010). Por isso, a EI em materiais de construção necessita ser considerada juntamente com a energia operacional, a fim de reduzir a utilização de energia total do ciclo de vida dos edifícios. A substituição de materiais que requerem quantidades significativas de energia para sua produção, por materiais que requerem quantidades menores de energia, reduzirá a quantidade de EI nos edifícios (Metz et. al, 2007).

Entre os vários materiais comumente utilizados na construção de edifícios, o alumínio se destaca pela alta demanda de energia em seu processo produtivo, principalmente de eletricidade, o que eleva consideravelmente seu impacto na demanda de energia primária e no potencial de aquecimento global (Bribían et. al, 2001). Na Tabela 2.1 são mostrados valores nacionais e internacionais de EI para a produção do alumínio e na Tabela 2.2 são mostrados valores de EI para a produção de outros materiais utilizados em fachadas.

Tabela 2.1 – Valores de EI para a produção do alumínio no Brasil e em outros países

EI em MJ/Kg	FONTE
236,8	Reddy (2003) – Índia
136,8	Bribían (2010) – Europa
270	Chapman, Roberts (1983) - Inglaterra
98,20	Tavares (2006) – Brasil

Segundo Monahan e Powell (2011), os valores de EI dos materiais, e conseqüentes emissões de carbono, variam conforme o país devido a: matriz energética, os processos de transformação, eficiência do sistema industrial e econômico desse país e como esses fatores variam ao longo do tempo. Por conseguinte, os resultados dos estudos de ciclo de vida são indicativos e devem ser interpretados com cautela e atenção aos métodos utilizados, os limites do sistema aplicado, o que foi ou não incluído, antes de qualquer interpretação ou conclusões extraídas.

Inventários e estudos têm sido desenvolvidos em vários países com a finalidade de encontrar valores de EI e ECO₂ para materiais e sistemas construtivos. Como exemplos de estudos brasileiros, tem-se os trabalhos realizados por Nabut Neto (2011), que encontrou valores de EI e ECO₂ para o sistema construtivo “*steel frame*”, e por Tavares (2006), cujo estudo de caso foram edificações residenciais com sistema construtivo convencional.

Tabela 2.2 – Valores de EI para a produção de vários materiais utilizados em fachadas
(Adaptado de Tavares, 2006)

MATERIAIS	EI (MJ /kg)
Cerâmica – revest, monoqueima	5,10
Cobre	75,00
Granito – aparelhada	2,00
Mármore	1,00
Tinta acrílica	61,00
Tinta óleo	98,10
Tinta PVA látex	65,00
Vidro plano	18,50
Argamassa – mistura	2,10
Porcelanato	13,00
Concreto simples	1,20
Madeira – laminada colada	7,5
Polietileno de alta densidade	95,00

No Brasil ainda não há legislação e normas que tratem sobre a limitação dos valores de energia incorporada, mas sobre a adequação ambiental, em disposição sobre a seleção e consumo de materiais. Na ABNT NBR 15575 (2008) é recomendado que os empreendimentos sejam construídos mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias primas, privilegiando os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final.

Em nível mundial, obras civis e construção civil consomem 60% das matérias-primas extraídas da litosfera. Desse volume, a construção representa 40%, ou seja, 24% dessas extrações globais. Além disso, essa grande quantidade de matéria-prima também envolve alto consumo de energia (Bribán, et al., 2010).

Portanto, a crise de energia, o impacto no meio ambiente e a degradação das fontes naturais de recursos, que ocorrem hoje no Brasil e no mundo, apontam para a necessidade

de mais pesquisas sobre materiais e componentes, contribuindo assim para a amenização dos impactos ambientais produzidos, considerando-se desde a extração da matéria prima para a sua produção até a possibilidade de reciclagem no final da sua vida útil (Morais e Sposto, 2009).

A energia gerada para a obtenção dos mais diversos materiais manufaturados, na forma de eletricidade e calor, requer a utilização dos recursos naturais do planeta e provoca a emissão de poluentes (BESSA, 2010). Entre esses poluentes, destaca-se o CO₂, principal gás causador do efeito estufa e objeto deste trabalho.

2.2 Emissões de CO₂ (Dióxido de carbono)

A construção, manutenção e demolição de edifícios geram diversos impactos ambientais. As emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, por exemplo, durante o ciclo de vida dos edifícios podem colaborar para o aquecimento global, assunto amplamente discutido atualmente.

A Terra depende da transparência da camada atmosférica para emitir energia ao espaço. No entanto, a atividade humana no planeta tem como resultado o aumento da concentração de gases como o CO₂ (Dióxido de carbono), CH₄ e N₂O, que reduzem a transparência da atmosfera, causando o aumento da temperatura média da Terra (Agopyan e John, 2011).

O efeito estufa é decorrente da ação exercida por alguns gases, presentes na atmosfera, impedindo que o calor proveniente da irradiação solar que é refletido pela superfície terrestre, se disperse (Bermann, 2003).

Os principais gases de efeito estufa, naturalmente presentes na atmosfera são vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). A vida na Terra tem se mantido possível graças à concentração natural desses gases, no entanto, se a radiação recebida do sol e rebatida ao espaço sofrer alteração causada por qualquer fator, alterando assim o equilíbrio de distribuição de energia dentro da atmosfera, o clima pode ser afetado (BRASIL, 2000).

Vários fenômenos decorrem do aumento de temperatura, entre eles o aumento do nível do mar, alteração no suprimento de água doce, maior número de ciclones, fortes tempestades de chuva e neve e ressecamento do solo (processo de desertificação) (BESSA, 2010).

Durante a combustão, o carbono e o hidrogênio dos combustíveis fósseis são convertidos principalmente em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), liberando a energia química contida no combustível na forma de calor. Esse calor geralmente é usado diretamente ou para produzir energia mecânica, muitas vezes, para gerar eletricidade ou para transporte (IPCC, 2006).

A queima de combustíveis fósseis gera vários gases, sendo o mais importante deles o dióxido de carbono (CO_2), principal gás de efeito estufa emitido pelas atividades humanas. 75% das emissões de CO_2 provém da queima de combustíveis fósseis (Goldemberg e Vullanueva, 2003).

Em relação aos materiais, as três principais fontes de emissões de gases de efeito estufa são o uso de combustíveis fósseis na fabricação e transporte, decomposição do calcário e outros carbonatos durante a calcinação e a extração de madeira nativa para emprego como material e combustível. A industrialização de muitos materiais, como os cerâmicos, cimento, aço, vidro e alumínio, envolve processos de calcinação onde, na maior parte das vezes, utiliza-se energia fóssil não renovável, como os derivados de petróleo e o carvão mineral, para produzir altas temperaturas (Agopyan e John, 2011).

O CO_2 incorporado representa a soma total da quantidade desse gás, em toneladas, liberada na atmosfera nas fases de obtenção de matéria prima, produção, transporte e instalação dos materiais. Nessas fases há o uso significativo de energia obtida pela queima de combustíveis fósseis. Aproximadamente 12% das emissões totais de CO_2 vem de várias fases do ciclo de vida de materiais de construção (Popovic e Kasanovic, 2009).

Porém, em estudo realizado por Nabut Neto (2011), as ECO_2 referentes à etapa de transporte dos materiais representaram apenas 3,5% do valor das ECO_2 para a produção do sistema construtivo estudado, o *steel frame*. Da mesma forma, Bessa (2010) apresenta, para o alumínio, um valor de ECO_2 para os transportes que representa 2,2% do valor para a produção do material.

No processo produtivo do alumínio, as emissões de CO₂ ocorrem durante a eletrólise - onde a maior parte é resultado da reação entre o anodo carbono e a alumina - e durante a produção de energia, se ela for gerada por carvão fóssil (BRASIL, 2006).

A energia elétrica utilizada no processo de fundição provém principalmente da hidroeletricidade, por isso considera-se que essa atividade não contribui nas emissões de CO₂ (BRASIL, 2006). Na Tabela 2.3 são mostrados valores de ECO₂ para a produção do alumínio no Brasil e em outros países.

Tabela 2.3 – Valores de ECO₂ para a produção do alumínio no Brasil e em outros países

KgCO ₂ / t	FONTE
3.162	Bessa (2010) – Brasil
3.818	ABAL (2007) – Brasil
8.571	Bribían (2010) – Europa
8.230	Monahan (2011) - Inglaterra

O CO₂ incorporado não é diretamente proporcional ao valor de EI do mesmo material: o seu valor depende dos recursos energéticos gastos nos processos, do tipo de energia utilizável e da origem da energia (Popovic e Kasanovic, 2009).

Uma alternativa para a redução das ECO₂ na a fabricação dos materiais é a reciclagem, pois elimina etapas da produção onde ocorrem a maior parte dessas emissões.

2.3 Painéis de Alumínio composto - ACM

Os painéis de alumínio composto, conhecidos como ACM (*Aluminium composite material*) são formados por duas chapas de alumínio unidas por um núcleo de material termoplástico extrudado. Os tipos mais utilizados em fachadas no Brasil têm o núcleo em polietileno de baixa densidade (PEBD) (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Painel de alumínio composto – ACM

Em edifícios com mais de 20m de altura, painéis compostos com esse tipo de material em seu núcleo não são permitidos em vários países por não impedirem a propagação das chamas. No Brasil, no entanto, não há essa restrição. Nesses casos, o material mais indicado para o núcleo seria o agregado mineral ou um núcleo termoplástico especial com propriedades antichamas (Téchne, 2004).

A ABNT NBR 15446 (2006) define painéis de alumínio como sendo painéis formados por chapas de alumínio, que podem ser ligadas ou não por um núcleo de material termoplástico extrudado. Os tipos mais utilizados em fachadas são o painel de chapa sólida, formado somente por chapas sólidas de alumínio e o painel composto, formado por duas chapas de alumínio ligadas por um núcleo de material termoplástico extrudado.

A mesma norma também estipula espessuras e características para esse tipo de painel. Nos painéis compostos, as chapas devem ter espessura mínima de 0,3 mm para aplicação interna e 0,5 mm para utilização externa. O acabamento superficial pode ser pintado ou anodizado, apresentar cor uniforme na face aparente ou receber pintura contínua tipo “*coil coating*”, que pode ser à base de PVDF (fluoreto de polivinilideno), fluoropolímero duroplástico ou poliéster, aplicado em uma ou ambas as faces.

Os painéis para aplicação externa deverão ser protegidos com filme adesivo de PVC ou polietileno resistentes aos raios ultravioletas. Quando o acabamento aplicado for o de pintura contínua, o filme deverá conter a indicação do sentido de assentamento das peças por meio de setas e informações do fabricante (Pini, 2008).

Os painéis de ACM são encontrados no mercado em espessuras que variam de 3mm a 6mm, com larguras comumente disponíveis de 1250mm e 1500mm. Sob encomenda é possível obter-se placas com larguras especiais, desde que acima de uma determinada quantidade mínima, e comprimentos especiais, com no máximo 6000mm (Téchne, 2009).

Para a aplicação do ACM em fachadas, é necessária a usinagem e dobra dos painéis a fim de se formar *bandejas*, que são fixadas a uma subestrutura preferencialmente de alumínio.

O processo de fabricação do ACM utiliza o método contínuo de produção, onde as três camadas do painel são aderidas firmemente umas às outras com a ajuda de um filme de ligação molecular de alta performance, através de um processo de aquecimento contínuo (Alutile, 2012). A figura 2.3 mostra o fluxo esquemático de produção do ACM.

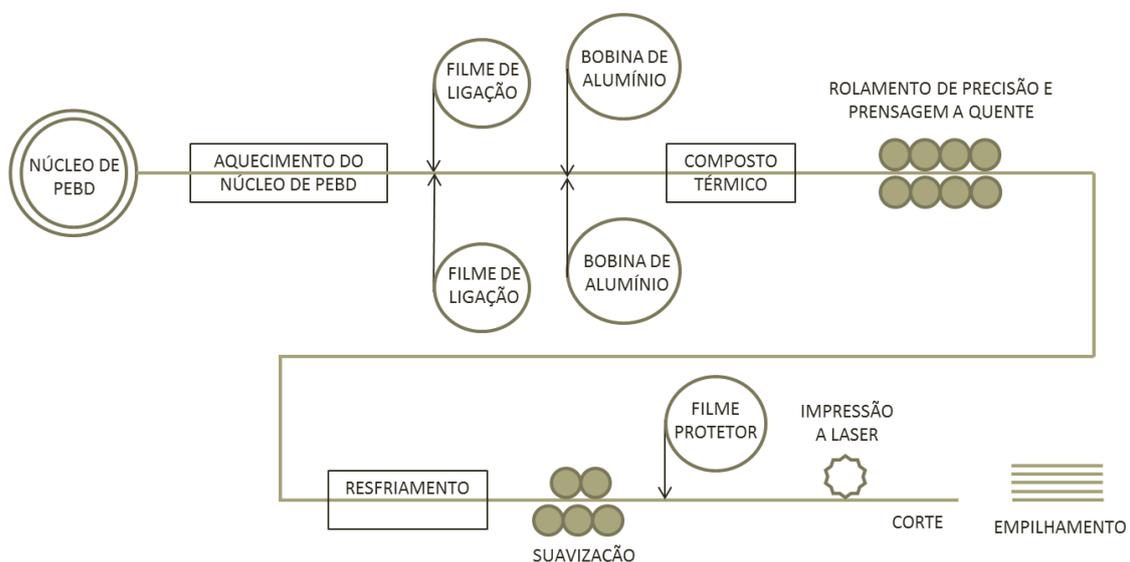


Figura 2.3 – Fluxo esquemático de produção do ACM (Adaptado de ALUTILE, 2012)

2.4 O Alumínio e seu processo produtivo

O Alumínio é obtido a partir da Bauxita que contém de 35% a 55% de óxido de alumínio. Para que a produção de alumínio seja economicamente viável, é necessário que o minério possua ao menos 30% de Alumina aproveitável. O Brasil possui a terceira maior reserva de Bauxita do mundo, localizada na Amazônia, mas o minério também pode ser encontrado em Poços de Caldas e Cataguases, cidades do Estado de Minas Gerais (ABAL, 2007).

O processo para obtenção do alumínio primário divide-se em três etapas, as quais são mineração, refinaria e redução. Na Figura 2.4 é representado o fluxo esquemático de produção do alumínio primário.

A mineração da Bauxita engloba remoção da vegetação, do solo orgânico e camadas superficiais, britagem, lavagem e secagem do minério. Na refinaria a bauxita é transformada em alumina calcinada. O procedimento Bayer, que é o processamento químico da Bauxita, é o mais utilizado. Na refinaria há uma sequência de procedimentos para obtenção do pó branco de alumina pura que é enviado à redução, que é o processo de transformação da alumina em alumínio metálico (ABAL, 2012).

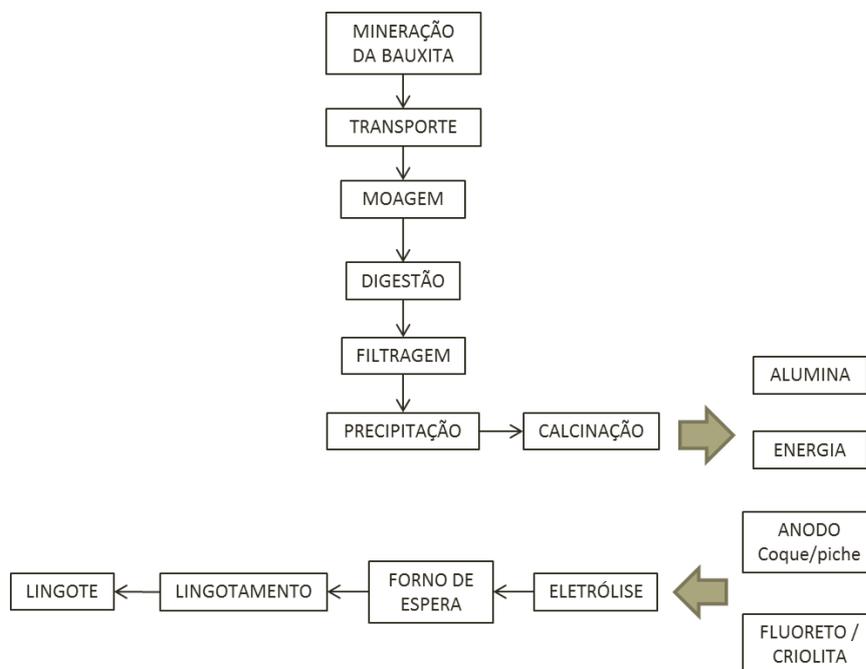


Figura 2.4 – Fluxo esquemático de produção do alumínio primário (ABAL, 2007)

O Alumínio primário é produzido pelo processo de redução eletrolítica. O processo consiste na reação ocorrida num recipiente de carbono contendo uma solução eletrolítica que age como catodo, sendo o anodo o carbono parcialmente submerso na solução e consumido no final do processo (Brasil, 2006).

A eletrólise do óxido de alumínio produz alumínio fundido, que se deposita no catodo, e oxigênio que deposita-se no anodo e reage com o carbono, produzindo CO₂. O alumínio primário pode ser produzido por dois tipos principais de tecnologia que se distinguem pelo anodo utilizado: Soderberg e Prebake (Brasil, 2006).

O alumínio líquido é extraído por sucção para cadinhos e transferido à refusão para obtenção do alumínio primário em forma de lingotes, vergalhões, placas e tarugos (Reis, 2006). Os processos de fundição mais utilizados na fabricação de peças de ligas de alumínio são: fundição em areia, em coquilha e sob pressão.

Para a produção de chapas planas ou bobinas, folhas e discos de alumínio utiliza-se o processo de laminação, que consiste na transformação mecânica do metal, havendo redução da seção transversal por compressão. A placa de alumínio passa por dois cilindros, de aço ou ferro fundido, com eixos paralelos que giram em torno de si mesmos.

Os dois processos tradicionais de laminação do alumínio são laminação a quente e laminação a frio (ABAL, 2012).

O processo de extrusão, que é utilizado para a produção dos perfis de alumínio, consiste na transformação termomecânica do metal. O tarugo é forçado a fluir através do orifício de uma matriz (ferramenta) sendo reduzido em sua seção transversal, sob o efeito de altas pressões e temperatura (ABAL, 2012).

2.4.1 Ligas de alumínio

Henstock (1996) define liga como uma propriedade metálica do processamento do material, composto por dois ou mais elementos, onde pelo menos um deles é um metal, que resulta na mudança de propriedades.

As ligas de alumínio têm como principal função aumentar a resistência mecânica sem prejudicar as outras propriedades (ABAL, 2012). A ABNT NBR ISO 209 (2010) especifica as designações que indicam a composição química do alumínio e das ligas de alumínio, usando como referência normativa a “*International alloy designations and chemical composition limits for wrought aluminum and wrought aluminum alloys – Teal sheets*” (Aluminium Association, 2009).

A *Teal Sheets* é baseada num sistema de designação numérica que foi adotada como norma nos Estados Unidos, em 1957 e posteriormente, adotada oficialmente pelos Signatários Internacionais da Declaração de Acordo de 15 de Dezembro de 1970. Seu sistema de numeração é composto por 4 dígitos, sendo o primeiro número indicador do grupo de liga. Na Tabela 2.4 encontram-se elencados os grupos de ligas conforme a predominância do elemento de liga.

No grupo 1xxx, os dois últimos dígitos indicam o mínimo de porcentagem de alumínio e o segundo indica modificações de liga em limites de impureza ou elementos de liga. Nos grupos de 2xxx a 8xxx os dois últimos números não tem significado especial, servem somente para diferenciar as ligas no grupo. O segundo dígito indica a liga original e as modificações de liga.

Tabela 2.4 – Grupos de ligas conforme o sistema de numeração da Teal Sheets. (Adaptado de Aluminium Association, 2009)

1xxx	Composta por 99% de alumínio ou mais
2xxx	Cobre
3xxx	Manganês
4xxx	Silício
5xxx	Magnésio
6xxx	Magnésio e Silício
7xxx	Zinco
8xxx	Outros elementos

As ligas do grupo 5xxx são as que possuem a melhor combinação entre resistência mecânica, resistência à corrosão e ductilidade. São facilmente produzidas e soldadas, sendo utilizadas em aplicações nas quais se exige razoável resistência mecânica com excelente resistência à corrosão (ABM, 1987). Estão disponíveis em lâminas, chapas, perfis, tubos e arames.

As ligas do grupo 6xxx são termicamente tratáveis e fáceis de serem extrudadas. Apresentam alta ductilidade o que permite suportarem altos graus de deformação, como a extrusão (Metals Handbook, 1988) . Apresentam maior soldabilidade e maior resistência à corrosão do que as demais ligas termicamente tratáveis (Pickering, 1997). São utilizadas em várias aplicações, como perfis para esquadrias - ligas 6063 e 6060 - e perfis estruturais.

A fabricação de ligas de alumínio requer a utilização de anteligas, que são ligas com altos teores de determinados elementos que fazem parte da composição química do produto final. Seu uso confere maior rendimento no aproveitamento do elemento de liga, ou seja, menor perda do elemento na fundição (ABM, 1987). As anteligas são utilizadas na refusão para correção química das ligas obtidas com o uso de sucatas, a fim de atenderem aos parâmetros estabelecidos em norma.

2.5 O Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e seu processo produtivo

O PEBD é um polímero termoplástico, obtido pela polimerização do etileno (ou eteno) que provém do craqueamento do Nafta, que é um dos subprodutos do refinamento do petróleo. O eteno também pode ser obtido pelo craqueamento do gás natural e do gásóleo. Diferencia-se do PEAD por sua cadeia mais ramificada, o que lhe confere menor temperatura de amolecimento e menor resistência física (Roman, 1997). Na figura 2.5 é mostrado o fluxo esquemático das etapas de produção da resina de PEBD.

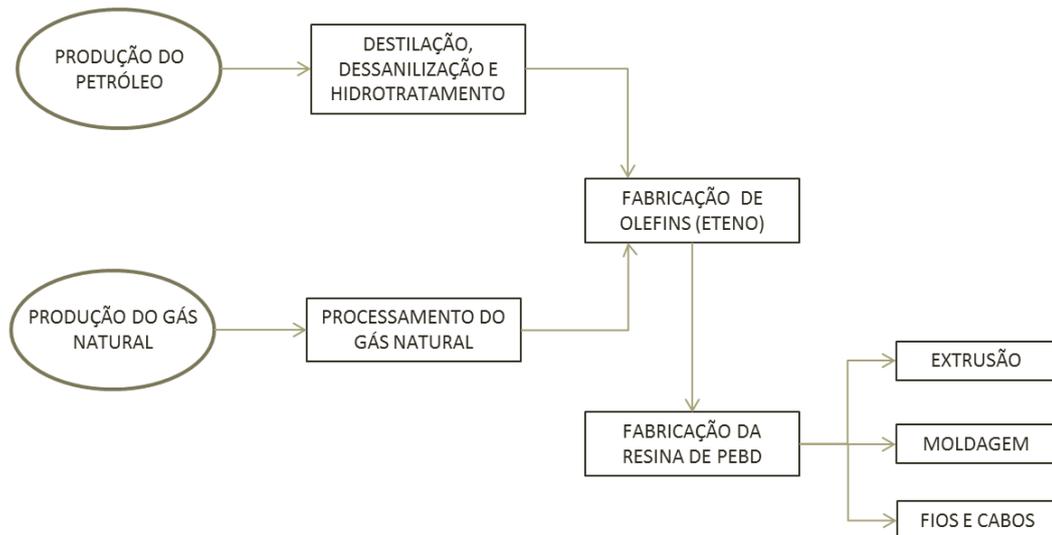


Figura 2.5 – Fluxo esquemático das etapas de produção da resina de PEBD (Adaptado de Franklin Associates, 2011)

A atividade petroquímica se divide em: indústrias de primeira, segunda e terceira geração. Na indústria de primeira geração acontece o craqueamento da nafta e do gás natural gerando produtos petroquímicos básicos como etileno, propileno e butadieno. Na segunda geração, os produtos petroquímicos básicos são transformados em finais, como o polietileno, SBR e resinas poliéster, que são transformados em produtos para uso, como garrafas, tintas e pneus, na indústria de terceira geração (Roman, 1997).

Os processos de transformação empregados pelas indústrias aos produtos petroquímicos finais, especialmente o PEBD, são: extrusão de filmes, rafia, monofilamentos, chapas, lâminas, tubos e perfis; revestimento por extrusão; moldagem por sopro e por injeção e construção de fios e cabos (Roman, 1997).

A extrusão é um processo de transformação de termoplásticos que utiliza um equipamento denominado extrusora, composto por um cilindro aquecido dentro do qual gira uma rosca. A medida que é inserida por um funil, a resina é fundida gradativamente pelo contato com a parede aquecida do cilindro, sendo transportada ao longo do mesmo pela rotação da rosca que comprime o polímero através da matriz, que molda a forma final (Roman, 1997).

2.6 Reciclagem

A recuperação e reutilização de materiais descartados são atividades praticadas pela humanidade desde tempos antigos. De grande importância econômica e ambiental muitas vezes não reconhecida, exercem uma poderosa influência sobre a oferta e demanda de materiais.

A lei nº 12.305 (2010) define reciclagem como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

Segundo a Resolução CONAMA nº 307 (2002), reciclagem é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. Estabelece também que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Reciclagem, no âmbito dos materiais de construção, refere-se à reentrada do material no ciclo, ou seja, o novo envelhece e volta a se tornar novo. Depois de uma sequência de etapas – coleta, desagregação, classificação e tratamento – o material usado (resíduo) se torna novamente matéria-prima, porém secundária, a qual pode dar origem a um mesmo tipo de material ou a um outro tipo, com outra finalidade (Fig. 2.6). Portanto, reciclagem engloba coleta e processamento (Hendriks et. al, 2000).

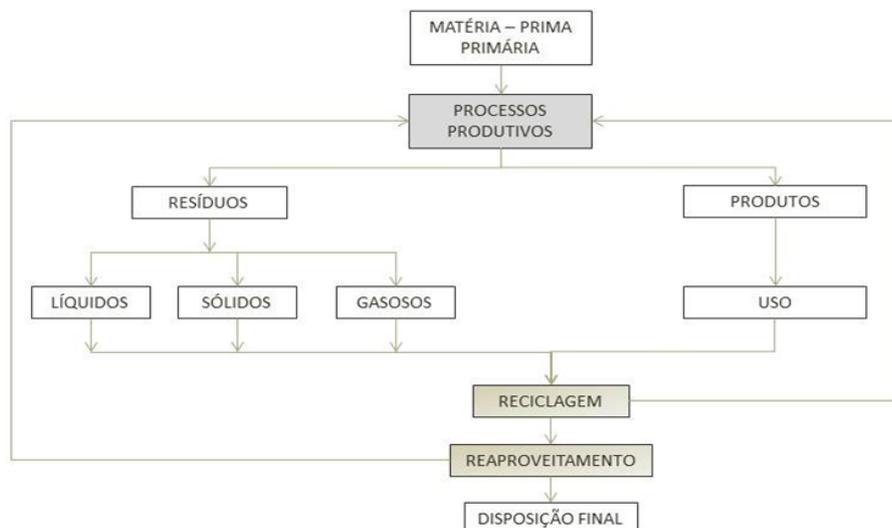


Figura 2.6 - Fluxo esquemático da realimentação produtiva (adaptado de Navarro, 2001)

Este conceito pode ser aplicado no ciclo de vida de materiais e sistemas construtivos, como por exemplo, no ciclo de vida de fachadas. A NBR ISO 14040 (2001) conceitua Ciclo de vida como sendo estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final.

