

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPAS E ANÁLISE DO
CICLO DE VIDA APLICADAS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL
ESTUDOS DE CASOS**

CARLOS VICENTE JOHN DOS SANTOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre, julho de 2000

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Professor Luiz Fernando de Abreu Cybis da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que colaboraram de uma forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

Ao meu amigo e orientador, pela grande capacidade de