O ciclo de vida completo de uma fachada engloba os processos de extração e transformação da matéria-prima, instalação na obra, uso, demolição/desconstrução, reciclagem / reuso / disposição final, portanto um ciclo fechado de produção, conforme demonstrado na Figura 2.7.

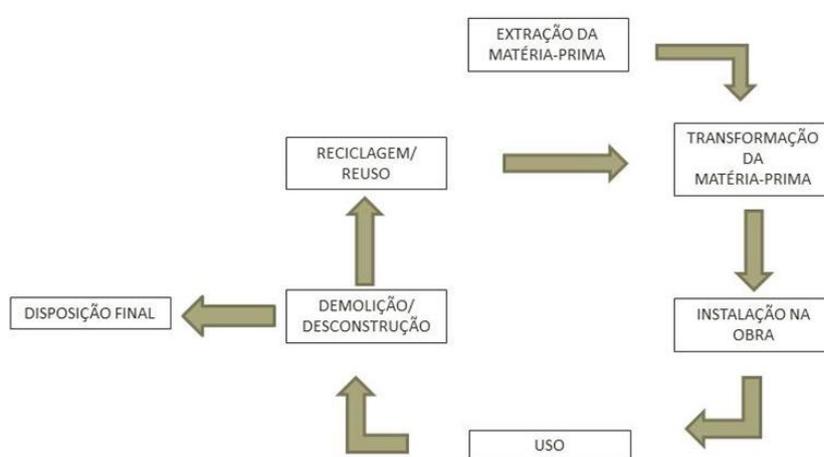


Figura 2.7 – Fluxo esquemático do ciclo de vida de fachadas.

A reciclagem oferece várias vantagens comprovadas. Calderoni (2003) elenca um conjunto de fatores que justificam a necessidade e importância da reciclagem de resíduos: exaustão das matérias-primas e custo crescente para sua obtenção; economia de energia; indisponibilidade e custo crescente dos aterros sanitários; custos crescentes com transportes; poluição e prejuízos à saúde pública; geração de emprego e renda e redução dos custos de produção.

No entanto, a reciclagem também possui limitações, entre elas a financeira. Se os recursos consumidos em coleta e processamento dos resíduos for maior que os consumidos na extração primária, para a mesma quantidade de material, não há vantagem (Henstock, 1996).

2.6.1 Processamento

Processamento é a transformação do material coletado em matéria-prima secundária (fusão de metais, amassamento de papel usado). Segundo Hendricks et. al (2000), um método eficiente de processamento de RSCD, deve promover um alto rendimento, ou seja, resultar numa alta porcentagem de materiais recicláveis. Isso requer separação ótima entre material reutilizável e descartável, em reutilizáveis pétreos e não pétreos (metais, papéis, plásticos, madeiras) e em resíduos para incineração ou deposição, sempre com o mínimo de barulho, poeira e danos ambientais.

O processamento de RSCD geralmente é feito numa sequência de procedimentos, os quais são: peneiramento, redução (trituração e moedura), separação de metais ferrosos, escolha (separação de não pétreos ou muito contaminados) e classificação (pelo tamanho das partículas por peneiramento) (Hendricks et. al, 2000). Na figura 2.8 é mostrado esquematicamente os fluxos de uma instalação de trituração.

O processo é, atualmente, quase todo mecanizado. A parte manual se restringe, basicamente, à separação de elementos indesejáveis (papéis, papelões) e à classificação final, após a trituração mecânica. O maquinário é originário de tecnologias de mineração, como os trituradores e separadores molhados e secos, sendo os principais equipamentos utilizados no processo a pá carregadeira, alimentador vibratório, britador, eletroímã para separar as ferragens, peneiras, esteiras e eventualmente, sistemas para eliminação de contaminantes. Para a trituração os equipamentos mais utilizados são os britadores de mandíbula, mais indicados na produção de agregados para concreto, e os britadores de impacto (Hendricks et. al, 2000).

As usinas de reciclagem podem ser, quanto à mobilidade, fixas - indicadas quando se exige maior controle ambiental - ou móveis - ideais para pequenas quantidades de material a reciclar. Podem também ser classificadas em (GEHO apud CARNEIRO et al., 2001): usina de 1ª geração, que necessita de elementos que eliminem metais (comum no Brasil); usina de 2ª geração, similar à anterior porém com sistemas preliminares (mecânicos ou manuais) de limpeza e classificação do material por via seca ou úmida; usina de 3ª geração, que remove integralmente os materiais considerados contaminantes do agregado reciclado.



Figura 2.8 – Fluxo esquemático da operação de processamento (adaptado de Hendricks et al., 2000)

2.6.2 Reciclagem do Alumínio

O alumínio é um material bastante adequado à reciclagem devido às suas propriedades, resultando num material secundário com qualidade semelhante ao material novo, mesmo depois de várias fundições. Pode-se dizer, portanto, que o ciclo do alumínio é infinito e sustentável. Segundo Hendricks et al. (2000), a reutilização do alumínio leva a uma economia de 90% a 95% da energia utilizada na fabricação do material com MPP, além de gerar até 90% menos emissões.

Ainda, Hendricks et al. (2000) estimam que a maior parte dos materiais de construção de alumínio são reutilizados, de uma forma ou de outra, devido ao alto valor pago aos resíduos de alumínio, que pode chegar a mais de 90% do valor do alumínio primário.

Navarro (2001) descreve o processo de reciclagem do alumínio que se inicia com a compactação do resíduo em volumes, nos centros de coleta, sendo posteriormente enviado à indústria de fundição, onde o material é selecionado e testada a sua qualidade e teor de impurezas. Em seguida, o material é reduzido a pequenos pedaços em máquinas de corte, sendo transportados a uma máquina lavadora para remoção de tintas e outras impurezas sólidas.

Depois de limpo, o material é aquecido e de maneira forçada passa por um conjunto de peneiras para assegurar-se a inexistência de contaminantes antes de ir ao forno para fundição, onde é aquecido a 650°C. Como auxílio na separação de qualquer óxido originado no processo, é adicionado ao material fundido uma mistura de sais.

O material fundido é transformado em lingotes de alumínio no formato de blocos, que são vendidos aos fabricantes de lâminas e perfis de alumínio. Na figura 2.9 o processo é apresentado de forma esquemática.



Figura 2.9 – Fluxo esquemático do processo de reciclagem do alumínio (Navarro, 2001)

Uma parte significativa das cargas de fundição é constituída por sucata. Um dos desafios do processo de reciclagem do alumínio é a decisão do tipo de sucata que será utilizada na produção de determinada liga, pois existem muitas variáveis a serem consideradas como a composição química, preço, disponibilidade de aquisição, rendimento metalúrgico, entre outras (Pereira e Tavares, 2011).

Segundo Schmitz (2006) os processos de reciclagem se classificam em Refinaria, que trabalha com um *mix* maior de sucatas e Refusão, que trabalha com sucatas com teores menores de contaminantes. O objetivo da refusão é trabalhar com sucatas padronizadas que tenham a mesma composição química da liga a ser produzida, não necessitando de grandes correções.

No entanto, na refusão da sucata sempre existe uma perda devido à oxidação do material, medida por um valor percentual denominado de rendimento metalúrgico (Pereira, Tavares, 2011). Procedimentos como a rápida fusão e transferência de metais reduzem a perda de alumínio e componentes de liga, bem como a contaminação por elementos indesejados (Schmitz, 2006)..

Alguns elementos como cobre, ferro, zinco, cálcio, silício e outros semelhantes não podem ser removidos, devendo ser o seu teor limitado pela mistura adequada da massa fundida com as outras sucatas disponíveis ou, em último caso, devido ao custo, pela adição de metal primário. Mesmo com todos os cuidados, às vezes um lote completo no forno está fora das tolerâncias para os diferentes elementos na liga, sendo possível a correção somente por adição de outro metal ou alumínio primário (Schmitz, 2006).

2.6.3 Reciclagem do Polietileno de baixa densidade (PEBD)

Em relação aos metais, a porcentagem de reciclagem de polímeros é bem menor, mas vem crescendo substancialmente. Algumas características do plástico são as responsáveis por esse crescimento como a impermeabilidade, transparência, baixo preço, entre outras (Calderoni, 2003).

Para Navarro (2001), entre os motivos para as previsões otimistas quanto a este crescimento estão: o fato de que, teoricamente, todos os polímeros podem ser reciclados; cresce a cada dia o número de produtos fabricados à base de polímeros e a maioria dos polímeros não se deteriora por processos de reciclagem.

Segundo Calderoni (2003) a reciclagem do plástico proporciona grande economia de energia elétrica pois, para produzi-lo com matéria-prima virgem são necessários 6,74 mil Kwh/t, ao passo que, na reciclagem são utilizados 1,44 mil Kwh/t.

No entanto, alguns fatores são limitantes à reciclabilidade dos plásticos como as impurezas, a presença de diferentes plásticos num mesmo produto, os rótulos, entre outros fatores, o que é refletido nos preços das sucatas que geralmente alcançam apenas 10% do valor da resina virgem (Calderoni, 2003).

O processo mecânico é o mais utilizado para a reciclagem do PEBD e consiste na transformação de polímeros descartados pós-consumo ou resíduos de processo industrial em grânulos, para a fabricação de outros produtos. Segundo Navarro (2001), nesse processo, após coletado, o material é colocado sobre uma esteira rolante para separação manual dos contaminantes.

Em seguida, o resíduo é moído, lavado com água para remoção de contaminantes e seco em secadores com mecanismo de centrifugação. Depois de seco, o material é compactado para redução de volume, extrudado e granulado, produzindo-se assim a matéria-prima secundária que dará origem a outros produtos (Figura 2.10).

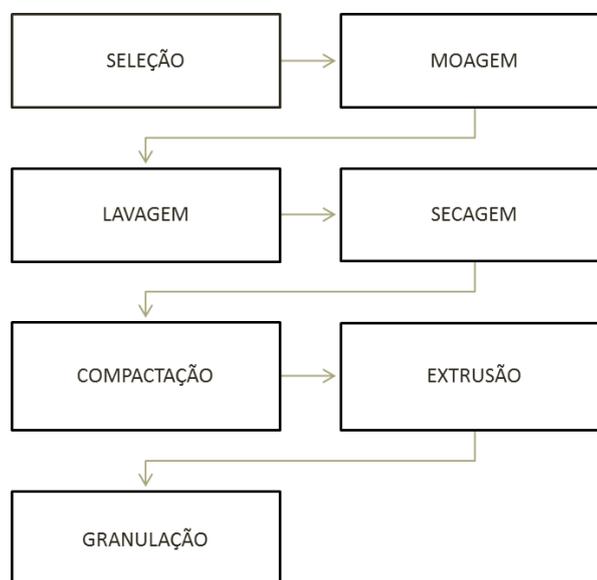


Figura 2.10 - Fluxo esquemático do processo de reciclagem do PEBD (Navarro, 2001).

2.7 Resíduos Sólidos da Construção Civil e Demolição (RSCD)

É importante que se tenha clara a diferença entre resíduo e entulho. Segundo Hendricks et. al (2000), entulho é um material que não pode ser reaproveitado, sendo descartado ou queimado.

Resíduo é o material ao qual se atribui algum valor pois, após ser tratado pode ser reciclado ou reutilizado, tornando-se matéria prima secundária. (Hendricks et. al, 2000).

A ABNT NBR 10004 (2004) classifica os resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, dividindo-os em: resíduos classe I – perigosos; classe II – não perigosos; classe II A – não inertes e classe II B – inertes. Também caracteriza os resíduos sólidos como inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos.

Segundo a Resolução CONAMA n° 307 (2002), RSCD são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

O mesmo documento estabelece uma classificação para estes resíduos em:

I - Classe A. São os recicláveis como agregados, provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de obras de infra-estrutura, de edificações, de processo de fabricação de pré-moldados em concreto. Exemplo dos componentes cerâmicos, argamassa, concreto, blocos, tubos e meio-fios.

II – Classe B. São resíduos recicláveis para outros fins. Exemplo dos plásticos, papel e papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III – Classe C. São os resíduos sem tecnologia desenvolvida para sua reciclagem. Exemplo do gesso.

IV – Classe D. São os resíduos perigosos. Exemplo das tintas, solventes e óleos.

Também determina que os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

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

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

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

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

Em agosto de 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305 (2010), instituindo assim, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, que classifica os resíduos quanto à sua origem e periculosidade.

Quanto à origem podem ser: domiciliares; de limpeza urbana (varrição, limpeza de vias); sólidos urbanos; de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; dos serviços públicos de saneamento básico; industriais; de serviços de saúde, da construção civil (gerados nas construções, reformas, reparos, demolições, preparação e escavação de terrenos); agrossilvopastoris; de serviços de transportes; de mineração.

Quanto à periculosidade podem ser resíduos perigosos e não perigosos. Resíduos perigosos são os que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.

Segundo Hendriks et al. (2000), resíduos de construção são diferentes dos resíduos de demolição em sua composição, sendo o primeiro mais heterogêneo que o segundo, devido à grande presença de embalagens plásticas, de papelão ou isopor. Há também mais risco de contaminação desse tipo de resíduo, diferentemente do resíduo de demolição, que geralmente sofre maior controle por parte da empresa contratada, devido haver envolvimento financeiro na deposição correta do resíduo.

Em todo o mundo, o valor estimado de geração de RSCD é de aproximadamente 2 bilhões de toneladas, segundo Lauritzen (1994). No Brasil, a estimativa desse valor é da ordem de $68,5 \times 10^6$ t/ano (Ângulo et al., 2002). Desse total, 50% tem origem nas construções informais e canteiros de obras (SINDUSCON-SP, 2005). Em vários países, a porcentagem de resíduos de construção em relação ao total de RSCD gerado varia entre 19% e 52% e os de demolição entre 50% e 81% (Ângulo, 2000).

No DF, em levantamento elaborado por Pinto (2008), baseado nos totais recolhidos pelas empresas coletoras, chegou-se a um total de geração de RSCD diário de 5.559 toneladas. Somando-se o montante recolhido pelos carroceiros, esse valor chega a 5.953 ton/dia. Os maiores geradores de RSCD no DF, segundo Pinto (2008), são os relacionados à construção de casas e reformas, que geram um total de 2.206 ton/dia.

É possível também, definir-se a porcentagem de geração de RSCD em cada etapa de construção, durante toda a obra. Segundo Neto (2005) mais de 70% do total dos resíduos é gerado nas fases de alvenaria, revestimento e acabamento.

Em pesquisa realizada por Rocha (2006), pôde-se constatar que mais de 50% do total de entulho produzido nos canteiros de obras do DF é reciclável, sendo a grande maioria pertencente à classe A (33%), uma boa parte à classe B (13%) e uma parcela considerável à classe dos “misturados” que após ser segregada pode ser reutilizada ou reciclada para utilização no próprio canteiro.

2.7.1 Gestão de RSCD

A lei nº 12.305 (2010), que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos define a gestão integrada de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Define também o gerenciamento de resíduos sólidos, como sendo o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos.

Entre os princípios do gerenciamento integrado em cadeia dos ciclos de materiais estão a diminuição do uso de combustíveis fósseis para geração de energia e a permanência das matérias-primas em seu ciclo o máximo de tempo possível, ou seja, os recursos naturais, após se tornarem resíduos, são reintegrados ao processo produtivo, gerando um ciclo fechado. (Hendriks et. al, 2000). A Figura 2.11 mostra de forma esquemática as fases da gestão de RSCD.

Em sua essência, a gestão de RSCD pode ser entendida como a integração de agentes, ações e instrumentos com vistas a reduzir, reciclar e destinar corretamente os resíduos (Inojosa, 2010).



Figura 2.11– Visão esquemática da gestão de RSCD (Adaptado de Inojosa, 2010)

A lei nº 12.305 (2010) recomenda que, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve-se observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Quanto à Gestão dos RSCD no DF, o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2008) relata as unidades de processamento em atividade no DF, bem como o total de resíduos recebidos por cada uma no ano de referência, conforme mostrado na Tabela 2.5.

O Aterro do Jóquei Clube, para onde vai cerca de 93% do total de resíduos coletados no DF, é um aterro controlado que fica às margens da via Estrutural (Rocha, 2006). O Decreto 29.399 de Agosto de 2008 que aprova o Plano Diretor de Resíduos Sólidos do Distrito Federal e regulamenta a Lei 3.232 de 03 de Dezembro de 2003, prevê a desativação, encerramento e recuperação ambiental desse aterro, o que ainda não ocorreu.

Tabela 2.5 – Unidades de processamento em atividade no DF e quantidade de resíduos recebidos por cada uma no ano de 2008 (Fonte SNIS, 2008).

NOME DA UNIDADE	TIPO DA UNIDADE	TOTAL DE RESÍDUOS RECEBIDOS	OPERADOR
Aterro do Jóquei	Lixão	1.985.873	Empresa Privada
Unidade de Transbordo do Gama	Unidade de Transbordo	53.457	Empresa Privada
Núcleo Regional de Limpeza de Sobradinho	Unidade de Transbordo	66.751	Empresa Privada
UCCS	Unidade de triagem (galpão ou usina)	-----	Associação de Catadores
UCTL – Usina de Tratamento de Lixo de Ceilândia	Unidade de Transbordo	127.064	Empresa Privada
UDBraz	Unidade de Transbordo	9.325	Empresa Privada
UILE - Ceilândia	Unidade de tratamento por incineração	6.330	Empresa Privada
Usina de tratamento de lixo Ceilândia – UCTL Triagem	Unidade de triagem (galpão ou usina)	3.558	Associação de Catadores
Usina de tratamento de lixo Ceilândia – UCTL Compostagem	Unidade de Compostagem (pátio ou usina)	16.845	Empresa Privada
UTL – <u>Transbordo</u>	Unidade de Transbordo	88.853	Empresa Privada
UTL – Usina de compostagem	Unidade de Compostagem (pátio ou usina)	22.772	Empresa Privada

Outras duas unidades, cujo volume de resíduos recebidos é expressivo, são a UTL - Transbordo e a UCTL – Unidade de Transbordo. A primeira localiza-se às margens do Lago Paranoá e tem capacidade nominal para tratamento de 250 t/dia de lixo. A segunda está situada em área especial do Setor P-Sul na Ceilândia e tem capacidade nominal de tratamento de 600 t/dia de lixo. As duas trabalham abaixo de sua capacidade diária de processamento. A UDBraz foi construída para tratar o lixo proveniente da coleta seletiva de Brazlândia, a UCCS – que fica ao lado da UTL - para receber o lixo inorgânico do Plano Piloto e a UILE, também localizada na área da UCTL em Ceilândia, para incineração de lixo hospitalar, documentos sigilosos, animais mortos, drogas e entorpecentes, etc. (Rocha, 2006).

A Resolução CONAMA n° 307 (2002) e a Lei n° 12.305 (2010), estabelecem responsabilidades aos grandes geradores de RSCD, ou seja, as empresas de construção civil, pela elaboração de seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Porém, como mostra o levantamento feito por Rocha (2006), de 11 construtoras pesquisadas no DF, somente três possuíam um programa de gerenciamento de resíduos em seu canteiro, mostrando o claro descumprimento da maioria às determinações da legislação, que deveriam ter sido implantadas até janeiro de 2003. Esse desrespeito à legislação parte do próprio Governo que não fiscaliza o lançamento de RSDC em locais clandestinos, o que, teoricamente, é proibido desde 2003.

Sendo assim, é de suma importância que se tomem medidas preventivas como o planejamento da reciclagem futura na construção civil através da elaboração de PPRs – Projetos para reciclagem – ou seja, projetos que consideram a demolição posterior, havendo a preocupação em especificar materiais recicláveis e o máximo possível de estruturas desmontáveis (Hendriks et. al, 2000).

No processo de construção e demolição pode-se influenciar na quantidade e qualidade do resíduo através de medidas de prevenção de resíduos em todas as fases do processo. A prevenção quantitativa é realizada quando os projetos, as obras e os materiais utilizados primam pela intenção de criar o mínimo possível de resíduos de construção e demolição, permitindo a máxima separação do resíduo de construção e de demolição. Quanto à qualidade desse resíduo, é preciso melhorar sua natureza e composição visando a reutilização, ou seja, realizar a demolição seletiva. (Hendricks et. al, 2000).

2.7.2 Instrumentos Públicos para a gestão de RSCD

Os principais instrumentos públicos federais referentes à gestão de resíduos sólidos são a lei n° 12.305 (2010) e, no caso dos RSCD, a Resolução CONAMA n° 307 (2002). A lei n° 12.305 (2010), institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e reúne princípios, objetivos, instrumentos, metas, diretrizes - entre elas as responsabilidades dos geradores e do poder público - e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou com a

cooperação de Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, visando a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos.

A Resolução CONAMA n° 307 (2002), que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção, responsabiliza os geradores de resíduos porém determina a gestão integrada dos mesmos através do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC). Estabelece prazo, que expirou em 2004, para a implementação dos PIGRCC pelos municípios e Distrito Federal, o que não foi cumprido em muitos deles, inclusive no Distrito Federal.

Dos instrumentos públicos distritais destacam-se a Lei 462 de 22 de junho de 1993, que dispõe sobre a reciclagem de resíduos sólidos do Distrito Federal, a Lei 3.232 de 03 de dezembro de 2003, regulamentada pelo Decreto 29.399 de 14 de agosto de 2008, que trata da Política Distrital de Resíduos Sólidos e aprova o Plano Diretor de Resíduos Sólidos do Distrito Federal e a Lei 3296 de 19 de janeiro de 2004, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de locais destinados à disposição de resíduos minerais.

Tendo em vista o objeto deste estudo, focado na EI e ECO₂ de fachadas com ACM, bem como a revisão bibliográfica, apresentada neste capítulo por meio de conceitos, normas e pesquisas pertinentes, passaremos a apresentar no capítulo 3 a metodologia que consiste em um estudo de caso e detalhamento dos passos para o desenvolvimento do trabalho.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia adotada para a análise energético-ambiental de fachadas com ACM, com foco na reciclagem.

A metodologia adotada divide-se em 2 etapas, correspondentes aos objetivos do trabalho. Na figura 3.1 é mostrado o fluxo esquemático da metodologia proposta.

Das fases do ciclo de vida das fachadas, foram consideradas, no contexto desse trabalho, somente as fases de extração e transformação da matéria-prima para o desenvolvimento da Etapa 1, baseado na abordagem *cradle-to-gate*, e instalação na obra para a Etapa 2, excluindo-se, portanto, as etapas de uso, demolição / desconstrução e reuso.

Em todas as fases consideradas há geração de resíduos, no entanto, foram objeto de pesquisa e análise somente os resíduos gerados na etapa de instalação na obra que, no caso do ACM, engloba um processo prévio de usinagem dos painéis e montagem das bandejas.

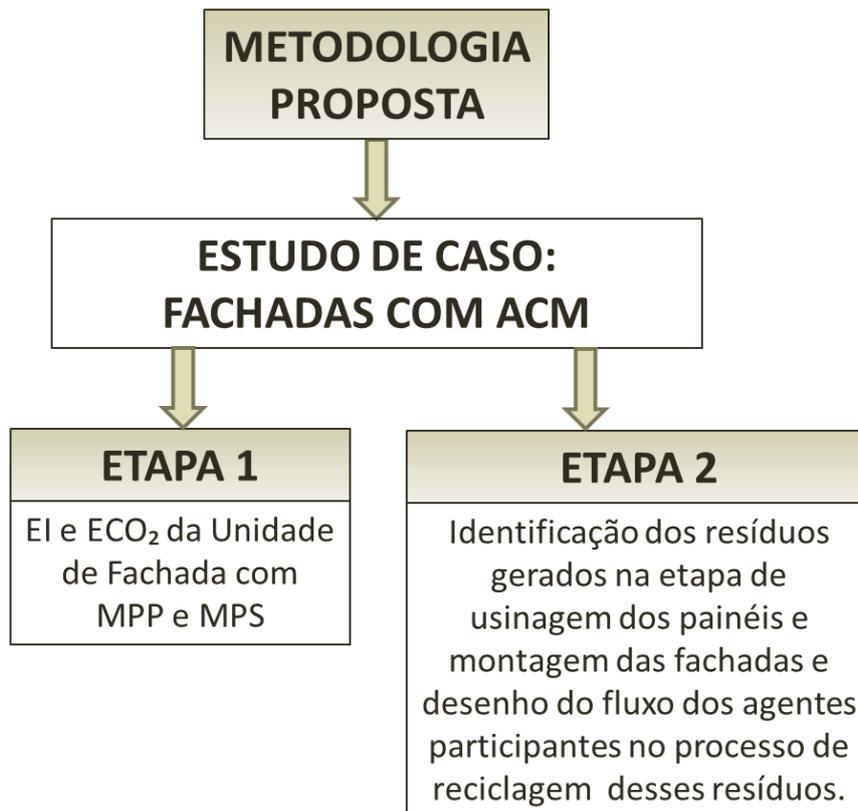


Figura 3.1 – Fluxo esquemático da metodologia proposta

3.1- Estudo de caso: Fachadas com ACM

O estudo de caso é uma forma de investigação de tópicos empíricos seguindo-se procedimentos pré-especificados. Além das técnicas tradicionalmente utilizadas em pesquisas históricas, o estudo de caso conta com duas fontes de evidências não usuais nesse tipo de pesquisa: a observação direta e as entrevistas. Diferencia-se pela capacidade de lidar com várias evidências simultaneamente como documentos, artefatos, entrevistas, observações e o material disponível no estudo histórico convencional (YIN, 2001).

O processo de fabricação de fachadas com painéis de ACM inicia-se com a usinagem dos painéis. Essa etapa do trabalho é realizada com base no projeto detalhado ou “paginação” da fachada, contendo detalhes construtivos e especificações como o tipo de estrutura suporte ou subestrutura a ser utilizada, o sistema de fixação dos painéis, o tipo de painel, suas dimensões e acabamento. É necessário também que haja um plano de corte dos painéis (Pini, 2008).

A estrutura suporte ou subestrutura deve ser preferencialmente de perfis de alumínio, com espessura mínima de 1,5mm, para que não haja formação de corrosão galvânica, processo muito comum quando o alumínio entra em contato com o aço. Ao utilizar-se perfis de aço, é necessário que se faça o devido isolamento entre os diferentes materiais. Além de servir como suporte para fixação das placas, a subestrutura tem a função de corrigir possíveis diferenças de prumo e esquadro do substrato (Arcoweb, 2011).

Os painéis podem ser fixados na subestrutura pelos sistemas parafusado, enganchado ou pinado, clicado e colado. O sistema de fixação é definido de acordo com a aplicação e necessidades do projeto. As juntas podem ser secas ou fechadas, preenchidas com silicone ou gaxeta, e abertas. As juntas abertas possibilitam a circulação de água e chuva, por isso é necessário que se faça a impermeabilização do substrato (Pini, 2008).

No sistema parafusado, mais utilizado no Brasil, os painéis são fixados nos perfis da subestrutura através de cantoneiras de alumínio presas por 2 rebites, com espaçamento de 400mm a 600mm entre elas. A junta adotada para a absorção da dilatação dos painéis varia de 10mm a 12mm (Figura 3.2) (Arcoweb, 2011).

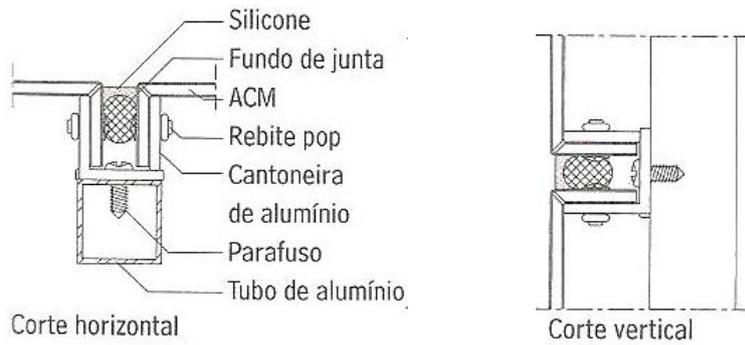


Figura 3.2 – Sistema parafusado – junta selada com silicone (Fonte: Pini, 2008)

O sistema enganchado ou pinado, muito empregado em fachadas na Europa, utiliza pinos para a fixação dos painéis, como um tipo de encaixe macho-fêmea. Como as juntas não são seladas, permitindo a circulação do ar e entrada de água, é necessária a impermeabilização do substrato e a utilização de perfis anodizados, pinos e parafusos de aço inoxidável (Figura 3.3) (Arcoweb, 2011).

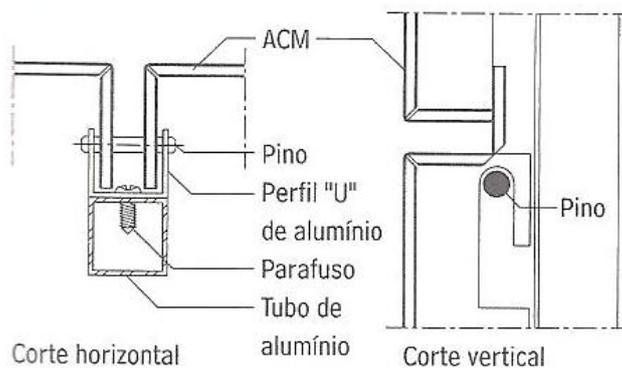


Figura 3.3 – Sistema pinado – junta aberta (ventilada) (Pini, 2008)

No sistema clicado os painéis são fixados por encaixe frontal através de presilhas de pressão entre as peças (Figura 3.4) (Pini, 2008).

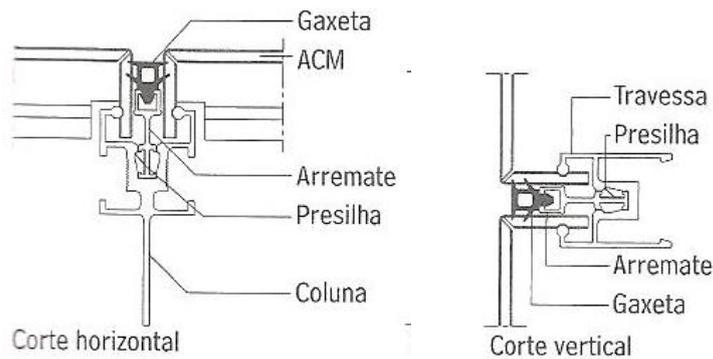


Figura 3.4 – Sistema clicado - junta selada com gaxeta. (Pini, 2008)

O sistema colado utiliza fita VHB para fixar o painel a um perfil tubular ou chato. É indicado para uso interno pois emprega junta seca, dispensando a junta de dilatação de 10mm a 12mm (Figura 3.5) (Arcoweb, 2011).

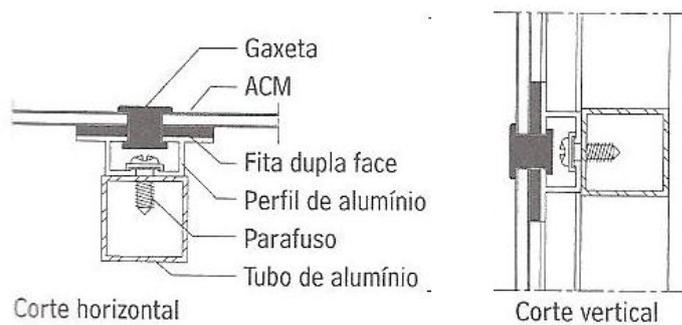


Figura 3.5 – Sistema colado – junta selada com gaxeta (Pini, 2008)

Conforme informação das empresas executoras de fachadas com ACM entrevistadas, a usinagem dos painéis pode ser feita na fábrica ou no canteiro de obras e o sistema parafusado é o mais utilizado para a fixação dos painéis nas fachadas em Brasília. As análises realizadas nesse trabalho consideraram este sistema de fixação. Também foram considerados nesse estudo de caso os procedimentos adotados de forma geral pelas empresas entrevistadas para a montagem das fachadas, devido não haver, no Brasil, normas específicas para isso.

Tendo como base o plano de corte, os painéis podem ser cortados com tupia pantográfica, serra tico-tico, fresa de mesa e jato d'água (Téchné, 2009). Os maquinários mais utilizados nas empresas entrevistadas são a seccionadora transversal (Figura 3.6) e a tupia. A forma mais comum de aplicação dos painéis é transformá-los em bandejas, formadas através da dobra de abas que, conforme recomendação dos fabricantes, devem ter 25mm (Figura 3.7).

Em seguida é feito o processo manual de corte e fixação das cantoneiras nos painéis com rebites. Finalizada essa etapa, os painéis prontos para a instalação são codificados e levados ao canteiro de obras, onde há um mapa de assentamento para orientação da montagem. Na Figura 3.8 é mostrado um painel pronto para instalação.



Figura 3.6 – Seccionadora transversal. Maquinário originalmente fabricado para corte de madeira usado na usinagem de painéis de ACM.

Para a execução da fachada é necessária a instalação da subestrutura sobre substrato de alvenaria, concreto ou aço. Os perfis são cortados nos tamanhos adequados, conforme as dimensões e paginação das placas e, no caso do substrato alvenaria, fixados diretamente com parafusos ou através de cantoneira, quando há diferença de prumo. A fixação no concreto é feita com paraboloid. Na figura 3.9 é mostrado um exemplo de subestrutura.

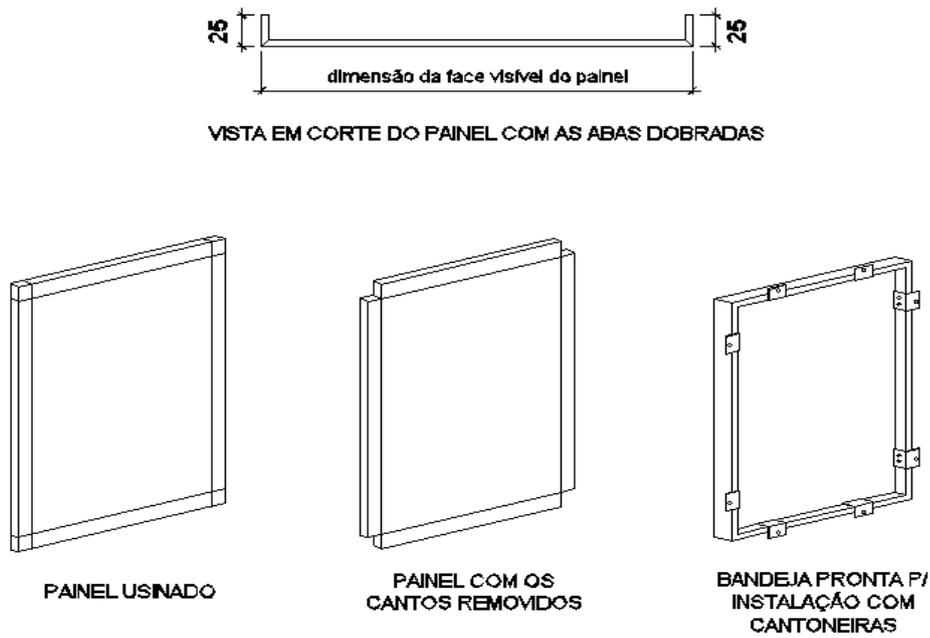


Figura 3.7 – Aplicações e aproveitamento do painel de ACM. (adaptado de Projetoalumínio, 2011)



Figura 3.8 – Bandeja feita com o Painel de ACM pronta para instalação



Figura 3.9 – Perfil de alumínio fixado com cantoneira de alumínio (subestrutura)

Montada a subestrutura, os painéis são fixados parafusando-se as cantoneiras nos perfis. Nessa etapa é fundamental que se observe a direção de instalação indicada na película de proteção para que não haja diferença de tonalidade na fachada. Um gabarito é usado para a manutenção do alinhamento dos painéis, como mostrado na Figura 3.10. Em seguida é aplicado o fundo de junta e o silicone (Figura. 3.11). As películas de proteção são retiradas no dia seguinte à aplicação do silicone, tempo necessário para secagem.



Figura 3.10 – gabarito usado para o alinhamento dos painéis de ACM



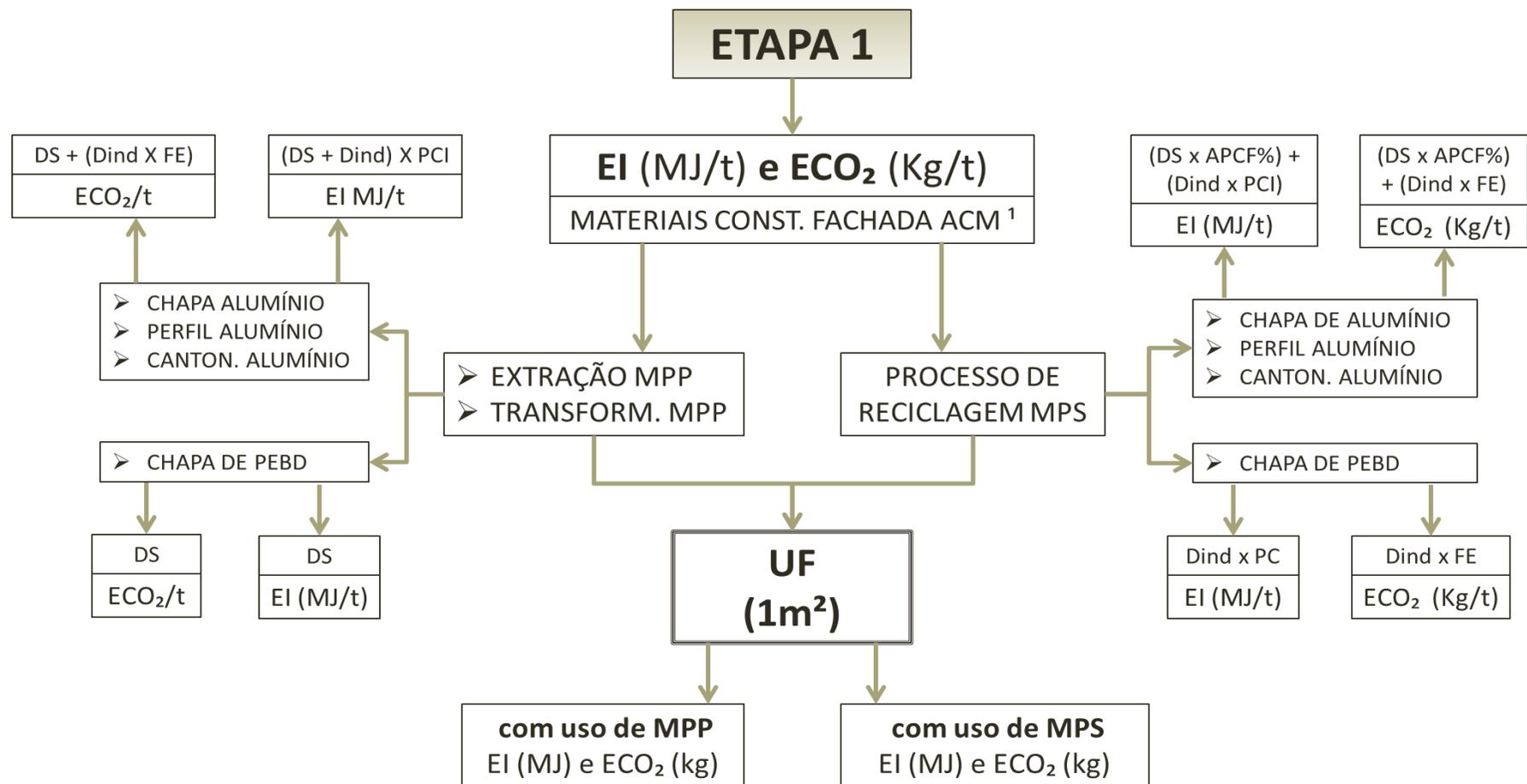
Figura 3.11 – Aplicação do silicone nas juntas de dilatação dos painéis.

3.2 Etapa 1

O objetivo desta etapa foi a obtenção dos valores da EI (MJ) e das ECO_2 (kg), para a produção da UF (Unidade de Fachada), determinada em $1m^2$, com MPP (Matéria-Prima Primária) e MPS (Matéria-Prima Secundária), para comparação e análise dos mesmos. Sendo assim foi necessária a obtenção da EI e das ECO_2 , por tonelada produzida, de cada material constituinte da fachada com MPP e MPS.

A fim de obter a EI e as ECO_2 para os materiais produzidos com MPP e MPS, foi calculada a EI de cada combustível utilizado no ciclo de produção dos materiais, desde a extração das matérias primas até a laminação / extrusão*. Para isso foram considerados dados de outros trabalhos (dados secundários) e dados primários, referentes aos tipos de combustíveis e seus quantitativos. Na Figura 3.12 é mostrado o esquema representativo da Etapa 1.

*Ainda na Etapa 1, foram obtidos os valores de EI e das para os processos de reciclagem dos materiais constituintes da fachada com ACM. Para a obtenção dos valores, foram utilizados dados de Inventários existentes e das indústrias visitadas. Não foram considerados os dados referentes à termoadesão das camadas do painel e pintura devido à inexistência da produção dessas fases no Brasil.



LEGENDA

DS – Dados Secundários FE – Fator de emissão de CO₂ ECO₂ - Emissões de CO₂ MPP – Matéria-prima primária APCF – Alum. Prim. na Carga de Fundição
 Dind – Dados das indústrias PCI – Poder Calorífico Inferior EI – Energia Incorporada MPS – Matéria-prima secundária UF – Unidade de fachada

Figura 3.12– Esquema representativo da Etapa 1 da metodologia proposta.

¹ Não foram considerados os parafusos devido sua massa ser considerada desprezível em relação aos demais materiais.

Por meio da Equação 3.1 foi obtida a EI em MJ/t dos combustíveis utilizados na produção das chapas e perfis de alumínio, utilizando-se seu Poder Calorífico Inferior (PCI) ¹, cujos valores estão expressos na Tabela 3.1. Para a energia elétrica utilizou-se seu Poder calorífico (PC).

[Eq.0]

Onde:

EI_{comb} = Energia Incorporada do combustível;

Q_{Comb} = Quantidade de combustível por tonelada de material produzido;

PCI = Poder Calorífico Inferior por Kg de combustível.

Tabela 3.1 - Valores de PCI dos combustíveis utilizados nos processos de produção das chapas e perfis de alumínio. (Fonte: IPCC, 2006)

COMBUSTÍVEL	PCI (TJ/Gg)
Óleo combustível	40,4
Óleo diesel	43
GLP	47,3
Gás natural	48**
Carvão mineral	18,9
Coque de petróleo	32,5
Piche	40,2

Em seguida, calculou-se o valor de EI por fase do ciclo de produção, no caso dos perfis² e chapa de alumínio, através do somatório de valores de EI de cada combustível utilizado na fase correspondente, conforme mostra a Equação 3.2.

¹ Poder Calorífico Inferior é a energia liberada na forma de calor na reação de oxidação de um determinado combustível, desconsiderando-se o calor latente de vaporização da água formada pela combustão do hidrogênio (Ortiz, 2011).

² Incluem-se as cantoneiras pois são perfis cortados.

*Para a energia elétrica foi utilizado o Poder calorífico de 3,6MJ/Kwh (Fonte: BEN, 2011).

** Para aplicação desse índice a quantidade de gás natural foi convertida de Nm³ para Kg.

[Eq.3.2]

Onde:

EI_{fase} = Energia Incorporada, por tonelada de material produzido, em cada fase do ciclo de produção;

EI_{comb} = Energia Incorporada do combustível.

Para as chapas de alumínio, foram consideradas as fases de refusão, preparação de placas e laminações e para os perfis, foram consideradas as etapas de refusão e extrusão.

A fim de obter a EI em MJ/t de material produzido com MPP, foram somados os valores de EI correspondentes a cada fase, como mostrado na Equação 3.3.

[Eq 3.3]

Onde:

$EImat$ = Energia Incorporada por tonelada de material produzido;

EI_{fase} = Energia Incorporada de cada fase do ciclo de produção.

Para a obtenção das ECO_2 por tonelada produzida de chapa e perfis de alumínio, com MPP, calculou-se as ECO_2 por fase do ciclo de produção, multiplicando-se a quantidade dos combustíveis utilizados pelo Fator de Emissão de CO_2 (FE) correspondente, como mostra a Equação 3.4.

[Eq 3.4]

Onde:

ECO_{2fase} = Emissões de CO_2 por fase do ciclo de produção;

$QComb$ = Quantidade de combustível por tonelada de material produzido;

FE = Fator de Emissão de CO_2 por unidade de energia do combustível.

Os FE utilizados estão listados na Tabela 3.2. Considerou-se a energia elétrica como sendo proveniente de hidroeletricidade, portanto a contribuição nas emissões de CO₂ é considerada nula, segundo Brasil (2006).

Nas fases de Produção de Alumina e Alumínio primário foi utilizado o índice de ECO₂ indicado pelo IPCC (1997) para a tecnologia Soderberg¹ de produção de Alumínio Primário.

Tabela 3.2 – Fatores de emissão de CO₂ para o Gás natural e o GLP (Fonte: IPCC, 2006)

COMBUSTÍVEL	FE (Kg /TJ)
Gás Natural	56.100*
GLP	63.100

O valor de ECO₂, por tonelada de material produzido com MPP, foi obtido pelo somatório das ECO₂ de cada fase do ciclo de produção, como mostrado na Equação 3.5.

[Eq. 3.5]

Onde:

ECO_{2mat} = Emissões de CO₂ por tonelada de material produzido;

ECO_{2fase} = Emissões de CO₂ em cada fase do ciclo de produção.

Os valores de EI e ECO₂ para a produção de 1 tonelada de chapa de PEBD, com MPP, foram obtidos de Inventário existente.

Na obtenção da EI para os materiais produzidos com MPS, utilizou-se os mesmos valores de EI encontrados para os combustíveis e fases do ciclo de produção das chapas e perfis de alumínio com MPP.

¹ Tecnologia empregada na produção de alumínio primário que utiliza pasta de ânodo durante o processo de redução. É utilizada pelas empresas Alcan (MG), Alcan (BA), Alcoa (MG) e CBA (SP) (MCT, 2006).

* Para aplicação desse índice a quantidade de gás natural foi convertida de Nm³ para Kg.

No entanto, os valores correspondentes aos combustíveis das fases de Extração da Bauxita até a Produção de Alumínio primário foram multiplicados pela porcentagem de alumínio primário empregado na carga de fundição, para cada tipo de liga, como mostra a Equação 3.6.

[Eq. 3.6]

Onde:

EI_{comb} = Energia Incorporada do combustível;

Q_{Comb} = Quantidade de combustível por tonelada de material produzido;

PCI (kgcal/um) = Poder Calorífico Inferior por unidade de medida do combustível

$APCF\%$ = Porcentagem de Alumínio primário na carga de fundição;

Para as chapas de alumínio, considerou-se a liga 5005A¹, e a parcela de alumínio primário na carga de fundição de 20% ². Para os perfis de alumínio, foi considerada a liga 6060 e 15% ³ de alumínio primário na carga de fundição.

As fases do ciclo de produção consideradas para as chapas e perfis de alumínio foram as mesmas para a produção com MPP, mas foi acrescida a fase de Trituração, Prensagem e Enfardamento, para a qual utilizou-se somente a Eq.3.1 no cálculo da EI, por haver somente um tipo de combustível envolvido.

Para a chapa de PEBD, as etapas consideradas foram moagem, decantação, lavagem, secagem, granulação e extrusão. Para o cálculo da EI na produção da chapa de PEBD com MPS foi empregada a Equação 3.7.

¹ Fonte: ALUCOBOND, dados técnicos. Disponível em:<http://www.alucobond.com/alucobond-technical-data.htm>

² Porcentagem adotada pela indústria Novelis, para esse tipo de liga.

³ Liga e porcentagem adotados pela indústria Alubillets.

*Para a energia elétrica foi utilizado o Poder calorífico de 3,6MJ/Kwh (Fonte: BEN, 2011).

[Eq.3.7]

Onde:

E_{mat} = Energia Incorporada por tonelada de material produzido;

QEE = Quantidade de Energia elétrica, por tonelada de material produzido;

PC = Poder calorífico por Kwh de Energia elétrica.

No cálculo das ECO_2 para as chapas e perfis de alumínio produzidas com MPS foram utilizados os mesmos valores e fórmulas empregados para obter as ECO_2 para os materiais com MPP. Mas assim como no cálculo da EI, os valores de ECO_2 nas fases de Extração da Bauxita, Produção de Alumina e Produção de Alumínio primário foram multiplicados pela porcentagem de Alumínio Primário na carga de fundição, como expressa a Equação 3.8.

[Eq. 3.8]

Onde:

ECO_{2fase} = Emissões de CO_2 por fase do ciclo de produção do material;

$IECO_{2fase}$ = Índice de Emissões de CO_2 na fase do ciclo de produção;

$APCF\%$ = Porcentagem de Alumínio primário fundição referente a cada tipo de liga,

Para as chapas de PEBD, como o processo de produção do material com MPS só utiliza energia elétrica proveniente de hidroeletricidade, consideram-se as ECO_2 nulas. Na Tabela 3.3 é mostrado um resumo da sequência de cálculos efetuados para a obtenção dos valores finais por tonelada de material produzido com MPP e MPS.

Para o levantamento de dados junto às indústrias, foram realizadas visitas 2 unidades de produção no Estado de São Paulo e uma em Brasília. As indústrias visitadas são: NOVELIS do Brasil, unidade de Pindamonhangaba - SP, produtora e recicladora de lâminas de alumínio; ALUBILLETS, em Taubaté – SP, produtora e recicladora de perfis de alumínio e Capital Recicláveis, em Brasília, comercializadora de recicláveis que possui uma unidade de reciclagem de PEBD.

*Para a energia elétrica foi utilizado o Poder calorífico de 3,6MJ/Kwh (Fonte: BEN, 2011).

Tabela 3.3 – Resumo da sequência de cálculos para obtenção dos valores de EI e ECO₂ por tonelada de material produzido com MPP e MPS.

ÍTEM	MATERIAL	EQUAÇÃO	FONTES
EI combustíveis	Perfis/chapa de alumínio	3.1	IAI (2007), média mensal de consumo das fábricas Novelis e Alubillets, PCI (IPCC, 2006)
EI fase do ciclo de produção	Perfis/chapa de alumínio	3.2	_____
EI/t de material (MPP)	Perfis/chapa de alumínio	3.3	_____
EI/t de material (MPP)	Chapa de PEBD	_____	Franklin Associates (2011), consumo por produtividade da máquina (Rulli Standard, 2011)
ECO ₂ fase do ciclo de produção	Perfis/chapa de alumínio	3.4	IAI (2007), MCT (2006), média mensal de consumo das fábricas Novelis Alubillets, FE (IPCC, 2006)
ECO ₂ /t de material (MPP)	Perfis/chapa de alumínio	3.5	_____
ECO ₂ /t de material (MPP)	Chapa de PEBD	_____	Franklin Associates (2011)
EI/t de material (MPS)	Perfis/chapa de alumínio	3.1 e 3.6	IAI (2007), média mensal de consumo das fábricas e % de alumínio primário utilizado na carga de fundição da Novelis e Alubillets, PCI (IPCC, 2006), consumo por produtividade da máquina (Renove, 2011)
EI/t de material (MPS)	Chapa de PEBD	3.7	Consumo por produtividade das máquinas (KIE, 2011), (Wortex, 2011) e (Rulli Standard, 2011)
ECO ₂ /t de material (MPS)	Perfis/chapa de alumínio	3.4 e 3.8	IAI (2007), MCT (2006), média mensal de consumo das fábricas e % de alumínio primário utilizado na carga de fundição da Novelis e Alubillets, FE (IPCC, 2006)

O dado de entrada de energia considerado para a etapa de Trituração, Prensagem e Enfardamento, foi fornecido pela empresa RENOVE recicláveis, localizada em Brasília. A empresa utiliza uma prensa hidráulica fabricada pela HIDRAUMAX que tritura, prensa e enfarda os resíduos de alumínio. Na Tabela 3.4 são listadas as fábricas visitadas e as consultadas para obtenção dos dados de consumo energético utilizados.

Tabela 3.4 – Resumo das fábricas visitadas e consultadas para a obtenção dos dados de consumo energético utilizados

	FÁBRICA
Fábrica 1	Novelis do Brasil
Fábrica 2	Alubillets
Fábrica 3	Rulli Standard
Fábrica 4	Renove
Fábrica 5	Capital Recicláveis

Para as chapas de alumínio, os dados de consumo de combustíveis e energia elétrica foram baseados na linha de produção da indústria NOVELIS, cujos maquinários utilizados estão descritos na Figura 3.13. Na Tabela 3.5 encontram-se listados os fornos utilizados nas fases de Refusão e Preparação de placas. Nas Figuras 3.14 e 3.15 são mostrados o laminador a quente e os fornos utilizados na Preparação de placas.

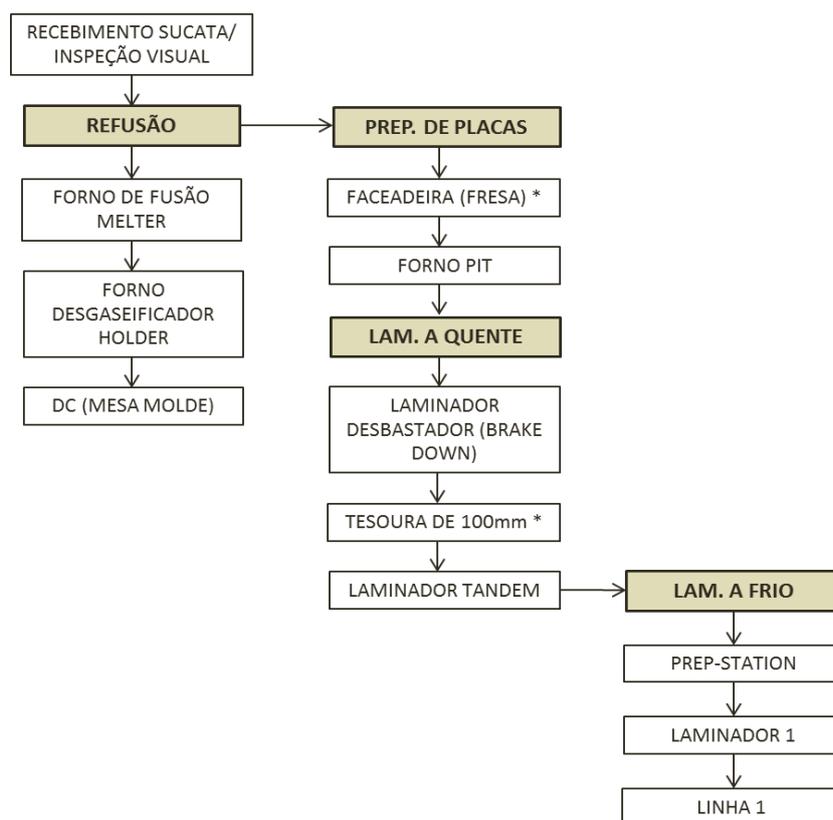


Figura 3.13 – Esquema representativo da linha de produção das chapas de alumínio

(Fonte: Fábrica 1)

*Consumo não considerado, bem como das pinças e pontes móveis que fazem o transporte interno.

Tabela 3.5 – Fornos utilizados nas fases de Refusão e Preparação de placas da linha de produção de chapas de alumínio (Fonte: Fábrica 1).

FORNOS	ETAPA DA PRODUÇÃO	QUANTID.	CAPAC. (t)	COMBUST.
Forno Melter	Refusão	1	70	Gás natural
Forno Melter	Refusão	3	64	Gás natural
Forno Melter	Refusão	1	100	Gás natural
Forno Holder	Refusão	2	75	Gás natural
Forno Holder	Refusão	1	100	Gás natural
Forno Reservoir	Refusão	1	75	Gás natural
Forno PIT	Prep. de placas	4	_____	Gás natural
Forno PIT	Prep. de placas	2	_____	E. elétrica



Figura 3.15– Fornos PIT – Preparação de placas.



Figura 3.14 – Laminação a quente -laminador Tandem

Os dados de consumo de combustíveis e energia elétrica para os perfis de alumínio foram baseados na linha de produção da indústria ALUBILLETS (Figura 3.16). Os maquinários utilizados estão listados na Tabela 3.6. Nas Figuras 3.17 a 3.19 são mostrados o forno de fusão, o cadinho utilizado para a desgaseificação do metal líquido e a prensa de 4” utilizada na extrusão dos perfis.

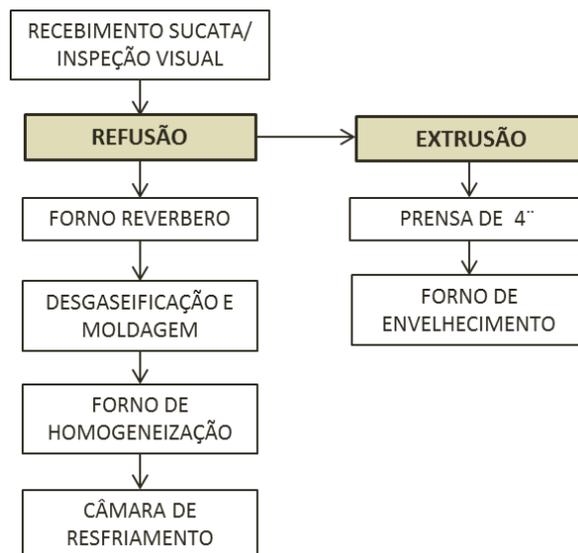


Figura 3.16– Esquema representativo da linha de produção dos perfis de alumínio (Fonte: Fábrica 2).

Tabela 3.6 – Fornos utilizados nas fases de Refusão e Extrusão de perfis da linha de produção de perfis de alumínio (Fonte: Fábrica 2)

FORNOS	ETAPA DA PRODUÇÃO	QUANTID.	CAPAC. (t)	COMBUST.
Forno Reverbero	Refusão	1	5	GLP
Forno Reverbero	Refusão	1	6	GLP
Forno de Homogeneização	Refusão	1	_____	GLP
Forno de envelhecimento	Extrusão	1	_____	GLP



Figura 3.17 - Forno de fusão Reverbero.



Figura 3.18 – Cadinho elétrico para degaseificação do metal líquido.



Figura 3.19 – Prensa de 4”

Para a chapa de PEBD, os dados de consumo de energia elétrica foram baseados na linha de produção de reciclagem de PEBD da empresa CAPITAL RECICLÁVEIS, cujo esquema representativo é mostrado na Figura 3.20. Os maquinários utilizados estão listados na Tabela 3.7. Nas Figuras 3.21 e 3.22 são mostradas as secadoras e o granulador.

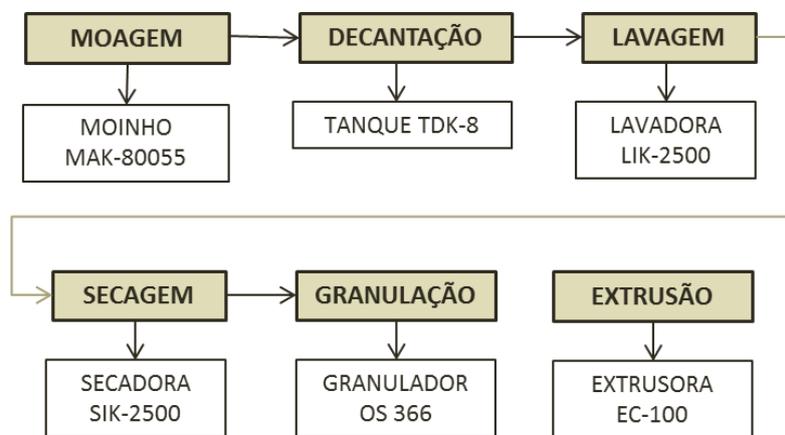


Figura 3.20 – Esquema representativo da linha de produção da reciclagem de PEBD (Fonte: Fábrica 5)

Como a empresa CAPITAL RECICLÁVEIS não realiza a extrusão, somente comercializa a matéria-prima secundária, considerou-se o modelo de extrusora EC-100 do fabricante Rulli Standard (2012).

Tabela 3.7 – Maquinários utilizados na reciclagem de PEBD
(Fonte: Fábrica 5)

MAQUINÁRIO	ETAPA DA PRODUÇÃO	QUANTID.	FABRICANTE
Esteira EAK-10	Seleção e Transporte	2	KIE
Moinho MAK - 80055	Moagem	2	KIE
Tanque TDK - 8	Decantação	1	KIE
Lavadora LIK - 2500	Lavagem	2	KIE
Secadora SIK - 2500	Secagem	3	KIE
Granulador OS 366	Granulação	1	WORTEX
Extrusora EC-100	Extrusão	1	R. STANDARD



Figura 3.21 – Secadoras SIK-2500



Figura 3.22 – Granulador OS 366

Por fim, os valores encontrados de EI e ECO_2 para os materiais produzidos com MPP e MPS foram aplicados à UF (Unidade de Fachada), determinada em $1m^2$. Na figura 3.23 é mostrada uma vista esquemática de $1m^2$ de fachada com ACM, com a indicação dos materiais que a compõem*.

*Não foram considerados o tarucel e o silicone utilizados nas juntas.

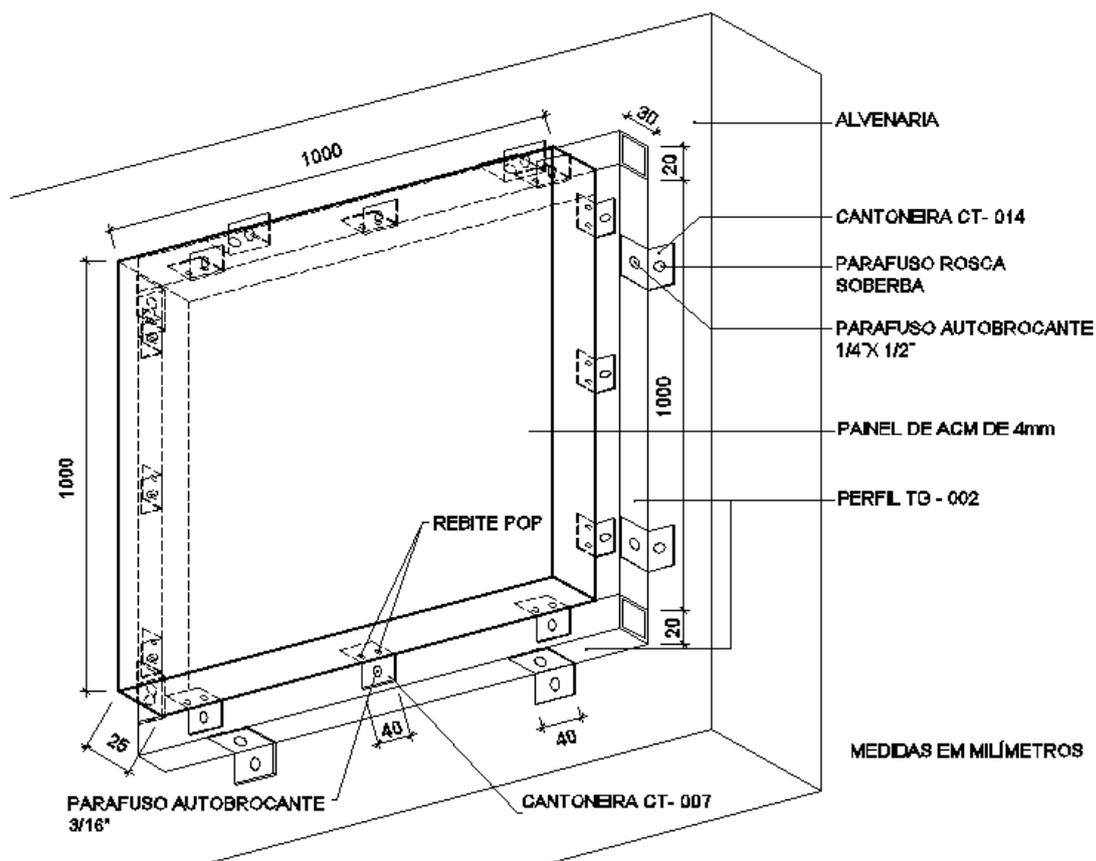


Figura 3.23 - Vista esquemática de 1m² de fachada com ACM.

Na fachada foram considerados painéis de ACM de 4mm - por serem os mais utilizados em Brasília, segundo as empresas executoras de fachadas entrevistadas - presos à subestrutura de perfis de alumínio pelo sistema parafusado ¹. Os valores de massa dos componentes do painel de ACM encontram-se descritos na Tabela 3.8. Os rebites são de alumínio e os parafusos utilizados são de aço galvanizado.

Tabela 3.8 – Valores de massa dos componentes do painel de ACM ².

Painel de 4mm 5,5 kg/m ²	Camadas	Peso
		Chapa de alumínio de 0,5mm
	Chapa de PEBD de 3mm	2,7 kg/m ²

¹ Sistema mais utilizado nas fachadas com ACM em Brasília, conforme informado pelas empresas executoras de fachada nas entrevistas.

² Fonte: ALUCOBOND, dados técnicos. Disponível em: <http://www.alucobond.com/alucobond-technical-data.htm> (acesso em 10 ago. 2011).

Os modelos do perfil de alumínio e das cantoneiras considerados, estão descritos nas Tabelas de 3.9 a 3.11.

Tabela 3.9 – Valor de massa e dimensões do perfil de alumínio utilizado na subestrutura*.

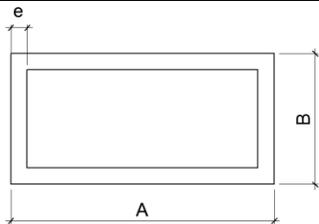
	Perfil de alumínio ALCOA TG-002			
	A (mm)	B (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)
	30,00	20,00	2,00	0,499

Tabela 3.10 – Valor de massa e dimensões da cantoneira de alumínio que fixa a bandeja de ACM ao perfil de alumínio*.

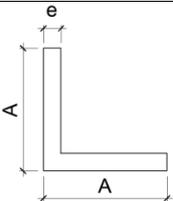
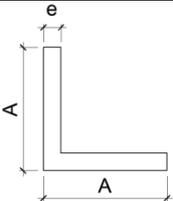
	Cantoneira de alumínio ALCOA CT-007		
	A (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)
	19,05	1,59	0,157

Tabela 3.11 – Valor de massa da cantoneira de alumínio que fixa o perfil de alumínio à alvenaria*.

	Cantoneira de alumínio ALCOA CT-014		
	A (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)
	25,00	2,00	0,26

A especificação dos parafusos utilizados e suas massas, estão listados na Tabela 3.12. As massas dos parafusos utilizados foram obtidas através da pesagem dos mesmos em balança de precisão.

* Fonte: ALCOA, Catálogo de perfis Standard. Disponível em: http://www.alcoa.com/brazil/aluminioecia/pt/info_page/produtos_downloads.asp (acesso em 22 ago. 2011).

Tabela 3.12 – Valores de massa dos parafusos utilizados na fixação das cantoneiras no painel de ACM e nos perfis de alumínio.

PARAFUSO	Peso (kg)
Rosca soberba sextavado 1/4" x 50mm	0,01122
Autobrocante 1/4"x 1/2"	0,00654
Autobrocante 3/16" cabeça panela Philips	0,00161
Rebite pop preto 4.10cm	0,00155

3.3 Etapa 2

Na Etapa 2, foi desenhado o fluxo dos agentes participantes no processo de reciclagem dos resíduos gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas, bem como o fluxo desses resíduos. Para isso, foi realizada coleta de dados através de entrevistas, junto a empresas do ramo de execução de fachadas de ACM e comercializadoras de recicláveis, cooperativas de coletores e recicladores e instituições do Setor Público Distrital, como o SLU. Na figura 3.24 é mostrado o fluxo esquemático da Etapa.

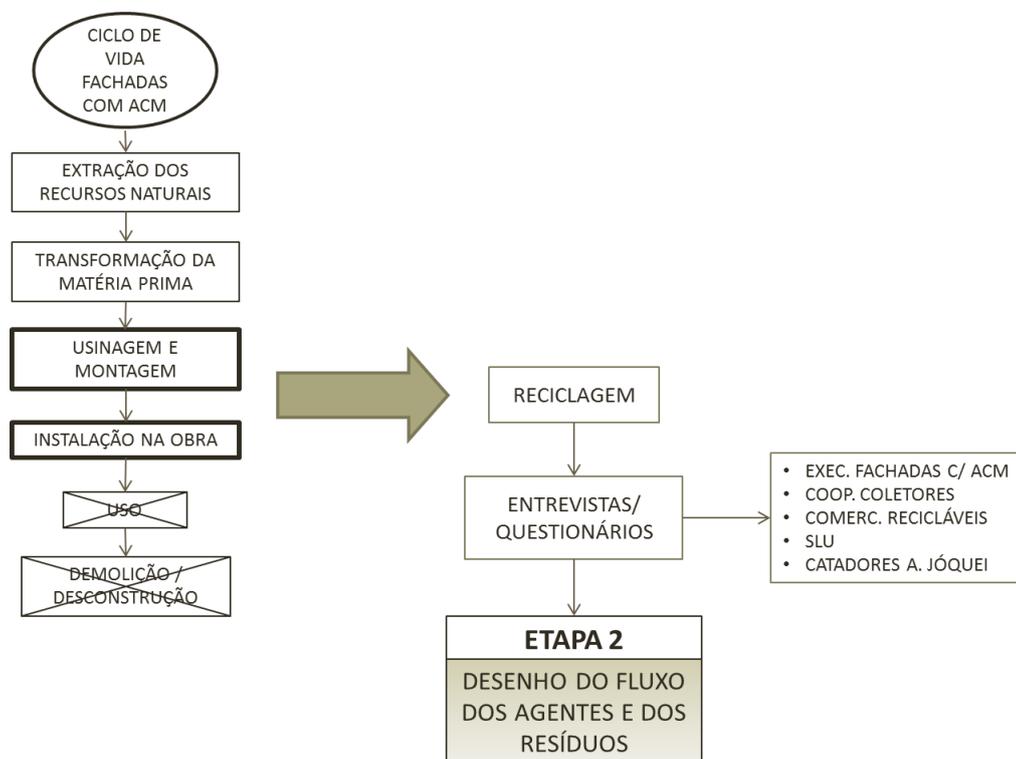


Figura 3.24 – Fluxo esquemático da Etapa 2

Na Tabela 3.13 estão listadas as empresas e instituições entrevistadas. Nas entrevistas foram utilizados questionários padrão, que se encontram nos apêndices de A a D. Os questionários respondidos encontram-se nos apêndices de E a S.

Tabela 3.13 – Empresas e instituições entrevistadas para a coleta de dados subsidiários à Etapa 2 do trabalho.

RAMO DE ATUAÇÃO	INSTITUIÇÃO	CARGO DO ENTREVISTADO	DATA	
Recolhimento/ destinação final - setor público	SLU	Ass. Coord. Planej.	17/08/11	—
Cooperativas de coletores	CENTCOOP	Presidente	29/09/11	C1
	ASCOLES	Gerente	29/08/11	C2
Comercialização de recicláveis	CAPITAL RECICLÁVEIS	Ger. de produção	30/08/11	—
	RENOVE	Proprietário	02/11/11	—
	CIMA	Estagiário	21/09/11	—
	METALCAP	Vendedor	04/10/11	—
Execução de fachadas de ACM	MMR	Proprietário	17/08/11	E1
	CRISTAL MAIS	Gerente Técnico	18/08/11	E2
	ALKHA	Orçam. desenhista	14/09/11	E3
	RAJAS	Encarr. produção	30/09/11	E4
	S9M9	Proprietário	27/09/11	E5
	GEFAL	Proprietário	30/09/11	E6
Coleta informal de resíduos	ATERRO DO JÓQUEI	*	14/09/11	—

*Respondido por grupo de catadores informais.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento das etapas 1 e 2, descritas no capítulo 3.

4.1 Resultados da Etapa 1

Na etapa 1, foram obtidos os valores de EI e de ECO_2 para a produção de 1 tonelada de chapa de alumínio, de PEBD e de perfis de alumínio, com MPP e MPS. Também foram obtidos os valores de EI e ECO_2 para a produção da UF com MPP e MPS, conforme cálculos especificados na Metodologia utilizada neste trabalho.

Os valores de EI encontrados para a chapa de alumínio e para os perfis de alumínio fabricados com MPP foram 88.919,22 MJ/t e 93.443,69 MJ/t, respectivamente. Os valores que se referem a perfis englobam também as cantoneiras. Nas Tabelas 4.1 e 4.2 são apresentados os valores das entradas de energia, ou seja, os combustíveis utilizados no processamento de cada uma das etapas do ciclo de produção dos materiais e seus respectivos quantitativos, nas unidades de medida correspondentes.

Na refusão e etapas subsequentes, a EI representa somente 5,55% do total para as chapas e 10,12% para os perfis, sendo a etapa da produção de Alumínio primário a que demanda a maior parte da energia. Como os valores considerados até essa etapa foram os mesmos, é possível constatar que a diferença nos valores de EI encontrados foi influenciada pela diferenciação no processo, a partir da Refusão, para obtenção do produto final e pela utilização de combustíveis diferentes, bem como de seus quantitativos.

Comparando-se a média dos valores de EI encontrados neste trabalho, 91,18 MJ/Kg, com o valor de EI apresentado por Tavares (2006) – 98,20MJ/kg - para o alumínio, observa-se uma diferença de 7,15%. Supõe-se que essa variação pode ser consequência da matriz energética considerada e/ou da inclusão dos valores de EI para os transportes, o que não foi explicitado pelo autor.

Tabela 4.1 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de alumínio com MPP

ENTRADAS - PRODUÇÃO DA CHAPA DE ALUMÍNIO (MPP)									
ETAPA	Energia elétrica (kwh/t)	Gás natural (Nm ³ /t)	Óleo combustível (kg/t)	Óleo diesel (kg/t)	Carvão mineral (kg/t)	Coque de petróleo (kg/t)	Piche (kg/t)	TOTAL MJ/t	
Extração da bauxita ¹	10,00	0,002	1,30	6,00	—	—	—	346,59*	0,39%
Produção de Alumina ²	294,99	4,24	95,00	—	84,08	3,71	—	6.760,26	7,60%
Produção de Alumínio primário ²	15.874,35	3,64	37,10	—	—	402,34	125,00	76.876,84	86,46%
Refusão ³	0,05	55,50	—	—	—	—	—	1.971,53	2,22%
Preparação de placas ³	210,00	20,00	—	—	—	—	—	1.466,40	1,65%
Laminação a quente ³	206,00	—	—	—	—	—	—	741,60	0,83%
Laminação a frio ³	210,00	—	—	—	—	—	—	756,00	0,85%
TOTAL	16.805,39	83,38	133,40	6,00	84,08	406,05	125,00	88.919,22	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: BEN (2011) 3 – Fonte: Fábrica 1

* Considerando-se 2,41t de Bauxita.

Tabela 4.2 – Entradas de Energia para fabricação dos perfis de alumínio com MPP

ENTRADAS - PRODUÇÃO DOS PERFIS DE ALUMÍNIO (MPP)										
ETAPA	Energia elétrica (kwh/t)	Gás natural (m ³ /t)	Óleo combustível (kg/t)	Óleo diesel (kg/t)	Carvão mineral (kg/t)	Coque de petróleo (kg/t)	Piche (kg/t)	GLP (Kg/t)	TOTAL (MJ/t)	
Extração da bauxita ¹	10,00	0,002	1,30	6,00	—	—	—	—	346,59 *	0,37%
Produção de Alumina ²	294,99	4,24	95,00	—	84,08	3,71	—	—	6.760,26	7,23%
Produção de Alumínio primário ²	15.874,35	3,64	37,10	—	—	402,34	125,00	—	76.876,84	82,27%
Refusão ³	—	—	—	—	—	—	—	160,00	7.568,00	8,10%
Extrusão ³	—	—	—	—	—	—	—	40,00	1.892,00	2,02%
TOTAL	16.179,34	7,88	133,40	6,00	84,08	406,05	125,00	200,00	93.443,69	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: BEN (2011) 3 – Fonte: Fábrica 2

* Considerando-se 2,41t de Bauxita.

Quanto aos dados para a produção da chapa de PEBD, observa-se que as etapas com maiores valores de EI são a produção de Eteno e da resina de PEBD, correspondendo a 82,57% do total. Considerando-se a média dos valores de EI obtidos para a chapa e perfis, 91.181,45 MJ/t, o valor de EI para a produção da chapa de PEBD é 63,91% menor. Na Tabela 4.3 são mostrados os valores de entrada de energia para a produção da chapa de PEBD e na Tabela 4.4 um resumo dos valores de EI encontrados para todos os materiais.

Tabela 4.3 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de PEBD com MPP

ENTRADAS - PRODUÇÃO DA CHAPA DE PEBD (MPP)		
ETAPA	Total (MJ/t)	
Extração do petróleo ¹	358,98 *	1,09%
Extração do Gás Natural ¹	1.601,90 **	4,87%
Refino - Produção de nafta ¹	634,26	1,93%
Processamento do Gás Natural ¹	1.402,70	4,26%
Produção de eteno ¹	17.700,00	53,79%
Produção de resina de PEBD ¹	9.470,00	28,78%
Extrusão ²	1.735,99	5,28%
TOTAL	32.903,83	100,00%

1- Fonte: Franklin Associates (2011) 2 – Fonte: Fábrica 3

*Quantidade para produzir 1t de Eteno: 830Kg

**Quantidade para produzir 1t de Eteno: 186Kg

Tabela 4.4 – Resumo dos valores de EI encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD produzidos com MPP

MATERIAL	EI (MJ /kg)
Chapa de alumínio	88,92
Perfis de alumínio	93,44
Chapa de PEBD	32,90

Em relação às ECO_2 para a produção das chapas e perfis de alumínio, a maior parte das emissões ocorre nas etapas de produção da Alumina e do Alumínio primário, correspondendo a 74,70% do total para os perfis e 91,69% para a chapa.

Segundo Brasil (2006), isso ocorre porque as emissões de CO_2 acontecem na eletrólise do óxido de alumínio, que produz o alumínio fundido, durante a produção de energia gerada por combustíveis fósseis e na produção de eletricidade utilizada no processo de fundição. Nas tabelas 4.5 e 4.6 são apresentados os valores de ECO_2 encontrados para a chapa e perfis de alumínio.

Tabela 4.5 - Emissões de CO_2 para a produção da chapa de alumínio com MPP

EMISSIONES DE CO_2 - CHAPA DE ALUMÍNIO (MPP)		
ETAPA	Kg CO_2 / t	
Extração da bauxita ¹	12,70	0,65%
Produção de Alumina ²	1.800,00	91,69%
Produção de Alumínio primário ²		
Refusão ³	110,59	5,63%
Preparação de placas ³	39,85	2,03%
Laminação a quente ³	0,00	
Laminação a frio ³	0,00	
TOTAL	1.963,14	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: Brasil (2006) 3 – Fonte: Fábrica 1

Observa-se também uma diferença de 446,48 Kg CO_2 /kg nas emissões para a produção das chapas em relação às emissões para a produção dos perfis de alumínio. Isso se dá porque a quantidade de combustível utilizada na refusão e extrusão dos perfis é maior que a utilizada nas etapas correspondentes de produção das chapas, além do que, o FE do GLP é maior que o do gás natural.

Tabela 4.6 - Emissões de CO₂ para a produção do perfil de alumínio com MPP

EMISSIONES DE CO₂ - PERFIS DE ALUMÍNIO (MPP)		
ETAPA	Kg CO₂ / t	
Extração da bauxita ¹	12,70	0,53%
Produção de Alumina ²	1800,00	74,70%
Produção de Alumínio primário ²		
Refusão ³	477,54	19,82%
Extrusão ³	119,38	4,95%
TOTAL	2.409,62	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: Brasil (2006) 3 – Fonte: Fábrica 2

No caso da chapa de PEBD, a maior parte das emissões de CO₂ ocorre na produção de eteno, com 90,46% do total. Comparando-se a média dos valores de emissões de CO₂ encontrados para o alumínio, igual a 2.186,38 Kg CO₂/t, com o quantitativo de emissões de CO₂ para a chapa de PEBD, observa-se que o mesmo corresponde a 32,76% do valor para o alumínio. Na Tabela 4.7 é apresentado o valor de ECO₂ encontrado para a produção da chapa de PEBD com MPP.

Comparando-se a média dos valores de ECO₂ encontrados para o alumínio, igual a 2,18 kg CO₂ /kg, com o valor apresentado por Tavares (2006), 1,6 kg CO₂ /kg, observa-se uma diferença de 26,60%. Na Tabela 4.8 é apresentado um resumo dos valores de ECO₂ encontrados para a chapa e perfis de alumínio e para o PEBD.

Tabela 4.7 - Emissões de CO₂ para a produção da chapa de PEBD com MPP

EMISSÕES DE CO₂ - CHAPA DE PEBD (MPP)		
ETAPA	Kg CO₂ / t	
Extração do petróleo ¹	0,20	0,03%
Extração do Gás Natural ¹	14,11	1,97%
Refino - Produção de nafta ¹	0,05	0,01%
Processamento do Gás Natural ¹	43,99	6,14%
Produção de eteno ¹	648,00	90,46%
Produção de resina de PEBD ¹	10,00	1,40%
Extrusão ²	0,00	0,00%
TOTAL	716,35	100,00%

1- Fonte: Franklin Associates (2011) 2 – Fonte: Fábrica 3

Tabela 4.8 – Resumo dos valores de ECO₂ encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD produzidos com MPP.

MATERIAL	Kg CO₂/kg
Chapa de alumínio	1,96
Perfis de alumínio	2,40
Chapa de PEBD	0,71

Na sequencia, serão apresentados os valores obtidos de EI e ECO₂ para a produção de 1 tonelada de chapa de alumínio, de PEBD e de perfis de alumínio fabricados com MPS. O valor da EI encontrado para a chapa de alumínio produzida com 80%* de MPS, igual a 22.058,40 MJ/t, corresponde a 24,80% do valor da EI para a produção da chapa somente com MPP. Houve portanto, uma redução de 75,19% na EI para o produto reciclado.

Na Tabela 4.9 são apresentados os valores de entrada de energia para a produção da chapa de alumínio com MPS.

* Porcentagem de sucata utilizada na carga de fundição pela fábrica Novelis.

Para os perfis reciclados também ocorreu redução nos valores da EI, na ordem de 76% (Tabela 4.10). Apesar da quantidade de matéria-prima secundária utilizada para os perfis – 85%* - ter sido maior do que a utilizada para as chapas, o maior valor encontrado para a EI final, 22.383,68MJ/t, deve-se principalmente à utilização, nas etapas de refusão e preparação para a laminação/extrusão, de fornos com diferentes tecnologias, consumo e tipo de combustível utilizado.

Tabela 4.9 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de alumínio com MPS

ENTRADAS - CHAPA DE ALUMÍNIO (MPS)									
ETAPA	Energia elétrica (kwh/t)	Gás natural (Nm³/t)	Óleo combustível (kg/t)	Óleo diesel (kg/t)	Carvão mineral (kg/t)	Coque de petróleo (kg/t)	Piche (kg/t)	TOTAL MJ/t	
Extração da bauxita ¹	2,00	0,0004	0,26	1,2	_____	_____	_____	69,32*	0,31%
Produção de Alumina ²	59,00	0,85	19,00	_____	16,82	0,74	_____	1.352,05	6,13%
Produção de Alumínio primário ²	3174,87	0,73	7,42	_____	_____	80,47	25,00	15.375,37	69,70%
Trituração. Prensagem, enfardamento ³	90,59	_____	_____	_____	_____	_____	_____	326,12	1,48%
Refusão ⁴	0,05	55,50	_____	_____	_____	_____	_____	1.971,54	8,94%
Preparação de placas ⁴	210,00	20,00	_____	_____	_____	_____	_____	1.466,40	6,65%
Laminação a quente ⁴	206,00	_____	_____	_____	_____	_____	_____	741,60	3,36%
Laminação a frio ⁴	210,00	_____	_____	_____	_____	_____	_____	756,00	3,43%
TOTAL	3.952,51	77,08	26,68	1,20	16,82	81,21	25,00	22.058,40	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: BEN (2011) 3 – Fonte: Fábrica 4 (2011) 4 – Fonte:Fábrica 1 (2011)

* Considerando-se 2,41t de Bauxita.

* Porcentagem de sucata utilizada na carga de fundição pela fábrica Alubillets.

Tabela 4.10 – Entradas de Energia para fabricação do perfil de alumínio com MPS.

ENTRADAS - PRODUÇÃO DOS PERFIS DE ALUMÍNIO (MPS)										
ETAPA	Energia elétrica (kwh/t)	Gás natural (m³/t)	Óleo combustível (kg/t)	Óleo diesel (kg/t)	Carvão mineral (kg/t)	Coque de petróleo (kg/t)	Piche (kg/t)	GLP (Kg/t)	TOTAL (MJ/t)	
Extração da bauxita ¹	1,5000	0,0003	0,1950	0,9000	—	—	—	—	51,99 *	0,23%
Produção de Alumina ²	44,25	0,64	14,25	—	12,61	0,56	—	—	1.014,04	4,53%
Produção de Alumínio primário ²	2.381,15	0,55	5,57	—	—	60,35	18,75	—	11.531,53	51,52%
Trituração. Prensagem, enfardamento ³	90,59	—	—	—	—	—	—	—	326,12	1,46%
Refusão ⁴	—	—	—	—	—	—	—	160,00	7.568,00	33,81%
Extrusão ⁴	—	—	—	—	—	—	—	40,00	1.892,00	8,45%
TOTAL	2.517,49	1,182	20,01	0,90	12,61	60,9075	18,75	200,00	22.383,68	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: BEN (2011) 3 –Fonte: Fábrica 4 (2011) 4 – Fonte: Fábrica 2 (2011)

* Considerando-se 2,41t de Bauxita.

Calderoni (2003) afirma que a redução de energia, utilizando-se matéria-prima secundária para a produção de alumínio, é de aproximadamente 95%. Hendriks (2007) diz que o processo de reciclagem do alumínio consome apenas de 5% a 10% da energia necessária para produzir o material com MPP. No entanto, esses valores podem variar de acordo com a porcentagem de sucata utilizada na carga de fundição.

Essa porcentagem é determinada pela indústria de fundição de acordo com a disponibilidade de sucata da mesma liga e qualidade dessa sucata. A adição de alumínio primário é sempre necessária para que o material fundido apresente as quantidades padrão de cada componente químico, especificadas em norma, para cada tipo de liga.

Como as porcentagens de sucata consideradas para os cálculos realizados neste trabalho foram as utilizadas pelas indústrias pesquisadas, 80% para as chapas e 85% para os perfis, a redução de energia para a produção dos materiais reciclados, logicamente, foi menor do que a apresentada por Calderoni (2003).

Comparando-se a média dos valores encontrados, 22,22MJ/kg, ao apresentado por Tavares (2006) para o alumínio reciclado, igual a 17,30MJ/kg, há uma diferença de 22,14%. Supõe-se que essa diferença deva-se a fatores já citados, relacionados à liga considerada, tecnologia e maquinário utilizados na refusão e extrusão / laminação.

Em relação à chapa de PEBD, o valor obtido para sua produção com MPS foi 2.901,06 MJ/t, que representa 8,81% do valor para a produção da chapa com MPP. Diferentemente do alumínio, a reciclagem do PEBD não necessita de MPP para a composição do material reciclado, utilizando-se exclusivamente resíduos da mesma resina.

Na Tabela 4.11 são apresentados os valores de entrada para a produção da chapa de PEBD com MPS e na Tabela 4.12 um resumo dos valores de EI encontrados para os materiais fabricados com MPS.

Tabela 4.11 – Entradas de Energia para fabricação da chapa de PEBD com MPS.

ENTRADAS - PRODUÇÃO DA CHAPA DE PEBD (MPS)		
ETAPA	Energia elétrica (kwh/t)	Fonte
Moagem	23,00	Fábrica 5
Lavagem	6,66	Fábrica 5
Decantação	1,60	Fábrica 5
Secagem	6,66	Fábrica 5
Granulação	285,71	Fábrica 5
Extrusão	482,22	Fábrica 3
TOTAL	805,85	
TOTAL MJ/t	2901,06	

Tabela 4.12 – Resumo dos valores de EI encontrados para chapa e perfis de alumínio e chapa de PEBD com MPS.

MATERIAL	EI (MJ /kg)
Chapa de alumínio	22,06
Perfis de alumínio	22,38
Chapa de PEBD	2,90

Na Tabela 4.13 são apresentadas as porcentagens de redução de EI para os materiais reciclados em relação aos materiais produzidos com MPP.

Tabela 4.13 – Porcentagem de redução dos valores de EI para os materiais reciclados em relação aos produzidos com MPP.

MATERIAL	Redução da EI
Chapa de alumínio	75,19%
Perfis de alumínio	76,04%
Chapa de PEBD	91,18%

Semelhante ao ocorrido com os valores de EI, também houve redução nos valores encontrados para as ECO₂ na produção dos materiais reciclados. O valor encontrado para as chapas de alumínio recicladas teve uma redução de 73,86% e para os perfis, a redução foi de 63,94. A redução média das emissões de CO₂ para o alumínio, portanto, foi de 68,90%. Nas Tabelas 4.14 e 4.15 são mostrados os valores de ECO₂ para as chapas e perfis de alumínio produzidos com MPS.

A menor redução no valor das ECO₂ para os perfis reciclados, em relação à chapa, ocorre pelo mesmo motivo citado como causador dessa diferença para a produção dos materiais com MPP.

Tabela 4.14 – Emissões de CO₂ para a produção de 1 tonelada de chapa de alumínio com MPS.

EMISSIONES DE CO₂ - CHAPA DE ALUMÍNIO (MPS)		
ETAPA	Kg CO ₂ / t	
Extração da bauxita ¹	2,54	0,50%
Produção de Alumina ²	360,00	70,18%
Produção de Alumínio primário ²		
Trituração, prensagem, enfiamento ³	0,00	—
Refusão ⁴	110,59	21,56%
Preparação de placas ⁴	39,85	7,77%
Laminação a quente ⁴	0,00	0,00%
Laminação a frio ⁴	0,00	—
TOTAL	512,98	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: Brasil (2006) 3 – Fonte: Fábrica 4 4– Fonte: Fábrica 1

Tabela 4.15 – Emissões de CO₂ para a produção de 1 tonelada de perfis de alumínio com MPS

EMISSIONES DE CO₂ - PERFIS DE ALUMÍNIO (MPS)		
ETAPA	Kg CO ₂ / t	
Extração da bauxita ¹	1,9050	0,22%
Produção de Alumina ²	270,00	31,08%
Produção de Alumínio primário ²		
Trituração. Prensagem, enfardamento ³	0,00	0,00%
Refusão ⁴	477,54	54,96%
Extrusão ⁴	119,38	13,74%
TOTAL	868,83	100,00%

1- Fonte: IAI (2007) 2 – Fonte: Brasil (2006) 3 – Fonte: Fábrica 4 4 – Fonte: Fábrica 2

Quanto às emissões para a produção da chapa de PEBD reciclada, houve uma redução de 100%, pois, todo o maquinário utilizado no processo de reciclagem é movido a energia elétrica gerada por hidroeletricidade, cujas emissões são consideradas nulas. Na Tabela 4.16 é apresentado o resumo das reduções de emissões de CO₂ para os materiais produzidos com MPS.

Tabela 4.16 – Porcentagem de redução dos valores de ECO₂ para os materiais reciclados.

MATERIAL	Redução da EI
Chapa de alumínio	73,86%
Perfis de alumínio	63,94%
Chapa de PEBD	100,00%

Aplicando-se os valores de EI e ECO₂ encontrados para cada kg dos materiais que compõem o painel de ACM, produzidos com MPP e MPS, aos valores de massa dos materiais no sistema, foi possível obter os valores totais para a UF produzida com MPP e MPS.

Na Tabela 4.17 é indicada a representatividade de cada tipo de material em relação à massa total da UF. Como a massa dos parafusos representa somente 2,47% do total, portanto desprezível em relação à massa dos demais materiais, desconsiderou-se a participação dos mesmos nos valores finais obtidos.

Tabela 4.17 – Porcentagem de participação dos componentes, por tipo de material, em relação à massa total da UF.

MATERIAL	% em relação à massa total
Chapas e perfis de alumínio	63,31%
Chapa de PEBD	34,22%
Parafusos	2,47%

O valor de EI encontrado para a UF produzida com MPP foi de 542,81 MJ, e para a UF produzida com MPS foi de 118,70 MJ, conforme mostrado nas Tabelas 4.18 e 4.19.

O valor da EI para a UF com material reciclado representa 21,86% do valor da EI para o sistema com MPP, ou seja, houve uma redução de 78,13%. Conseqüentemente, houve redução nas ECO₂ de 12,67 KgCO₂ para 3,34 KgCO₂ no sistema com material reciclado, representando uma queda de 73,63%. Nas figuras 5.1 e 5.2 são mostradas as retas de redução da EI e das ECO₂ para a UF com MPS.

Tabela 4.18 – Valores totais de EI e ECO₂ para a UF com ACM produzida com MPP.

EI e ECO₂ EM 1M² DE FACHADA COM ACM (MPP)						
COMPONENTE	Massa (kg)	M unit. / M total	EI (MJ/kg)	ECO ₂ (kg CO ₂ /kg)	EI da UFF (MJ)	ECO ₂ da UFF (kg CO ₂)
Chapa de alumínio inferior	1,4	18,20%	88,92	1,96	124,49	2,74
Chapa de alumínio superior	1,4	18,20%	88,92	1,96	124,49	2,74
chapa de polietileno	2,7	35,09%	32,90	0,71	88,83	1,92
Perfil TG-002	2,036	26,46%	93,44	2,40	190,24	4,89
Cantoneira CT-007	0,075	0,97%	93,44	2,40	7,01	0,18
Cantoneira CT-014	0,083	1,08%	93,44	2,40	7,76	0,20
TOTAL	7,694	100,00%	—	—	542,81	12,67

Tabela 4.19 – Valores totais de EI e ECO₂ para a UF com ACM produzida com MPS.

EI e ECO₂ EM 1M² DE FACHADA COM ACM (MPS)						
COMPONENTE	Massa (kg)	M unit. / M total	EI (MJ/kg)	ECO ₂ (kg CO ₂ /kg)	EI da UFF (MJ)	ECO ₂ da UFF (kg CO ₂)
Chapa de alumínio inferior	1,4	18,20%	22,06	0,51	30,88	0,72
Chapa de alumínio superior	1,4	18,20%	22,06	0,51	30,88	0,72
chapa de polietileno	2,7	35,09%	2,9	0,00	7,83	0,00
Perfil TG-002	2,036	26,46%	22,38	0,87	45,57	1,77
Cantoneira CT-007	0,075	0,97%	22,38	0,87	1,68	0,07
Cantoneira CT-014	0,083	1,08%	22,38	0,87	1,86	0,07
TOTAL	7,694	100,00%	—	—	118,70	3,34

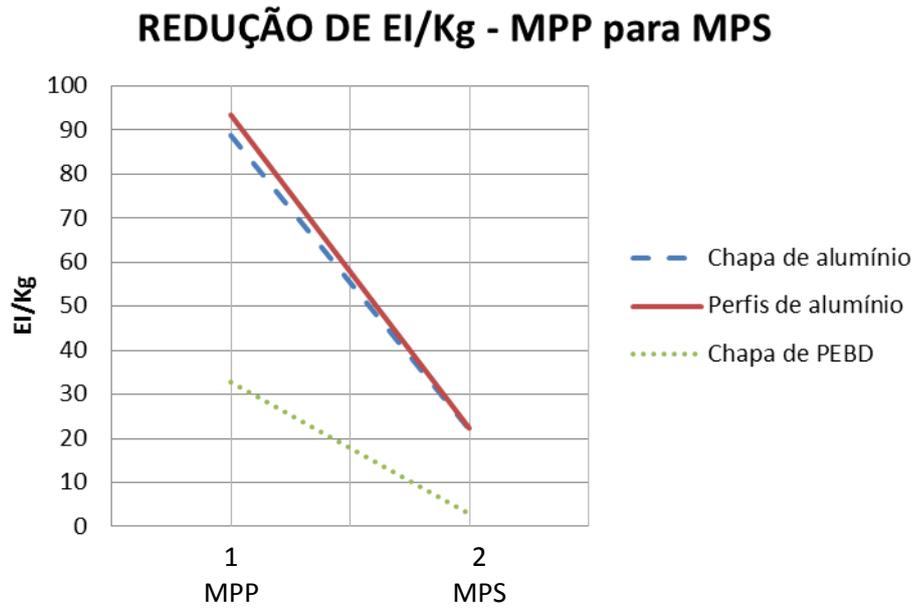


Figura 4.1– Gráfico demonstrativo de redução da EI para a UF com ACM, produzida com MPS

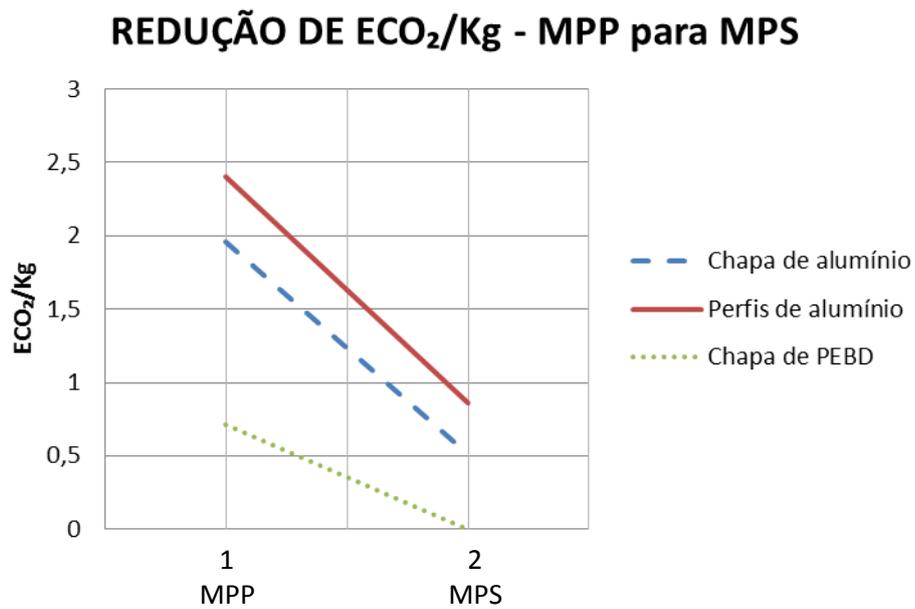


Figura 4.2– Gráfico demonstrativo de redução das ECO₂ para a UF com ACM, produzida com MPS

4.2 Resultados da Etapa 2

Os dados obtidos das respostas aos questionários serão apresentados na seguinte ordem: **Grupo 1** - empresas que executam fachadas de ACM; **Grupo 2** - cooperativas de coletores; **Grupo 3** - empresas comercializadoras de recicláveis e **Grupo 4** - SLU e catadores do Aterro do Jóquei.

4.2.1 Resultados do Grupo 1 – Empresas executoras de fachadas de ACM

Por meio das respostas às questões aplicadas, foi possível constatar que: 67% das empresas entrevistadas, além de executarem fachadas de ACM, fabricam também esquadrias de alumínio; apenas 17% tem as fachadas de ACM como principal atividade e 67% delas atuam no ramo há menos de 10 anos.

De acordo com os números informados pelos entrevistados, a média total estimada de instalação de fachadas por mês varia de 13.000 a 15.000 m², considerando-se as empresas que informaram esse dado.

Quanto ao local e maquinário utilizado na usinagem dos painéis, 50% delas responderam que realizam a usinagem dos painéis tanto em obra quanto em fábrica própria com maquinário manual, os outros 50% estão divididos igualmente entre empresas em que a usinagem é feita em obra e fábrica, com maquinário manual e seccionadora vertical, somente em obra com maquinário manual e somente em fábrica com seccionadora vertical.

Trabalhos realizados na seccionadora vertical resultam num produto de melhor qualidade, devido à precisão no corte e na fresa e garantem maior produtividade. Quando a usinagem é feita em obra, a destinação dos resíduos gerados pode ser de responsabilidade da construtora que contrata o serviço ou do executor da fachada, dependendo do acordo entre as partes.

Foi solicitado aos entrevistados que identificassem os principais resíduos gerados nas etapas de usinagem dos painéis e instalação das fachadas, separadamente, bem como o destino dado a eles.

Na Tabela 4.20 são mostrados os principais resíduos identificados por cada empresa, gerados na etapa de usinagem dos painéis, e seus respectivos destinos. Observa-se que 40% dos tipos de resíduos são totalmente reaproveitados ou vendidos para reciclagem e os demais são descartados em quase todos os casos.

Tabela 4.20 - Resíduos gerados na etapa de usinagem dos painéis de ACM e suas destinações.

RESÍDUOS DA USINAGEM DO ACM						
RESÍDUO	DESTINAÇÃO					
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6
PEDAÇOS GRANDES DE ACM	Fabricação de brinquedos e outras obras	Guardados p/ uso posterior	Confeção de cxs. (correspondência e ferramentas)	Parte guardada, parte vendida p/ recicl.	Guardados p/ uso posterior	Calço p/ estrutural glazing
RETALHOS DE ACM	Descartados	Descartados	Descartados	Acima de 10cm vendidos p/ recicl.	Descartados	Calço p/ estrutural glazing
CAVACO (granulado gerado na fresa)	Descartado	Descartado	Vendido ao fornecedor	Descartados	Descartado	Descartado
PEDAÇOS DE PERFIL DE ALUMÍNIO (cantoneiras)	Vendidos	Devolvidos ao fornecedor	Vendidos ao fornecedor	Vendidos	Vendidos	————
PONTA DE REBITE	————	————	————	Descartados	Descartados	————

LEGENDA: E1 – Empresa 1 E2 – Empresa 2 E3 – Empresa 3 E4 – Empresa 4 E5 – Empresa 5

Nas Figuras 4.3 e 4.4 podem ser visualizados resíduos em forma de granulado e retalhos de ACM.



Figura 4.3 – Granulado gerado na fresa dos painéis de ACM



Figura 4.4 – Retalhos de painel de ACM

Quanto à estimativa média diária da quantidade desses resíduos gerados, como nenhuma das empresas entrevistadas realiza o seu controle, não há informação documentada. Algumas conseguiram informar uma estimativa média diária ou mensal da quantidade de granulado gerado. Na Tabela 4.21 são mostrados os quantitativos informados. Para uniformização dos dados, os quantitativos diários foram convertidos em kg/mês, considerando-se dias úteis semanais.

Tabela 4.21 - Quantidade de granulado gerado na usinagem dos painéis de ACM.

RESÍDUOS DA USINAGEM DO ACM	
quantidade granulado (kg/mês)	
E 1	360 kg
E 2	—
E 3	160 a 320 kg
E 4	800 kg *
E 5	30 kg
E 6	—
TOTAL	1.350 a 1.510

LEGENDA: E1 – Empresa 1 E2 – Empresa 2 E3 – Empresa 3 E4 – Empresa 4 E5 – Empresa 5

A empresa 4 também informou a quantidade gerada de pontas de rebite, que chega a mais de mil peças por dia e de pedaços de perfis, que em época de produção normal, chega a 10mil T/mês.

Na etapa de instalação das fachadas, os resíduos identificados por cada empresa bem como a respectiva destinação, estão elencados na Tabela 4.22 onde é possível constatar que 89% dos tipos de resíduos são descartados, considerando-se o descarte como o depósito em contêineres de empresas coletoras de resíduos ou em sacos de lixo recolhidos pelo serviço público de coleta, os quais se encarregam do destino final.

Da mesma forma que os resíduos da usinagem, as empresas não têm dados sobre a quantidade média diária de resíduos gerados na etapa de instalação das fachadas.

*Não foi computada a quantidade de granulado gerado pelo maquinário manual devido a informações incompletas

No entanto a empresa 3, baseada na média de sua produção mensal, informou gerar aproximadamente 3.000m² de película protetora, de 10 a 15 embalagens de 1L de álcool e de 2.000 a 4.000 m lineares de fita crepe. De fato, a quantidade de película protetora gerada está diretamente ligada à quantidade, em m², de painéis instalados.

Tabela 4.22 – Resíduos gerados na etapa de instalação das fachadas e suas destinações.

RESÍDUOS DE INSTALAÇÃO DAS FACHADAS						
RESÍDUO	DESTINAÇÃO					
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6
PELÍCULA PROTETORA (filme adesivo))	Descartada	Descartada	Descartada	Descartada	Descartada	Descartada
TUBOS DE SILICONE	Descartados	_____	_____	Descartada	_____	Descartados
PARAFUSOS	Descartados	_____	_____	Descartada	_____	_____
PEDAÇOS DE PERFIL DE ALUMÍNIO	_____	Devolvidos ao fornecedor	_____	_____	Vendidos	_____
FITA CREPE	_____	Descartada	Descartada	_____	_____	_____
TECIDO DE ALGODÃO	_____	Descartado	_____	_____	_____	_____
EMBALAGEM DE ÁLCOOL ISOPROP.	_____	Descartada	_____	_____	_____	_____
RECORTES DE TARUCEL	_____	_____	_____	Descartados	_____	_____
RETALHOS DE ACM	_____	_____	Descartados	_____	Descartados	_____

LEGENDA: E1 – Empresa 1 E2 – Empresa 2 E3 – Empresa 3 E4 – Empresa 4 E5 – Empresa 5

Sobre a porcentagem de perda do ACM, 67% das empresas estimaram que as perdas ficam entre 10 e 15%, e o principal motivo causador de perdas, apontado por todos os entrevistados, são os projetos mal elaborados, que não fazem compatibilização adequada entre as medidas da fachada e as medidas comerciais dos painéis. Na Tabela 4.23 estão elencados os motivos apontados pelos entrevistados.

Quando questionados sobre a reciclagem do ACM, 83% dos entrevistados responderam não ter conhecimento de empresas que fazem a reciclagem, nem sobre a existência de algum processo, mecanizado ou químico de delaminação do compósito.

Tabela 4.23- Fatores apontados pelas empresas como causadores de perdas do ACM

MOTIVOS CAUSADORES DE PERDAS DO ACM
✓ Projetos mal elaborados
✓ Imperícia da mão-de-obra
✓ Imprecisão na aferição de medidas
✓ Falhas na execução
✓ Assentamento dos painéis no sentido incorreto
✓ Especificação de cores de difícil reposição

Apenas uma das empresas vende pedaços maiores que 10cm a um coletor de resíduos que os leva para São Paulo. Segundo informações do coletor, são vendidos a uma pessoa que faz a delaminação utilizando maçarico. Depois de separados, o alumínio é vendido a indústrias de fundição e o PEBD é moído e vendido para reciclagem.

Nenhuma das empresas entrevistadas possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos mas 67% delas possuem parcerias com empresas comercializadoras de recicláveis ou cooperativas de coletores.

4.2.2 Resultados do Grupo 2 – Cooperativas de coletores

Os dados coletados serão apresentados em tabelas por assuntos abordados nas questões. Na Tabela 4.24 encontram-se listados os resultados dos questionamentos sobre a instituição, na Tabela 4.25 os resultados das questões relacionadas aos resíduos e na Tabela 4.26 os resultados das perguntas sobre o ACM e parcerias comerciais.

A Cooperativa 2 informou ainda que trabalha juntamente com uma outra Cooperativa que foi criada para reciclar os RSCD coletados por ela. No entanto, a atividade de reciclagem ainda não está em funcionamento devido as áreas destinadas a esse fim não estarem devidamente licenciadas.

Tabela 4.24 - Definição e atividades realizadas pelas Cooperativas

COOPERATIVAS	DEFINIÇÃO	ATIVIDADES RELACIONADAS A RSCD	UTILIZAÇÃO DE TABELA DE PREÇOS
C 1	Central de cooperativas, possui 23 cooperativas associadas	A associada PLASFERRO faz separação de RSCD no Lixão	Não. Quem compra estabelece o preço
C 2	Central de cooperativas, possui 15 cooperativas associadas.	Faz coleta de todo tipo de RSCD	Questão não aplicada

LEGENDA: C1 – Cooperativa 1 C2 – Cooperativa 2

Quanto aos resíduos plásticos e metálicos, a C2 informou que, em alguns casos, a construtora separa os resíduos e os encaminha diretamente a empresas de reciclagem, por isso nem chegam aos contêineres. Apesar de não haver estimativa da quantidade coletada mensalmente desse tipo de material, especificamente, há estimativa do volume total de RSCD coletado pelas cooperativas associadas à Central diariamente, que é de 4.500 t.

Quanto aos resíduos de ACM, a C1 afirmou que não chegam às cooperativas porque provavelmente são vendidos pelas construtoras diretamente às empresas comercializadoras de recicláveis. A C2 citou o fato dos motoristas dos caminhões, que coletam os contêineres, venderem os resíduos metálicos antes que cheguem ao Lixão.

Quando indagado sobre o conhecimento de um suposto processo de delaminação praticado pelos catadores no Lixão, o entrevistado da C1 disse acreditar que se trata de uma atividade esporádica, e não acredita que grande volume de resíduos de ACM seja despejado no Lixão.

Nas Tabelas 4.25 e 4.26 constam informações prestadas pelas instituições entrevistadas, relacionadas aos resíduos que trabalham, sobre o ACM e parcerias comerciais.

Tabela 4.25 - Informações das Cooperativas relacionadas aos resíduos que trabalham.

QUESTÕES	COOPERATIVAS	
	C 1	C 2
RESÍDUOS QUE TRABALHA	Ferro, alumínio, papelão, plásticos, latas	Todo tipo de RSCD
LOCAIS DE COLETA	Lixão (Aterro do Jóquei)	Obras civis em todo DF, exceto Planaltina
TRANSPORTES UTILIZADOS	Caminhões 3/4	Caminhões para 15T com poliguindaste
DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS	Vendidos a emp. comercializadoras de recicláveis	Lixão (Aterro do Jóquei)
PRÉ - SELEÇÃO NA FONTE	Não há.	Em geral não há, somente em grandes construtoras
REALIZA SEPARAÇÃO	Sim, manual	Não
PROCEDIMENTOS P/ METAIS E PLÁSTICOS	Somente separados, algumas cooper. prensam	Depositados no aterro
ESTIMAT. T/MÊS PLÁSTICOS E METAIS COLET.	Não há dados específicos.	Não há dados específicos.

Tabela 4.26 - Informações das Cooperativas sobre o ACM e parcerias comerciais

QUESTÕES	COOPERATIVAS	
	C 1	C 2
CONHECIMENTO SOBRE O ACM	Sim	Já viu mas não tem informação
CONTATO C/ RESÍDUOS DE ACM	Não chegam até as cooperativas	Misturados vão ao lixão ou podem ser vendidos por motoristas
PARCERIA C/ OUTRAS INSTITUIÇÕES	Comercial. de recicláveis CIMA, RENOVE, CAPITAL	Várias como SEBRAE, SENAI, SINDUSCON, CENTCOOP
PARCERIA C/ EMPRESAS QUE EXECUTAM FACHADAS DE ACM	Não tem. Com tecnologia adequada p/ laminação teriam interesse.	Não tem.

4.2.3 Resultados do Grupo 3 – Empresas comercializadoras de recicláveis

Sobre as atividades realizadas pela empresa e o tipo de material que comercializam, três das quatro empresas entrevistadas responderam que recebem e comercializam apenas metais. Somente uma delas respondeu que recebe metais mas seu foco são papéis e plásticos. Todas elas realizam coleta, seleção, prensagem e enfardamento dos resíduos.

Quanto ao transporte utilizado para coleta, três empresas responderam que utilizam caminhões basculantes com caçamba, sendo que, uma delas também utiliza caminhões com carroceria. A empresa que utiliza caminhões poliguindaste deixa seus contêineres nos locais de coleta e após 15 a 20 dias faz o recolhimento.

Em relação aos resíduos em geral, 50% das empresas responderam que eles já chegam pré-selecionados, mas todas realizam uma classificação após o recebimento, feita manualmente, onde os metais são separados por tipo (latinhas, perfis, cobre, alumínio, etc.) e os plásticos por cores. Nas figuras 4.5 e 4.6 são mostrados os funcionários realizando a separação manual de metais e plásticos nas empresas entrevistadas.



Figura 4.5 – Classificação manual dos metais



Figura 4.6 – Classificação manual dos plásticos

Sobre o processo de preparação para comercialização de resíduos de plásticos e alumínio, com exceção da etapa de limpeza, presente somente na preparação dos metais, as etapas subsequentes de prensagem e enfardamento são comuns aos dois materiais em todas as empresas entrevistadas. Uma das empresas que comercializa metais realiza também a etapa de trituração, antes da prensagem.

Quanto à forma como são realizados esses procedimentos, manual ou mecanicamente, metade das empresas possuem o processo todo mecanizado, nas outras o processo é misto. Os maquinários utilizados são todos movidos à energia elétrica. Na figura 4.7 é mostrada a sequência de procedimentos adotados na preparação dos resíduos metálicos e plásticos.

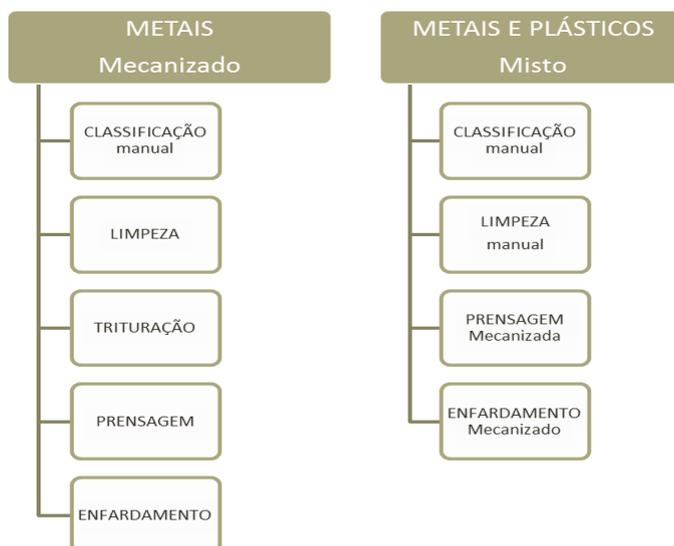


Figura 4.7- Sequência de procedimentos dos processos mecanizado e misto, adotados na preparação de resíduos metálicos e plásticos.

Quando questionados sobre resíduos da usinagem e montagem de fachadas de ACM como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos, rebites e películas adesivas, todos os entrevistados disseram não receber retalhos de ACM por se tratar de um composto. Duas empresas declararam receber parafusos e rebites, mas somente uma declarou comercializar diretamente esse tipo de resíduo. As quatro empresas entrevistadas recebem perfis de alumínio mas apenas três fazem a comercialização direta.

Os adesivos não são recebidos por nenhuma delas, nem pela empresa comercializadora de plásticos, que declarou não haver ainda tecnologia adequada para a reciclagem de papéis e plásticos adesivos.

Sobre a origem desses resíduos, as mais citadas foram obras e construtoras, cooperativas e catadores autônomos e empresas que executam fachadas e outdoors. Quanto ao volume recebido e comercializado mensalmente, as empresas não souberam informar valores específicos relacionados somente aos resíduos em questão.

Em relação ao ACM, quando indagados sobre o conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do painel, dois dos entrevistados disseram não ter conhecimento do material e os outros dois, apesar de já terem tido contato com o material, responderam negativamente à questão.

Quanto ao destino dado aos resíduos preparados, todas as empresas entrevistadas vendem para indústrias de reciclagem fora de Brasília, localizadas, em sua maioria, no Estado de São Paulo, sendo os caminhões tipo carreta os mais utilizados para o transporte.

Finalmente, sobre as parcerias comerciais, somente uma das empresas entrevistadas declarou não possuir parceria com empresa alguma, as demais possuem parcerias com cooperativas de catadores, empresas do mesmo ramo que comercializam outros tipos de resíduos e serralherias. Nenhuma delas possui parceria com empresas que executam fachadas de ACM, mas duas delas cogitaram a possibilidade caso houvesse a disponibilidade de tecnologia adequada para a delaminação do ACM e uma demanda que justificasse o investimento.

4.2.4 Resultados do Grupo 4 – SLU e catadores do Aterro do Jóquei

Segundo o entrevistado, a função do SLU quanto aos RSCD é somente o recolhimento, transporte e a deposição em local adequado dos resíduos depositados de forma irregular em áreas públicas. Quanto aos procedimentos relacionados a esses resíduos, a coleta é realizada em todo o DF, havendo mais de 500 pontos de deposição irregular. O transporte utilizado são caminhões caçamba basculantes e o destino é o Aterro do Jóquei, única área legalizada no DF para recebimento desse tipo de material.

Não existe local específico para deposição de RSCD no DF, ficando esse tipo de resíduo misturado ao lixo comum. Somente os resíduos com maior valor de mercado no momento são separados por catadores informais, o restante é enterrado.

Em relação aos materiais metálicos e plásticos, não existe encaminhamento para reciclagem ou reuso. Os materiais que podem ser separados e têm valor comercial, são vendidos pelos catadores a empresas comercializadoras de recicláveis. Não existem dados específicos sobre a quantidade desse tipo de material coletada mensalmente.

Sobre as propostas para melhoria da gestão de RSCD no DF, foi citada a existência de uma minuta de Projeto de Lei para a regulação dos RSCD que deverá ser votada em breve, cuja implantação demandará a existência de Ecopontos (pontos de entrega) e ATTR`s (Área de Transbordo e Triagem) que realizarão a separação e uma possível reciclagem dos RSCD. Há também outras ações pretendidas como um novo Aterro Sanitário e a gestão de resíduos perigosos.

Quanto às parcerias, nas unidades de triagem e compostagem do SLU trabalham quatro associações de catadores. Há também a indicação de empresas que recebem lixo eletrônico e resíduos de saúde.

Em visita ao Aterro do Jóquei, também conhecido como *Lixão da Estrutural*, foi aplicado um breve questionário a um grupo de catadores informais, com questões sobre resíduos de painel de ACM. Os entrevistados declararam ter conhecimento do material que, segundo eles, é encontrado com frequência no local em grandes quantidades.

Afirmaram também que conseguem obter de 2.000 a 3.000kg de alumínio por semana, provenientes de resíduos de ACM.

Como o material não tem valor para venda como compósito, é realizada a delaminação por aquecimento. O material é colocado no interior de manilhas de concreto* existentes no local, em seguida atea-se fogo. O núcleo de PEBD se transforma em cinzas, restando apenas as lâminas de alumínio. Nas figuras 4.8 e 4.9 são mostrados retalhos de ACM no Aterro do Jóquei e as manilhas utilizadas na delaminação dos retalhos depositados no local.

Além das empresas e instituições entrevistadas, foi efetuado contato telefônico e via e-mail com representantes de três construtoras locais solicitando o agendamento de entrevista.

*Por essas manilhas são expelidos os gases gerados pela decomposição do entulho enterrado.

Uma das construtoras disse deixar a cargo da empresa executora das fachadas a destinação de seus próprios resíduos, outra não demonstrou interesse em colaborar, e a terceira não respondeu aos questionamentos enviados.



Figura 4.9– Retalhos de ACM no Aterro do Jóquei



Figura 4.8 – Manilha utilizada na delaminação dos retalhos de ACM

Através da análise dos dados obtidos por meio dos questionários, foi possível desenhar o fluxo dos agentes participantes no processo de reciclagem dos resíduos gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas, bem como o fluxo desses resíduos.

Os primeiros agentes a figurar no processo são as empresas que executam as fachadas de ACM. Elas são as geradoras dos resíduos, em sede própria ou no canteiro de obras. Os próximos agentes são os coletores desses resíduos, que podem ser coletores individuais, empresas de coleta via contêiner, empresa de coleta pública, as próprias empresas comercializadoras de recicláveis que fazem coleta diretamente e os catadores do Aterro do Jóquei.

Em seguida, surgem os comercializadores de recicláveis e o delaminador de ACM, que preparam os materiais para serem reaproveitados como matéria-prima secundária. Por fim, os últimos agentes do processo são as indústrias de fundição e reciclagem, para os resíduos reaproveitados, e o Aterro do Jóquei, para os resíduos definitivamente descartados. Na figura 4.10 é mostrado o fluxo dos agentes participantes no processo de reciclagem dos resíduos gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas, bem como o fluxo desses resíduos .

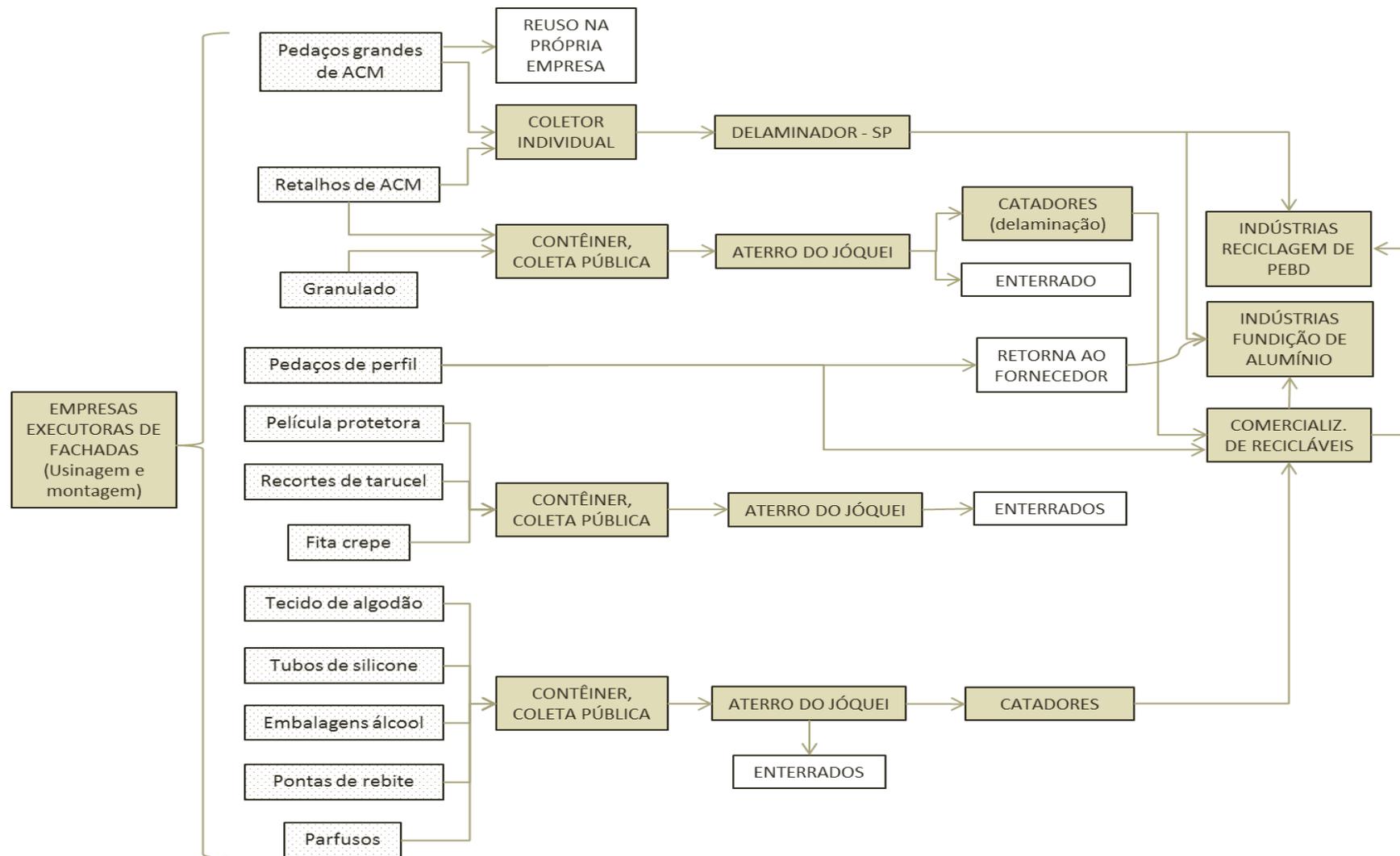


Figura 4.10 - Fluxo dos resíduos e dos agentes participantes no processo de reciclagem dos resíduos, gerados nas etapas de usinagem dos painéis de ACM e instalação das fachadas.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho contribui para os estudos do desempenho energético-ambiental de fachadas, por meio do levantamento de EI e ECO_2 em fachadas com ACM, tendo como foco a reciclagem, ou seja, considerando-se a MPP e a MPS. Algumas conclusões obtidas são apresentadas a seguir.

5.1 Cumprimento dos Objetivos propostos

O objetivo geral deste trabalho foi cumprido através do levantamento de informações necessárias à análise energético-ambiental das fachadas com ACM, como a obtenção dos valores de EI e ECO_2 para uma UF, considerando-se a reciclagem, e o desenho do fluxo de resíduos gerados, em Brasília, como consequência da execução das fachadas, bem como os agentes envolvidos na reciclagem desses resíduos.

O primeiro e o segundo objetivo específico cumpriram-se pela aplicação da Etapa 1, quando foram obtidos todos os valores propostos de EI e ECO_2 e o terceiro objetivo específico foi cumprido na aplicação da Etapa 2.

5.2 Considerações finais

Após a obtenção dos resultados, serão feitas a seguir algumas considerações sobre a análise energético-ambiental de fachadas com ACM, por etapa do trabalho.

5.2.1 Etapa 1

A produção da fachada com ACM utilizando MPS consome 78,13% menos energia e emite 73,63% menos CO_2 do que a produção com MPP. Isso revela a importância da reciclagem considerando-se fatores como a economia no consumo de MPP, que demanda a extração de recursos naturais, economia de energia e diminuição das ECO_2 .

Deve-se incentivar a comercialização de painéis de ACM produzidos com materiais reciclados, visto que a reciclagem dos perfis de alumínio já é uma prática corrente no Brasil por ser vantajosa financeiramente para os geradores de sucata, que a utilizam como moeda de troca.

Apesar da energia consumida para a produção das chapas de PEBD representar praticamente um terço da consumida para a produção dos materiais de alumínio, a redução da EI para a chapa de PEBD produzida com MPS foi 17,07% maior que a redução média de EI dos materiais de alumínio produzidos com MPS.

Sendo assim, a reciclagem da chapa de polietileno também é muito importante do ponto de vista ambiental, sobretudo quando a energia elétrica utilizada no maquinário é proveniente de hidroeletricidade.

A redução nos valores de EI sempre foram seguidas de redução nos valores de ECO_2 para todos os materiais fabricados com MPS, o que ocorreu, conseqüentemente com a UF. No entanto, observando-se as Figuras 4.1.1 e 4.1.2 que mostram a diminuição da EI e das ECO_2 para os materiais produzidos com MPS, é possível constatar que, para a chapa e os perfis de alumínio, as retas de redução de EI praticamente coincidem e no caso das retas de redução de ECO_2 , apesar de manterem quase a mesma inclinação, há um distanciamento entre elas.

Considerando que até a fase de produção do Alumínio primário foram utilizados os mesmos valores para os dois materiais, no cálculo da EI das chapas considerou-se, a partir da Refusão, a energia elétrica e o gás natural como entradas de energia. Para os perfis foi considerado somente o GLP, utilizado em maior quantidade. Como o PCI do gás natural e do GLP são muito próximos, a diferença no quantitativo de combustíveis foi compensada pela energia elétrica considerada, por isso os valores encontrados foram bem próximos.

No caso das ECO_2 , para o seu cálculo foram computados somente os valores de entrada dos combustíveis. Além do quantitativo do GLP ser maior, seu FE é maior que o do gás natural, o que explica a diferença mais expressiva para os valores das ECO_2 .

Observou-se também que, a sequência de fases nas linhas de produção das chapas e perfis de alumínio, bem como os maquinários utilizados, são diferentes a partir da fase de Refusão, que é comum aos dois materiais.

No entanto, as linhas de produção consideradas para cada um deles utilizam fornos com tecnologias diferentes, cujo consumo e tipo de combustível utilizado são diferenciados.

Portanto, é possível concluir que a diferença nos valores de EI e ECO_2 encontrados entre a chapa e os perfis de alumínio foi influenciada pelas diferenças nas características das linhas de produção dos dois materiais, pela utilização de tecnologias, maquinários e combustíveis diferenciados.

Sendo assim, a atribuição de valores de EI e ECO_2 ao alumínio requer, ao menos, a especificação do tipo de produto final a que está se referindo e a utilização de dados de EI e ECO_2 referentes a qualquer material, requer informações prévias sobre o que foi considerado para a obtenção dos mesmos. A generalização desses valores caracteriza imprecisão nos dados apresentados.

Outro fator de interferência nos resultados finais de EI e ECO_2 por kg de alumínio reciclado é a porcentagem de sucata na carga de fundição o que, conseqüentemente, se reflete nos valores finais da UF fabricada com MPS. Quanto maior essa porcentagem, menores serão os valores de EI e ECO_2 da UF.

É possível que esse seja um dos motivos que justifiquem percentuais de redução de energia encontrados neste trabalho, para os materiais de alumínio produzidos com MPS, menores que as porcentagens de redução afirmadas por alguns autores.

5.2.2 Etapa 2

Nenhuma das empresas entrevistadas possui um programa de reciclagem ou reuso para seus resíduos, gerados tanto na usinagem como na instalação das fachadas, havendo apenas algumas iniciativas de reuso dos resíduos do painel de ACM. No entanto, como são consideradas como geradores de pequenos volumes pela Resolução CONAMA nº 307, cabe ao Poder Público implementar e coordenar a gestão desses resíduos, estabelecendo diretrizes e procedimentos para o exercício das responsabilidades, o que ainda não ocorreu.

Em Brasília todo o RSCD que não é separado no canteiro de obras e vendido a comercializadores de recicláveis, o que só ocorre em obras de construtoras de grande porte, é recolhido em contêiner ou através de coleta pública e destinado ao Aterro do Jóquei. Tudo o que não é recolhido no Aterro pelos catadores que lá atuam, certamente é enterrado.

Dos 12 tipos de resíduos identificados, tanto na fase de usinagem do ACM quanto na instalação das fachadas, 6 são classificados como Classe C pela Resolução CONAMA nº 307 (2002) e os outros 6 como Classe B, dos quais, 5 são descartados por todas as empresas.

Segundo a mesma Resolução, esse tipo de resíduo deveria ser reutilizado ou reciclado ou encaminhado a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo disposto de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. O que ocorre de fato é o encaminhamento desses resíduos a um aterro, que não é específico da construção civil, onde ficam misturados a outros resíduos e só serão reutilizados ou reciclados se forem separados pelos catadores presentes no local.

O mesmo se dá com os resíduos tipo C, que deveriam ser destinados em conformidade com as normas técnicas específicas, quando na realidade, são enterrados no Aterro do Jóquei, com exceção dos retalhos de ACM que são delaminados pelos catadores.

Observa-se, portanto, o completo descumprimento à Resolução CONAMA nº 307 tanto pela destinação inadequada dos resíduos quanto pela ausência do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, que deveria ter sido implementado em julho de 2004.

O granulado gerado na fresa dos painéis é descartado por quase todas as empresas pois, apesar de ser composto por dois materiais recicláveis, não há tecnologia para sua reciclagem estando os materiais aderidos. No entanto, considerando-se as informações dos entrevistados sobre a geração de aproximadamente 1 tonelada e meia mensal desse resíduo, seria interessante que se desenvolvesse alguma forma para seu reuso.

O resíduo de ACM, enquanto compósito, não tem valor comercial pois não é aceito pelas indústrias de reciclagem. Por outro lado, não há no Brasil a delaminação do ACM em escala industrial com maquinários e técnicas adequadas. O processo tem sido feito de

forma rudimentar, utilizando ferramentas e práticas ambientalmente inadequadas, em condições que oferecem perigo aos que o realizam.

Considerando-se que a quantidade de resíduo de filme adesivo de PVC está diretamente relacionada à quantidade instalada de painéis, conclui-se que, com base nas informações prestadas pelas empresas executoras de fachadas entrevistadas, são produzidos entre 13.000 e 15.000 m² de resíduo de filme adesivo por mês, aproximadamente.

Como não há tecnologia desenvolvida para sua reciclagem, tratando-se portanto de um resíduo tipo C, não há valor comercial, levando todo esse montante a ser enterrado mensalmente.

Como o PVC demora centenas de anos para se decompor na natureza, a utilização dessa película adesiva, sob o ponto de vista ambiental, não é uma solução sustentável, sobretudo no contexto de gestão de resíduos em Brasília. Desta forma, deveria ser estudada pelos fabricantes uma outra alternativa de material protetor para os painéis que seja reciclável.

Um maior conhecimento do material por parte dos projetistas das fachadas e melhor interação destes com as empresas executoras de fachadas é fundamental para a diminuição dos resíduos do ACM, pois resultaria em projetos mais bem elaborados e conseqüente minimização das perdas.

Mesmo o poder público não cumprindo o seu papel na gestão dos resíduos da construção civil, medidas por parte das empresas executoras das fachadas, geradoras dos resíduos, poderiam ser tomadas coletivamente, como por exemplo, buscar uma alternativa local para a delaminação dos resíduos de ACM gerados por todas as empresas envolvidas na execução de fachadas em Brasília e o desenvolvimento de formas de reaproveitamento do granulado da fresa dos painéis.

Portanto, considerando-se as fronteiras de análise deste trabalho, sob o ponto de vista energético-ambiental, para que as fachadas com ACM sejam consideradas uma alternativa sustentável, é necessário que seus materiais constituintes sejam fabricados com MPS, visto que 63,31% de sua massa é composta por alumínio, um material com altas taxas de consumo de energia e ECO₂ para a sua produção.

Em relação à sua execução, se não houver uma gestão eficiente dos resíduos gerados nessa fase do seu ciclo de vida, haverá prejuízo ao meio ambiente, visto que, 50% dos resíduos

gerados na montagem e instalação das fachadas com ACM são classificados como Classe C, além do que, boa parte dos resíduos recicláveis não retornarão ao seu ciclo de produção.

5.2.3 Sugestões para trabalhos futuros

Visando a continuidade dos estudos sobre o desempenho energético-ambiental de fachadas, considerando-se a reciclagem e a geração de resíduos ligada à sua execução, são apresentadas as seguintes sugestões:

- Analisar a importância da reciclagem em fachadas compostas por outros materiais que apresentem alto consumo de energia para sua fabricação e altos índices de ECO_2 ;
- Investigar a participação dos transportes nos valores de EI e ECO_2 para as fachadas com ACM;
- Realizar inventário com dados nacionais sobre a produção da resina de PEBD;
- Propor soluções economicamente viáveis para a delaminação do ACM em escala industrial e reciclagem e/ou reuso do granulado gerado na fresa dos painéis;
- Propor solução economicamente viável para a reciclagem do filme de PVC ou pesquisar a utilização de um material reciclável para a proteção dos painéis de ACM;
- Propor um programa de gestão de resíduos voltado para empresas executoras de fachadas;
- Realizar análise quantitativa dos resíduos gerados na fase de instalação das fachadas com ACM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL, **O alumínio: alumínio primário**. Disponível em: <http://www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp>. Acesso em 5 fev. 2012.

ABEYSUNDRA, U.G.Y. et. al. Environmental, economic and social analysis of materials for doors and windows in Sri Lanka. **Building and Environment**, v. 42, n. 5, p. 2141 – 2149, 2007. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 15 ago. 2011.

AGOPYAN V., JOHN V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Editora Blucher, 2011. 5 vol.

ALUMINUM ASSOCIATION. **International alloy designations and chemical composition limits for wrought aluminum and wrought aluminum alloys**. Arlington, 2009. 28 p.

ALUTILE – Aluminium composite panel. **Production line**. Disponível em: <http://www.alutile.com/en/Production-line1.htm>. Acesso em 10 fev. 2012.

ÂNGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico de concretos**. 2005. Tese (Doutorado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ÂNGULO, S. C. et al. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: **seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil**, 5. 2002, São Paulo. Anais: São Paulo: IBRACON/IPEN. 2002. p. 293-307

ARCOWEB, Recomendações técnicas: Painéis de alumínio composto. **Revista Finestra**. Ed. 43, 2005. Disponível em: < <http://www.recomendacoes-tecnicas-fixacao-juntas-01-02-2006.html>>. Acesso em 14 fev. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p

____. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10 p.

____. **NBR ISO 209**: Alumínio e suas ligas. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 4 p.

____. **NBR 15446**: Painéis de chapas sólidas de alumínio e painéis de material composto de alumínio utilizados em fachadas e revestimentos arquitetônicos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 9 p.

____. **NBR 15575**: Desempenho de Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 53 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Relatório de sustentabilidade da indústria do alumínio**. São Paulo: ABAL, 2007.

ASSUNÇÃO, J.V. **Poluição atmosférica**. In: Castellamo E.G., ed. Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998, p. 271-308.

AU. Passada a moda fica o estilo; Tecnologia e materiais. **Revista Arquitetura e urbanismo**. Ed. 120, 2004. Disponível em: < <http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/120/artigo23391-1.asp>>. Acesso em 14 fev. 2011.

BEN – **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010**. Rio de Janeiro: EPE, 2011. 226 p.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para que? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2001. 1v. 139p.

BESSA, V.M.T **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios.** 2010. Tese (Doutorado em engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

BRASIL, Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Brasília, 2010.

BRASIL, Leis. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 307**, de julho de 2002.

BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Mudança do clima 1995: A ciência da mudança do clima.** Brasília: MCT, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Emissões de gases de efeito estufa nos processos industriais e por uso de solventes. Relatórios de referência. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa.** Brasília: MCT, 2006.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético 2011:** banco de dados. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html>. Acesso em 25 jan. 2012.

BRIBÍAN, I. Z. et. al, Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis os energy and environmental impacts and evaluation os the eco-efficiency improvement. **Building and Environment**, v. 46, p 1133-1140, 2010.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo.** São Paulo: Humanitas FFLCH/USP, 2003. 1 v.346 p.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção – Projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CARVALHO, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto.** 2009. 223 p. Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2009.

CHAPMAN, P. F.; ROBERTS F. **Metal resources and Energy.** Londres: Academic Press, 1983.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de qualidade do ar em São Paulo – 2005.** São Paulo: CETESB, 2005, 153 p.

FRANKLIN ASSOCIATES. **Cradle-to-gate life cycle inventory of nine plastic resins and four polyurethane precursors.** Prairie Village, 2011.

GOLDEMBERG, J, VULLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 1v. 226p.

DISTRITO FEDERAL, Decreto nº 29,399, de 14 de agosto de 2008. Regulamenta a Lei nº 3.232, de 03 de dezembro de 2003, e dá outras providências. Brasília, 2008.

HENDRICKS, Ch. F. et. al. **O ciclo da construção.** Brasília: Editora UnB, 2007. 1v. 248p.

HENSTOCK, M.E. **The recycling of non-ferrous metals.** Ottawa: The International Council on Metals and the Environment, 1996. 1v. 342 p.

INOJOSA, F. C. P. **Gestão de resíduos de construção e demolição: a Resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal.** 2010. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Brasília.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. Vol. 2 – Energy. 2006.

INTERNATIONAL ALUMINIUM INSTITUTE. **Life cycle assessment of aluminium: inventory data for the primary aluminium industry**. IAI, 2007.

LAURITZEN, E. K. RLEM, Bulletin: Third International RILEM Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. **Materials and structures**. V. 27, nº 169, 1994.

METALS HANDBOOK, ASM, vol.14. Ohio, 1988. p. 317 a 319.

METZ, B. et al. **Contribution of working group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch6s6-4-14.html>. Acesso em 01 mar. 2012.

MONAHAN, J., POWELL, J. C. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework. **Energy and Buildings**, v. 43, p 179-188, 2011.

MONTANER, J.M. **Depois do movimento Moderno**. Arquitetura da segunda metade do século XX. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2001.

MORAIS, A. E.; SPOSTO, R. M. **Revestimento cerâmico e de granito: estudo preliminar comparativo com foco na energia incorporada**. Universidade de Brasília, 2009.

MULFARTH, R.C.K. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental – Vol 1**. 2002. 64p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NAVARRO, R.F. **Materiais e ambiente**. João Pessoa: Editora universitária/UFPB, 2001 – 180 p.

NABUT NETO, A.C. **Desempenho energético ambiental de fachadas. Estudo de caso do Steel Frame para utilização em Brasília**, 2011. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília.

NETO, J.C.M. **Gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição**. São Carlos: RIMA, 2005. 162 p.

OLIVEIRA, L.A. **Tecnologia de Painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003 (Boletim Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/343).

ORTIZ, P. A. S. **Avaliação técnico econômica de sistemas IGCC utilizando coque de petróleo e carvão mineral como combustível**, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.

PEREIRA, A.P., TAVARES, M. **Regressão Beta para modelagem do rendimento metalúrgico na reciclagem de alumínio**. Associação Brasileira de Estatística – XII EMR. Fortaleza, 2011.

PICKERING, E.R. “Welding aluminum”, **Advanced materials & processes**. vol. 152, n. 4, 1997. P. 29 -30.

PINI. **Alternativas Tecnológicas para Edificações**. São Paulo, Editora Pini, Vol 1, 2008.

PINTO, T. P. **Plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil e volumosos**. Brasília: I&T, 2008.

POPOVIC M.J. – KASANOVIC S. Selection of building materials based upon ecological characteristics: priorities in function of environmental protection. **Spatium International Review**. N° 20, p 23-27, 2009.

PROJETOALUMÍNIO. **Catálogo técnico**, 2011.

REDDY, B.V.V.- JAGADISH K.S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. **Energy and Buildings**. v. 35, p. 129-137, 2001.

ROCHA, E.G.A. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal**. 2006. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília.

ROMAN, A. **Polietileno PEBD Processos de transformação**. São Paulo: Érica, 1997 – 261 p.

RULLI STANDARD, **produtos rígidos**. Disponível em: <<http://www.rullistandard.com.br/rigidos.htm>>. Acesso em 20 de jan. 2012

SCHMITZ, Ch. **Handbook of aluminium recycling**. Essen: Vulkan-Verlag GmbH, 2006. 1v. 457 p.

SINDUSCON-SP - Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo . **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SINDUSCON-SP**. PINTO, T. P. *et al.* São Paulo: Obra Limpa/I&T/SINDUSCON-SP, 2005. 48 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico da gestão e manejo de resíduos sólidos urbanos** – 2008. Ministério de estado das Cidades, 526 p., 2008.

TAVARES, S.F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**, 2006. Tese (Doutorado em engenharia) – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

TÉCHNE. **Instalação de painel de alumínio composto em fachadas**. Como construir, v. 24, ed. 150, 2009.

TÉCHNE. Edifícios envolvidos com metal. Ed. 90, 2004.

TORGAL, F. P. A sustentabilidade dos materiais de construção. Vila Verde: Gráfica Vilaverdense, 2010. 1v.

YIN, R.K. Estudo de caso planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001. 1v. 205 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Roteiro básico utilizado nas entrevistas às empresas executoras das fachadas.

Nome completo do entrevistado: _____

Cargo que ocupa na empresa: _____

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?
 2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?
 3. Desde que data a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?
 4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?
 5. Em relação à fase de usinagem do ACM:
 - ✓ É feita em: Obra Fábrica própria
 - ✓ Quais os principais resíduos gerados?
 - ✓ Qual o destino dado a eles?
 - ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?
 6. Em relação à fase de instalação das fachadas:
 - ✓ Quais os principais resíduos gerados?
 - ✓ Qual o destino dado a eles?
 - ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?
 7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:
 - Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?
 - Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?
 8. Em relação à reciclagem do ACM:
 - O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?
- Sim Qual? _____ Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Qual? _____ Não

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim _____ Não

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais) _____ Não Por que? _____

APÊNDICE B

Roteiro básico utilizado nas entrevistas às empresas do Setor Público.

Nome completo do entrevistado: _____

Cargo que ocupa na empresa: _____

1. Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?
2. Em que locais são realizadas as coletas desse tipo de resíduos?
3. Que tipo(s) de transporte(s) é(são) utilizado(s) para a coleta dos resíduos?
4. Qual a destinação final do que é coletado?
5. Existe um local específico para a deposição de RSCD?
6. Há algum tipo de seleção dos resíduos antes de serem depositados?
Sim Não
7. Em relação a materiais metálicos (perfis de alumínio, placas de ACM, parafusos) e plásticos:
 - Existe encaminhamento para reciclagem ou reuso?
Sim Para onde são encaminhados esses materiais; empresas locais de reciclagem ou localizadas em outros estados?
Não
 - Catadores têm acesso a esse tipo de material?
Sim
Em geral é recolhido por eles ou permanece depositado?
Não
 - Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza coletado mensalmente?
8. Qual a relação desta instituição com o Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos do DF que está sendo elaborado?
9. Quais as propostas para implantação de uma gestão eficiente de resíduos no DF?

10. Existem empresas ou instituições que trabalhem em parceria com esta instituição?

Sim Quais? _____ Não

11. Há alguma outra instituição pública relacionada à gestão de resíduos no DF?

Sim Qual(is) _____ Não

APÊNDICE C

Roteiro básico utilizado nas entrevistas às Cooperativas de coletores e recicladores.

Nome completo do entrevistado: _____

Cargo que ocupa na empresa: _____

1. Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?
2. Com que tipos de resíduos trabalham?
3. Quais são os principais locais onde coletam esses resíduos?
4. Qual o(s) transportes(s) utilizados(s) para a coleta dos resíduos?
5. Para onde são destinados os resíduos coletados?
6. Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

7. No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim Manual ou mecânica? _____ Não

- Se mecanicamente, qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?
- Se manual, quantos funcionários são utilizados?
- Qual a quantidade de material separado por dia, em toneladas?

8. Em relação a materiais metálicos e plásticos:

- Que procedimentos são adotados? Há alguma preparação para venda?
- Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza coletado mensalmente?

9. Quanto aos resíduos de ACM:

- Qual a destinação dada ao granulado proveniente do corte dos painéis?
- Os pedaços de placas são delaminados?

Sim Manual ou mecanicamente? _____ Não

- Se manual, qual o grau de dificuldade do processo e que ferramentas são utilizadas?
- Após a delaminação, qual o destino dado à chapa de alumínio, à lâmina de PEBD e à película de PVC (adesivo)?

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?

10. A instituição trabalha com tabela de preços para comercialização dos resíduos?

Sim Não

11. Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta instituição?

12. Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

APÊNDICE D

Roteiro básico utilizado nas entrevistas às empresas comercializadoras de recicláveis

Nome completo do entrevistado: _____

Cargo que ocupa na empresa: _____

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?
- 2 Realizam a coleta?
Sim Não
 - que transportes(s) são utilizados(s)?
- 3 A empresa recebe e comercializa resíduos como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites e películas de PVC (adesivos)?
- 4 De onde vem a maior parte desse tipo de resíduo?
- 5 Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza comercializado mensalmente pela empresa?
- 6 Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?
Sim Não
- 7 No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?
Sim de forma manual ou mecânica? _____ Não
 - Se mecanicamente, qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?
 - Se manual, quantos funcionários são utilizados?
 - Qual a quantidade de material separado por dia, em toneladas?

- 8 Quanto à preparação dos recicláveis para comercialização:
- Que procedimentos são adotados para resíduos de alumínio e plástico?
 - Esses procedimentos são mecanizados ou manuais?
 - Qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?
 - Qual a quantidade de material preparado por dia, em toneladas?
- 9 Quanto aos resíduos de ACM:
- Qual a destinação dada ao granulado proveniente do corte dos painéis?
 - Os pedaços de placas são delaminados?
- Sim Manual ou mecanicamente? _____ Não
- Se manual, qual o grau de dificuldade do processo e que ferramentas são utilizadas?
 - Após a delaminação, qual o destino dado à chapa de alumínio, à lâmina de PEBD e à película de PVC (adesivo)?
 - O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?
- 10 Os materiais comercializados pela empresa são destinados principalmente a empresas de reciclagem locais ou fora do DF? Quais as principais?
- 11 Qual o tipo de veículo utilizado para transportar esse material?
- 12 Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta empresa?
- 13 Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

APÊNDICE E

Extrato da entrevista realizada na empresa **MMR Alumínio**

Nome completo do entrevistado: **Flávio Mafra Ribeiro**

Cargo que ocupa na empresa: **Proprietário**

Data: **17/08/2011** Horário: **10:50 h**

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

Inicialmente trabalhava somente com estrutura metálica, há três anos vem trabalhando com esquadrias de alumínio e fachadas de ACM.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

Aproximadamente de 40% a 50% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

Desde de o ano de 2008.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

Aproximadamente de 4.000 a 5.000 m² de fachada por mês.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

Depende da obra. A maioria é feita na obra devido ao pouco espaço necessário para trabalhar com o material. No caso de reformas em prédios em funcionamento, devido à falta de espaço, a usinagem é feita na fábrica.

Segundo o entrevistado, o ideal é fazer na obra pois facilita a conferência de medidas e evita o transporte do material. Como o maquinário utilizado é o mesmo, a qualidade do trabalho é a mesma em ambos os casos.

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Pedaços de placas de ACM, granulado de alumínio e PEBD e pedaços de perfil de alumínio. Como a empresa trabalha com subestrutura em aço e alumínio, no caso da subestrutura de aço os resíduos são pedaços de perfis de aço e de eletrodo e discos de corte.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

Os resíduos de perfis de alumínio são guardados para serem vendidos. Os pedaços de placas de ACM maiores são utilizados em outras obras. Os pedaços menores e os perfis de aço são utilizados por uma divisão do Grupo Mafra (Mafrinha brinquedos inteligentes) para a fabricação de brinquedos que são doados a instituições de caridade. O granulado de alumínio e PEBD e pedaços com dimensões bem pequenas das placas são descartadas ou no lixo da obra ou da fábrica.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

Uma lata de 18L de granulado por dia.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Adesivos, tubos de silicone e parafusos.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

Vão para o lixo da obra ou da fábrica.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

No caso de adesivos e tubos de silicone vai depender da quantidade de placas instaladas no dia.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

- Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?

De 10% a 15% no máximo. Acima disso é considerado prejuízo.

- Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?
O principal fator de perda do ACM é o projeto, que deve considerar o tamanho das placas. Quando o projeto é feito pela empresa busca-se sempre uma modulação que leve a menor perda possível, mas há casos em que o cliente exige uma modulação que não coincide com os tamanhos padrão de painéis, havendo perdas maiores que as usuais.

8. Em relação à reciclagem do ACM:

- O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual? _____

Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Qual? _____

Não

O entrevistado comentou que acredita que se houver algum processo deve ser bem trabalhoso, e pelas perdas serem pequenas não há interesse comercial por isso. Na sua opinião seria mais interessante guardar os pedaços de placas para serem reutilizados em outra obra ou para outros fins, como confeccionar brinquedos.

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim

Não

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim

Um ferro velho que coleta resíduos de perfis de aço.

Não

APÊNDICE F

Extrato da entrevista realizada na empresa **CRISTAL MAIS**

Nome completo do entrevistado: **João Carlos Rodergas**

Cargo que ocupa na empresa: **Gerente Técnico**

Data: 18/08/2011 Horário: 10:20 h

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

A empresa trabalha a pouco mais de 20 anos com esquadrias de alumínio e vidros, oferecendo também serviços especiais em vidro, fachadas com ACM e consultoria.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

Aproximadamente de 5% a 10% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

A aproximadamente 7 anos.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

Aproximadamente de 2.000 a 3.000 m² de fachada por mês, em média.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

Depende da obra. Em alguns casos é mais viável a usinagem na obra devido ao tamanho das peças usinadas, o que torna um pouco complicado o transporte. O maquinário (manual) é o mesmo utilizado em obra e fábrica. Segundo o entrevistado, a empresa está adquirindo um maquinário importado para corte e dobra do ACM que proporcionará maior agilidade na produção, no entanto a qualidade do trabalho realizado por esse maquinário e pelo manual é a mesma.

✓ Quais os principais resíduos gerados?

Granulado de alumínio e PEBD gerado pelo corte dos painéis de ACM,

pedaços de painéis (retalhos) e pedaços de perfil de alumínio.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

Os resíduos de perfis de alumínio são guardados até atingirem a carga de um caminhão e são devolvidos ao fornecedor de alumínio que recicla esse resíduo. Os pedaços de painéis de maior dimensão são guardados para serem utilizados em outra ocasião e os menores, juntamente com o granulado é descartado em caçambas de entulho.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

O entrevistado baseou essa estimativa na quantidade produzida mensalmente e na porcentagem de perda do material em torno de 10%, o que seriam 300m²/mês de resíduos de placas de ACM.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Pedaços de perfil de alumínio, fita crepe, tecido de algodão, embalagem de álcool isopropílico utilizado para a limpeza dos painéis e adesivos.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

Vão para o lixo da obra.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

Aproximadamente 3.000m² de adesivo, 10 a 15 lts de álcool, de 2.000 a 4.000 m/l de fita crepe.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

- Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?

Aproximadamente 10%. Antes de encomendar as chapas há um ajuste de projeto, quando é proveniente de escritórios de arquitetura, de forma a adequar o desenho ao tamanho das chapas, de forma que as perdas sejam as menores possíveis.

- Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?
O principal fator de perda do ACM é o projeto. Um bom projeto pode minimizar as perdas a valores insignificantes. O ideal é que o projeto tenha a participação da empresa no momento de decisão de modulações para se ter otimização no quantitativo do material. O entrevistado citou a dificuldade de convencimento dos profissionais sobre situações onde uma perda enorme pode ser gerada devido a obrigatoriedade na coincidência de juntas com outros elementos da fachada, o que poderia ser evitado devido à imperceptibilidade do desencontro. Outro fator seria a imperícia dos profissionais que é frequente e chega a gerar até 1% de perda do material.

8. Em relação à reciclagem do ACM:

- O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual? _____ Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Qual? _____ Não

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim

Não **Somente procedimentos internos para separação de resíduos de alumínio**

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais)

Não

APÊNDICE G

Extrato da entrevista realizada na empresa **ALKHA Esquadrias de Alumínio**

Nome completo do entrevistado: **Paulo Henrique Rodrigues Lopes**

Cargo que ocupa na empresa: **Orçamentista / desenhista**

Data: 14/09/2011 Horário: 09:30 h

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

A empresa trabalha com esquadrias (portas e janelas) e corrimões em alumínio, vidro temperado, fachadas e revestimento em ACM, tanto interno quanto externo.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

Aproximadamente de 30% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

Há 12 anos, desde a fundação da empresa.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

Aproximadamente uma média de 500 m² de fachada por mês.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

Algumas vezes é feita na fábrica, outra na própria obra, dependendo da situação. Peças grandes são usinadas na obra. O maquinário manual é o mesmo utilizado tanto na obra quanto na fábrica. A empresa está em processo de compra de uma máquina importada digital para dar maior agilidade e qualidade ao processo de produção.

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

O principal resíduo é o granulado de alumínio e PEBD gerado no corte dos painéis de ACM.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

O granulado de ACM e perfis de alumínio são vendidos ao fornecedor, no caso a ALCOA. A empresa só trabalha com esse fornecedor, através da ALBRA Alumínio e ALBRA color. Os pedaços maiores dos painéis são reaproveitados na confecção de caixas de correio e caixas de ferramenta, sendo os retalhos pequenos descartados.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

Essa quantidade varia de acordo com a obra. Quando não há muitos recortes, quase não gera resíduos. O trabalho com ACM geralmente é feito nos finais de semana, sendo produzido num final de semana de 1 a 2 sacos (de rafia de 40kg) de resíduo.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Filme protetor dos painéis.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

Todo o resíduo gerado na obra retorna para a empresa. Os adesivos, tanto o filme dos painéis quanto as fitas para fixação e isolamento, são descartados.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

Resposta no item 4 da questão 35.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

- Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?

Aproximadamente 15%. As perdas com perfil praticamente não existem. As perdas com parafuso e rebite aparentemente são pequenas mas se for contabilizar são consideráveis.

- Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?

Erros de medidas nos projetos, paginação inadequada e erros de execução na usinagem, por ser um processo manual

8. Em relação à reciclagem do ACM:

- O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual? _____ Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Qual? _____ Não

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim

Não **Somente o retorno dos resíduos ao fornecedor. A empresa tem planos de tentar desenvolver, em parceria com outras empresas de esquadrias de alumínio no DF e com a ALBRA, uma empresa para a reciclagem dos seus resíduos.**

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais) Não

APÊNDICE H

Extrato da entrevista realizada na empresa **RAJAS**

Nome completo do entrevistado: **Adriano Alves de Almeida**

Cargo que ocupa na empresa: **Encarregado de Produção**

Data: 30/09 Horário: 14:35

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

A empresa trabalha com esquadrias de alumínio, revestimentos em ACM, brises e structural glazing.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

Aproximadamente de 30% a 40% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

Há aproximadamente 4 anos.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

É muito variável, mas por dia chega-se a usinar de 300 a 500m² de ACM. A média mensal de produção é em torno de 6.000m² de fachada por mês.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

Alguma coisa é feita na obra, mas muito pouco. 98% da usinagem é feita na fábrica. A qualidade do trabalho feito na fábrica é bem superior pois pode-se fazer um planejamento. Na obra há muito improvisado e desperdício.

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Os principais resíduos são o cavaco (granulado de alumínio e PEBD) gerado no corte dos painéis, pedaços do material, pedaços de perfil de alumínio e o resíduo da rebiteagem, pequenas peças de alumínio que se desprendem quando o rebite é fixado.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

O cavaco de ACM e o resíduo dos rebites são descartados. Alguns pedaços são guardados para uso posterior, mas a maioria é descartada por causa do volume gerado. A cada três meses uma pessoa de São Paulo também leva essas sobras. Os pedaços de perfis são vendidos a uma cooperativa.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

A cada dois dias o recipiente coletor de pó da seccionadora (capacidade 80L) se enche e o resíduo é retirado. Além do cavaco produzido pela máquina, existe o que é produzido pelo corte manual, que chega a mais de 2 sacos de lixo grandes por dia (não informou a capacidade).

O resíduo do rebite chega a ser mais de mil peças por dia e o resíduo dos perfis, em época de produção normal, chega a 10mil toneladas por mês.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Película adesiva, tubos de silicone, parafusos, recortes de tarucel (usado para segurar o silicone)

- ✓ Qual o destino dado a eles?

São todos descartados. Quando a obra tem os contêineres para colocação dos resíduos são depositados na própria obra, mas acontece muitas vezes dos resíduos serem levados à fábrica para que sejam descartados.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

A quantidade de adesivos está ligada à quantidade de ACM instalado.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

- Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?
Varia bastante. Dependendo da paginação utilizada pode chegar a 50% de perda do ACM.

Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?

Projetos sem o melhor aproveitamento para as chapas e a não observação do sentido de assentamento dos painéis.

8. Em relação à reciclagem do ACM:

- O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual? _____ Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Qual? _____ Não

O entrevistado disse já ter ouvido a respeito da existência de um produto químico que misturado à água, imergindo-se a placa, a delaminação é facilitada.

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim Não

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais)? **A Cooperativa que compra os perfis de alumínio.**

Não

APÊNDICE I

Extrato da entrevista realizada na empresa **S9M9**

Nome completo do entrevistado: **Arildo Martins Kamimura**

Cargo que ocupa na empresa: **Proprietário**

Data: 27/09 Horário: 09:13

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

A empresa trabalha principalmente com ACM, em menor escala com CCM, SCM (Aço sobre painel composto) e está iniciando o trabalho com aço inox. O foco é a produção de fachadas.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

80% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

Há quase 18 anos.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

É bastante variável.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

Depende do caso. A presilha e o transporte costumam danificar o painel. Por isso dependendo do porte da obra, o processo é feito na própria obra. Não havendo espaço na obra, é feito na fábrica. O princípio de usinagem utilizado em ambas é o mesmo, mas o maquinário não. Na fábrica é utilizada uma seccionadora vertical e na obra o trabalho é manual utilizando-se a fresa (a mesma da seccionadora) adaptada numa máquina de serra-mármore, o que faz com que praticamente não haja diferença de qualidade no trabalho.

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Os principais resíduos são o cavaco (granulado de alumínio e PEBD) gerado no corte dos painéis e pedaços do material.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

O cavaco de ACM e os pedaços menores são descartados. Pedaços maiores são guardados para uso posterior. Na fábrica o descarte é feito em contêineres e na obra é descartado juntamente com os demais resíduos.

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

São gerados aproximadamente 30 kg de cavaco por mês.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

- ✓ Quais os principais resíduos gerados?

Pedaços de ACM, pontas de rebite, filme de proteção e pedaços de perfis de alumínio.

- ✓ Qual o destino dado a eles?

São todos descartados com exceção dos pedaços de perfis que são vendidos a comercializadores de recicláveis (METALCAP).

- ✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

Questão não respondida.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

- Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?

A média é 15%. Dependendo da cor escolhida a perda pode ser maior. Há casos de paginação mal elaborada onde a perda chega a mais de 50%. É possível trabalhar com uma perda de 5% onde estão incluídos painéis inteiros para reserva técnica e os pedaços maiores que são guardados para um possível aproveitamento. O que é descartado chega a 2%.

Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?

Modulações mal formatadas (paginação) e a cor do painel pela dificuldade de estocagem de todas as cores.

8. Em relação à reciclagem do ACM:

- O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual? **ALCOA** Não

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim **O processo é mecanizado. Uma ferramenta passa pelo painel aquecendo-o, como um ferro de passar roupa para que o alumínio seja removido.**

Não

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim Não

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais)? **A METALCAP, que compra os perfis de alumínio.**

Não

APÊNDICE J

Extrato da entrevista realizada na empresa **GEFAL**

Nome completo do entrevistado: **Dinário**

Cargo que ocupa na empresa: **Proprietário**

Data: 30/09 Horário: 16:00

1. Quais os serviços oferecidos pela empresa?

A empresa trabalha com fachadas em estrutural glazing e ACM.

2. O que representa, em porcentagem, a execução de fachadas com ACM em relação aos demais serviços?

30% do total de trabalhos realizados pela empresa.

3. A quanto tempo a empresa vem fabricando e instalando fachadas com ACM em Brasília?

Desde a década de 80, mas com a GEFAL, há 3 anos.

4. Qual a média de instalação mensal de fachadas com ACM, em m²?

Aproximadamente 500m² por mês.

5. Em relação à fase de usinagem do ACM:

✓ É feita em: Obra Fábrica própria

✓ Quais os principais resíduos gerados?

Os principais resíduos são o cavaco (granulado de alumínio e PEBD) gerado no corte dos painéis e pedaços do material.

✓ Qual o destino dado a eles?

O cavaco é descartado e os pedaços são utilizados como calços para correção do prumo na execução das fachadas estrutural glazing.

✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente?

O entrevistado não soube responder a pergunta.

6. Em relação à fase de instalação das fachadas:

✓ Quais os principais resíduos gerados?

Película de proteção e bisnagas de silicone.

✓ Qual o destino dado a eles?

São todos descartados

✓ Qual a estimativa média da quantidade de resíduos gerados diariamente por obra?

Questão não respondida.

7. Em relação ao processo completo de fabricação das fachadas:

• Qual a estimativa da porcentagem de perda do ACM?

Em torno de 5%.

Que fatores podem ocasionar as perdas tanto do ACM quanto dos demais materiais?

O principal fator é o projeto mal elaborado, onde o tamanho das placas não é levado em conta.

8. Em relação à reciclagem do ACM:

• O senhor(a) tem conhecimento de alguma empresa no DF ou fora do estado que faça especificamente reciclagem de ACM?

Sim Qual?

Não

O entrevistado já tentou fazer a delaminação para aproveitar a chapa de alumínio mas não conseguiu.

- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM, usado no Brasil ou no exterior?

Sim Não

9. A empresa possui algum programa próprio de reciclagem de resíduos?

Sim Não

10. A empresa possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Qual (ais)? **Uma pessoa que retira a sucata dos perfis de alumínio e leva para São Paulo para que sejam transformadas novamente em perfis.**

Não

APÊNDICE L

Extrato da entrevista realizada no SLU

Nome completo do entrevistado: **Edmundo Pacheco Gadelha**

Cargo que ocupa na empresa: **Assessor da Coordenadoria de Planejamento**

Data: **17/08/2011** Horário: **15:11 h**

1. Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

O serviço de limpeza urbana não tem obrigação de recolher os resíduos produzidos na fonte de geração. O gerador é quem deve dar destino aos resíduos que gera através da contratação de empresa licenciada que deverá depositar os resíduos em local indicado. A deposição em área pública ou terreno baldio é proibido por lei. A grande quantidade de RSCD gerado é depositado em área pública de forma errônea, sendo o papel do SLU recolher esse material, transportar e depositar em área adequada. O papel fiscalizador cabe à AGEFIS.

2. Em que locais são realizadas as coletas desse tipo de resíduos?

Em todo o DF. Há contabilizados mais de 500 pontos de deposição irregular

3. Que tipo(s) de transporte(s) é(são) utilizado(s) para a coleta dos resíduos?

Caminhões basculantes contratados por firmas terceirizadas . O resíduos é recolhido com pá carregadeira ou trator e lançado nos caminhões.

4. Qual a destinação final do que é coletado?

Hoje, a única área legalizada no DF para receber esse tipo de material é o Aterro do Jóquei.

5. Existe um local específico para a deposição de RSCD?

Não. Normalmente esse tipo de material acaba sendo misturado ao resíduos comuns. O que se tenta fazer é uma separação inicial para que o material de

melhor qualidade possa também ser usado como material de cobertura primária do lixo ou na conservação das vias de acesso internas.

6. Há algum tipo de seleção dos resíduos antes de serem depositados?

Sim Não

Catadores de lixo informais presentes na área do Aterro é que separam principalmente materiais mais nobres, como os metais, devido ao valor elevado de mercado. Plásticos e embalagens geralmente são enterrados. Em resumo, só é separado o que tem bom valor de mercado no momento. O que não é separado por eles é enterrado juntamente com os outros tipos de resíduos.

7. Em relação a materiais metálicos (perfis de alumínio, placas de ACM, parafusos) e plásticos:

• Existe encaminhamento para reciclagem ou reuso?

Sim Para onde são encaminhados esses materiais; empresas locais de reciclagem ou localizadas em outros estados?

Não **Como no DF não existem empresas que fazem reciclagem, o que é triado é vendido a comercializadores de recicláveis que são intermediários.**

• Catadores têm acesso a esse tipo de material?

Sim Não

A presença de catadores é considerada um problema pois há muita violência entre eles e uso de drogas. Não trazem nenhum benefício operacional ao aterro, pelo contrário, atrapalham a atividade dos caminhões. É considerado pelo entrevistado um problema histórico que só acabará com o encerramento do Aterro.

• Em geral é recolhido por eles ou permanece depositado?

O que pode ser triado e tem valor comercial, é separado pelos catadores e acaba sendo destinado a reuso ou reciclagem. Como a grande maioria dos materiais não é triado, acaba sendo enterrado sem nenhum tipo de separação prévia.

- Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza coletado mensalmente?

Não existe nenhum levantamento gravimétrico de RSCD. No entanto, RSCD em geral somam mais de 100.000 t/mês, valor maior que o do resíduo comum que chega a pouco mais de 60.000t. Segundo o entrevistado não existem dados específicos porque o SLU não tem a obrigação de gerenciar os RSCD, mas como chegam ao Aterro em grande quantidade, tem que ser dado um destino a eles.

8. Qual a relação desta instituição com o Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos do DF que está sendo elaborado?

Foi praticamente o SLU quem demandou essa necessidade por ser o gestor da limpeza urbana e do próprio gerenciamento integrado de todos os resíduos em Brasília. Esse Plano estipulará as metas e os objetivos pretendidos pelo Governo, cabendo ao SLU dar prosseguimento.

9. Quais as propostas para implantação de uma gestão eficiente de RSCD no DF?

O SLU demanda e executa alguns projetos. Inclusive existe uma minuta de Projeto de Lei para a regulação dos RSCD que partiu do SLU, com estudos realizados em conjunto com a Universidade de Brasília. Ela se encontra na Câmara Legislativa, devendo ser votada em breve.

Para sua implantação deverão existir os Ecopontos para entrega de pequenos volumes (até 1m³), com o objetivo de diminuir a deposição irregular em terrenos baldios, e as ATTR's (Área de Transbordo e Triagem), que receberão o material desses Ecopontos e realizarão a separação e uma possível reciclagem, como britagem do material, para ser reutilizado na Construção Civil.

Para os próximos anos pretende-se também: planejar mais um aterro sanitário em uma outra região, desenvolver outras tecnologias para dar processamento mais adequado a certos resíduos e criar possibilidades para gestão de resíduos perigosos.

10. A instituição possui alguma parceria com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores?

Sim Não

Dentro das unidades de triagem e compostagem do SLU trabalham quatro associações de catadores que fazem a separação dos resíduos.

O processo de coleta seletiva deve ter em sua infraestrutura centros de triagem. A proposta do SLU é construir centros de triagem com toda a infraestrutura e equipamentos e delegar o funcionamento às cooperativas.

Existem mais de 30 pequenas cooperativas cadastradas mas se hoje, todo o resíduo inorgânico de Brasília fosse separado e destinado à triagem para posterior reciclagem, não haveriam cooperativas suficientes, de grande porte, capazes de colocar em funcionamento unidades com área em torno de 1.000 a 1.500m². Outra dificuldade enfrentada é a precariedade na capacidade de gerenciamento dessas cooperativas e associações.

11. Existem empresas ou instituições que trabalhem em parceria com esta instituição?

Sim Não

O SLU tem o contato e indica a interessados, empresas que recebem lixo eletrônico para reciclagem e resíduos de saúde para destinação de forma correta.

12. Há alguma outra instituição pública relacionada à gestão de resíduos no DF?

Não, é exclusividade do SLU, que é uma autarquia do DF com essa incumbência. A concessão do gerenciamento de resíduos sólidos, da limpeza urbana de um modo geral é do SLU. Nenhum outro ente governamental poderia fazer a mesma atividade.

APÊNDICE M

Extrato da entrevista realizada na ASCOLES

Nome completo do entrevistado: **Alexandre Garcia Ramalho**

Cargo que ocupa na empresa: **Gerente**

1. Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

Existem duas entidades que trabalham juntas, a ASCOLES (Associação das empresas coletoras de entulhos e similares do DF) e Coopercoleta Ambiental (Cooperativa dos coletores e recicladores de resíduos da construção civil). A ASCOLES, que representa atualmente 15 empresas, faz a coleta de RSCD e a Coopercoleta foi criada com o intuito de reciclar esses RSCD coletados.

2. Com que tipos de resíduos trabalham?

Todo tipo de RSCD.

3. Quais são os principais locais onde coletam esses resíduos?

Obras civis em todo o DF, com exceção de Planaltina. É feita a locação das caçambas, para pequenos e grandes construtores, onde são depositados os resíduos para serem posteriormente recolhidos pela Cooperativa.

4. Qual o(s) transportes(s) utilizados(s) para a coleta dos resíduos?

Os resíduos são coletados em containers tipo Brook, geralmente de 5m³. O transporte utilizado são caminhões leves, com capacidade para 15 ton, equipados com poliguindaste.

5. Para onde são destinados os resíduos coletados?

Após coletados são diretamente levados para o Aterro do Jóquei. Atualmente está sendo totalmente descartado pois a Coopercoleta Ambiental ainda não está com a atividade de reciclagem de RSCD em funcionamento. Existem duas áreas para esse fim, uma na região da Fercal e outra no Riacho Fundo, mas ainda estão em fase de licenciamento.

6. Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

Somente alguns grandes construtores conseguem fazer a separação dos resíduos. O restante não faz, até por ser inviável para algumas pequenas obras alugarem um container para cada tipo de resíduo. Mas mesmo quando o resíduo é separado o destino é o mesmo: é depositado no “Lixão”.

7. No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim Manual ou mecânica? _____ Não

Somente serão quando as unidades de reciclagem estiverem funcionando. Os resíduos classe A serão reciclados e os classe B serão enviados para outras unidades de reciclagem existentes no DF ou fora.

8. Em relação a materiais metálicos e plásticos:

- Que procedimentos são adotados? Há alguma preparação para venda?

Hoje são depositados no Aterro do Jóquei mas futuramente serão enviados para outras indústrias que fazem a reciclagem desse tipo de material. Em alguns casos, a própria empresa que faz a separação dos resíduos, os encaminha para indústrias de reciclagem, não chegando a ser colocado na caçamba.

- Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza coletado mensalmente?

De 70% a 80% do RSCD coletado em Brasília hoje é feito pelas empresas associadas à ASCOLES. Levantamentos feitos pela UnB e SLU estimam que o volume de RSCD coletado pela ASCOLES seja de 4.500 t/dia, sendo o total de 6.500 t/dia em todo o DF. Esses dados referem-se a RSCD em geral. O LACIS

possui alguns indicadores quanto à porcentagem desse tipo de material nas caçambas.

Você tem conhecimento do ACM? Resíduos desse material chegam até vocês?

O entrevistado disse já ter visto à distância mas não tem informação nenhuma sobre o material. Mas se o resíduo desse material estiver misturado com o restante dos materiais com certeza é depositado juntamente no lixão. O que pode ocorrer, esporadicamente, é a venda desse tipo de material por parte dos motoristas, mas são ações individuais que contrariam os padrões da empresa.

1. Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta instituição?

A instituição tem o apoio do SEBRAE, SENAI, ISB. Parcerias com FIBRA, SINDUSCON, CENTCOOP e ARECIBRAS.

Eventualmente ocorre indicação da CENTCOOP a clientes que desejam vender um material já separado, pois fazem a coleta gratuitamente.

APÊNDICE N

Extrato da entrevista realizada na **CENTCOOP**

Nome completo do entrevistado: **Roney Alves da Silva**

Cargo que ocupa na empresa: **Presidente**

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

A CENTCOOP é uma cooperativa de segundo grau (central de cooperativas) que possui 23 cooperativas e associações filiadas. Dentre elas, a PLASFERRO, que atua no Lixão, é que faz a separação dos resíduos provenientes da construção civil como ferro, alumínio, plástico, papelão, latas, etc. Alguns trabalhos têm sido feitos em conjunto com várias cooperativas e associações, como a retirada do ferro do concreto no Estádio Mané Garrincha e dos resíduos da reforma do edifício do FNDE.

2. Com que tipos de resíduos trabalham?

Os resíduos citados na questão anterior, separados pela PLASFERRO.

3. A instituição trabalha com tabela de preços para comercialização dos resíduos?

Sim

Não

No mercado da reciclagem o preço é estabelecido por quem está comprando.

4. Quais são os principais locais onde coletam esses resíduos?

Lixão de Brasília (Aterro do Jóquei).

5. Qual o(s) transportes(s) utilizados(s) para a coleta dos resíduos?

Caminhões de carroceria de médio porte (3/4), apesar de não serem os ideais.

6. Para onde são destinados os resíduos coletados?

Os plásticos, por exemplo, são separados e vão para uma empresa comercializadora de recicláveis que vende esse material para indústrias de reciclagem.

7. Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

8. No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim Manual ou mecânica? **Manual** Não

A separação é manual pois necessita ser mais aprimorada, devido à volta dos resíduos à cadeia dos recicláveis, diferentemente do que acontece com a seleção para incineração.

9. Em relação a materiais metálicos e plásticos:

- Que procedimentos são adotados? Há alguma preparação para venda?

São somente separados. Algumas cooperativas fazem a prensagem do material para enviar à indústria. Isso depende do valor que se consegue agregar com a prensagem do material.

- Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza coletado mensalmente?

Varia entre 4.000 e 5.000 t o total de resíduos coletados. Não existem dados somente para plásticos e metais.

10. Você tem conhecimento do ACM? Resíduos desse material chegam até vocês?

Segundo o entrevistado, o resíduo desse tipo de material é vendido diretamente pelas construtoras a empresas comercializadoras de metais com METALCAP, CIMA e RENOVE, não passa pelas cooperativas.

Quando indagado sobre o processo de delaminação praticado pelos catadores, disse acreditar ser uma atividade esporádica, e acredita não ser verdade que grande volume de resíduos de ACM seja despejado no Lixão.

Também, segundo ele, as sucatas metálicas recolhidas pelas empresas coletoras de entulhos são vendidas pelos motoristas dos caminhões antes de chegar ao Lixão.

11. Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta instituição?

CAPITAL RECICLÁVEIS, CIMA, RENOVE.

12. Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

Sim

Não

Se houvesse a possibilidade de aquisição de uma tecnologia ambientalmente correta para fazer a delaminação, seria interessante firmar essa parceria. Poderia ser implementado um processo de logística reversa.

APÊNDICE O

Extrato da entrevista realizada na **CAPITAL RECICLÁVEIS**

Nome completo do entrevistado: **Jorge**

Cargo que ocupa na empresa: **Gerente de produção**

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

A empresa coleta, seleciona e prensa os resíduos para enviar às indústrias de reciclagem. A maioria dos materiais é enviado para fora de Brasília pois não existem indústrias de reciclagem no DF por se tratar de região com vocação administrativa e não industrial. Cada material é enviado para sua região específica de reciclagem.

A empresa não trabalha especificamente com RSCD, sendo o foco o papel, plástico, alumínio e metal.

- 2 Realizam a coleta?

Sim

Não

- que transportes(s) são utilizados(s)?

Caminhões de grade, caçamba pequena, média e grande.

- 3 A empresa recebe e comercializa resíduos como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites e películas de PVC (adesivos)?

O entrevistado não tem conhecimento do ACM. A empresa só trabalha com perfis e chapas de alumínio e uma variação grande de plásticos. Os plásticos são separados por cores. Todo material adesivo não pode ser reciclado, não existe ainda uma tecnologia para isso.

- 4 De onde vem a maior parte desse tipo de resíduo?

A maior parte vem do comércio. Também vem de cooperativas, em torno de 20, órgãos públicos e pessoas comuns.

5 Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza comercializado mensalmente pela empresa?

Diariamente são compradas em torno de 300 toneladas de material e vendidas 200 toneladas, englobando todos os materiais. Não há estimativa da quantidade por tipo de material separadamente.

6 Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

Nem sempre, depende do cliente. Mas mesmo chegando selecionado ele passa por uma nova seleção mais rigorosa, exigida pelas indústrias de reciclagem.

7 No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim de forma manual ou mecânica? **Manual** Não

- Se mecanicamente, qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

- Se manual, quantos funcionários são utilizados?

São utilizados em torno de 100 funcionários, sendo 99% mulheres, por serem mais cuidadosas.

- Qual a quantidade de material separado por dia, em toneladas?

(respondida na questão número 5)

8 Quanto à preparação dos recicláveis para comercialização:

- Que procedimentos são adotados para resíduos de alumínio e plástico?

Os plásticos são prensados numa prensa específica para plásticos e enfardados, estando assim prontos para a comercialização. Já o alumínio e as sucatas de ferro são repassados à empresa RENOVE que dá a destinação final, porque o foco da empresa é o papel e o plástico.

- Esses procedimentos são mecanizados ou manuais?

São mecanizados.

- Qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

São utilizados 3 tratores grandes, 2 tratores pequenos tipo “case”, sete empilhadeiras e quatro prensas industriais, tendo cada uma um triturador.

- Qual a quantidade de material preparado por dia, em toneladas?

(respondida na questão número 5)

9 Quanto aos resíduos de ACM:

A empresa não trabalha com resíduos de ACM.

- Qual a destinação dada ao granulado proveniente do corte dos painéis?

- Os pedaços de placas são delaminados?

Sim Manual ou mecanicamente? _____ Não

- Se manual, qual o grau de dificuldade do processo e que ferramentas são utilizadas?
- Após a delaminação, qual o destino dado à chapa de alumínio, à lâmina de PEBD e à película de PVC (adesivo)?
- O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?

10 Os materiais comercializados pela empresa são destinados principalmente a empresas de reciclagem locais ou fora do DF? Quais as principais?

Todas as indústrias para onde são destinados os materiais comercializados pela empresa ficam fora do DF, principalmente em São Paulo, Pará, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro. O destino depende do tipo de material. O alumínio que é repassado à empresa Renove é enviado à Rexam do Brasil e o ferro para a Belgo Mineira, onde são reciclados. O plástico vai para empresas de reciclagem em São Paulo. O material pré industrializado produzido pela empresa (matéria prima para produção de artefatos em PEBD) é vendido para as empresas Polisul em Anápolis e Lunax em Minas Gerais.

11 Qual o tipo de veículo utilizado para transportar esse material?

São utilizados caminhões grandes como carreta, truck e bitrem. A própria empresa faz a locação dos caminhões no posto fiscal e envia as mercadorias.

12 Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta empresa?

São mais de vinte cooperativas que fornecem material, além de vários mercados e órgãos públicos, totalizando mais de 2.000 fornecedores.

13 Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

Não tem, e só seria interessante para a empresa esse tipo de parceria se esse material tivesse mercado, por exemplo, se São Paulo estivesse comprando. Um exemplo são as caixas tetra pak, que não tinham comércio até ser desenvolvida uma tecnologia de separação dos três materiais que a compoem.

APÊNDICE P

Extrato da entrevista realizada na **CIMA recicláveis**

Nome completo do entrevistado: **Johnatas Alberto da Silva**

Cargo que ocupa na empresa: **Estagiário**

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

A empresa comercializa somente metais, realizando a coleta, seleção, limpeza, prensagem, enfardamento e venda do material reciclável.

- 2 Realizam a coleta?

Sim Não

Mas muitos clientes também trazem o material.

- que transportes(s) são utilizados(s)?

Caminhões caçamba grandes.

- 3 A empresa recebe e comercializa resíduos como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites e películas de PVC (adesivos)?

Sim Não

A empresa não trabalha com plásticos nem recebe resíduos de ACM pois o alumínio está aderido ao plástico (contaminado), somente perfis de alumínio fino (não ferrosos). Parafusos e rebites são retirados como impurezas através de imãs e enviados a uma empresa parceira que comercializa todo tipo de ferro.

- 4 De onde vem a maior parte desse tipo de resíduo?

De obras e catadores.

- 5 Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza comercializado mensalmente pela empresa?

Mensalmente varia entre 350 e 400 t.

- 6 Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

Mas é feita uma seleção na empresa por tipo de metal, por exemplo, cobre, latinha, perfil.

- 7 No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim de forma manual ou mecânica? **Manual** Não

- Se mecanicamente, qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

O maquinário é utilizado para prensar o material. A prensa utilizada corta o perfil, o passa por uma esteira, ao final um imã separa rebites e parafusos, depois disso o material é prensado. A limpeza ainda é feita manualmente.

A fonte de energia utilizada pelas máquinas é energia elétrica.

- 8 Quanto à preparação dos recicláveis para comercialização:

- Que procedimentos são adotados para resíduos de alumínio e plástico?

Os metais são pré-selecionados nos diversos tipos de alumínio, cobre, perfil e latinhas, depois são limpos, prensados e enfardados.

- Esses procedimentos são mecanizados ou manuais?

É um processo misto, mecânico e manual.

- Qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

São utilizados 3 tratores grandes, 2 tratores pequenos tipo “case”, sete empilhadeiras e quatro prensas industriais, tendo cada uma um triturador.

- Qual a quantidade de material preparado por dia, em toneladas?

(respondida na questão número 18)

O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?

Sim

Não

- 9 Os materiais comercializados pela empresa são destinados principalmente a empresas de reciclagem locais ou fora do DF? Quais as principais?

Indústrias siderúrgicas fora do DF que derretem os metais e os transformam em matéria prima reciclada. A maioria em São Paulo e Minas Gerais.

- 10 Qual o tipo de veículo utilizado para transportar esse material?

Caminhões próprios (carretas) da empresa ou fretados.

- 11 Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta empresa?

A RENOVE, que trabalha com o mesmo tipo de material, RENOVE plásticos e uma empresa que só trabalha com ferro.

- 12 Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

Não tem, e seria interessante essa parceria se a empresa tivesse tecnologia e estrutura para delaminar o material, porque as indústria para onde o material reciclável é destinado não aceitam metal aderido a plásticos.

APÊNDICE Q

Extrato da entrevista realizada na **RENOVE recicláveis**

Nome completo do entrevistado: **Biagio de Aguiar Santoro**

Cargo que ocupa na empresa: **Proprietário**

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

A empresa comercializa somente metais não ferrosos, como cobre, alumínio, chumbo e latão.

- 2 Realizam a coleta?

Sim

Não

Mas também há entrega instantânea.

- que transportes(s) são utilizados(s)?

Caminhões basculantes com caçamba.

- 3 A empresa recebe e comercializa resíduos como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites e películas de PVC (adesivos)?

Sim

Não

A empresa não recebe resíduos de ACM.

- 4 De onde vem a maior parte desse tipo de resíduo?

Vem principalmente de obras, de empresas que trabalham com fachadas e de serralherias.

- 5 Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza comercializado mensalmente pela empresa?

De 40 a 60 t por mês.

6 Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

São recebidos de acordo com uma tabela de classificação.

7 Quanto à preparação dos recicláveis para comercialização:

- Que procedimentos são adotados para resíduos de alumínio e plástico?

Os metais são classificados, limpos, triturados no moinho e prensados.

- Esses procedimentos são mecanizados ou manuais?

São mecanizados.

- Qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

A energia utilizada é a elétrica.

- Qual a quantidade de material preparado por dia, em toneladas?

(respondida na questão número 18)

O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?

Sim Não

O entrevistado não tinha conhecimento do ACM.

8 Os materiais comercializados pela empresa são destinados principalmente a empresas de reciclagem locais ou fora do DF? Quais as principais?

Indústrias siderúrgicas fora do DF, principalmente São Paulo.

9 Qual o tipo de veículo utilizado para transportar esse material?

Carretas fretadas.

10 Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta empresa?

É rotativo, não existe fidelidade de clientes.

11 Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

Sim Não

APÊNDICE R

Extrato da entrevista realizada na **METALCAP recicláveis**

Nome completo do entrevistado: **Solino Naves**

Cargo que ocupa na empresa: **Estagiário**

Data: 04/10 Horário: 14:35

- 1 Em relação a resíduos de construção e demolição (RSCD), que atividades a instituição desempenha?

A empresa comercializa metais ferrosos e não ferrosos.

- 2 Realizam a coleta?

Sim

Não

Também há entrega por parte dos clientes.

- que transportes(s) são utilizados(s)?

Os contêineres são deixados nos lugares de coleta e após 15 a 20 dias são coletados por caminhões caçamba da empresa.

- 3 A empresa recebe e comercializa resíduos como retalhos de ACM, pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites e películas de PVC (adesivos)?

Sim

Não

A empresa não trabalha com plásticos nem recebe resíduos de ACM, somente pedaços de perfis de alumínio, parafusos e rebites.

- 4 De onde vem a maior parte desse tipo de resíduo?

De empresas que trabalham com fachada e outdoor, construtoras.

- 5 Existem dados ou estimativas da quantidade de material dessa natureza comercializado mensalmente pela empresa?

Não, é muito variável.

6 Em geral, os resíduos coletados vêm pré-selecionados da fonte?

Sim Não

As pessoas que conhecem o processo já trazem separado, as que não conhecem, como catadores por exemplo, entregam o material para ser limpo na empresa ou é dado desconto no valor.

7 No caso de resíduos misturados, há algum tipo de separação do material coletado?

Sim de forma manual ou mecânica? **Manual** Não

- Se mecanicamente, qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

8 Quanto à preparação dos recicláveis para comercialização:

- Que procedimentos são adotados para resíduos de alumínio e plástico?

Os metais são selecionados, limpos, prensados e enfardados.

- Esses procedimentos são mecanizados ou manuais?

Uma parte é manual outra é mecânica.

- Qual o maquinário utilizado, a fonte de energia (combustível ou energia elétrica) e a quantidade de energia gasta por dia?

Na limpeza é utilizado esmeril e policorte e prensas são utilizadas para prensar os pacotes e montar os palletes.

- Qual a quantidade de material preparado por dia, em toneladas?

Pergunta não respondida.

O senhor(a) tem conhecimento da existência de algum processo mecanizado ou químico de delaminação dos componentes do ACM usado no Brasil ou no exterior?

Sim Não

9 Os materiais comercializados pela empresa são destinados principalmente a empresas de reciclagem locais ou fora do DF? Quais as principais?

Principalmente para indústrias de reciclagem em São Paulo.

10 Qual o tipo de veículo utilizado para transportar esse material?

Carretas.

11 Que instituições ou empresas trabalham em parceria com esta empresa?

Algumas serralherias.

12 Vocês têm algum tipo de parceria comercial com empresas que instalam fachadas de ACM ou gostariam de tê-la, a fim de coletar seus resíduos?

Não tem.

APÊNDICE S

Extrato da entrevista realizada com **catadores do Aterro do Jóquei**

Vocês têm conhecimento de uma painel de alumínio com núcleo de plástico? (foi apontado um retalho do material que se encontrava no local).

Sim Não

Esse material é encontrado com frequência por aqui?

Sim Não

Vocês vendem esse material da forma que encontram?

Sim Não

Nós separamos o alumínio do plástico e vendemos somente o alumínio

13 Como vocês fazem essa separação?

Colocamos as placas dentro de uma manilha de concreto existente aqui e colocamos fogo. O plástico vira cinzas, restando somente o alumínio.

14 Esse material chega aqui em grande quantidade?

Sim Não

Acontece de chegarem caçambas inteiras somente com esse material.

Vocês têm uma estimativa da quantidade desse material que separam por dia?

Chegamos a juntar de 2.000 a 3.000 kg de alumínio desse material por semana.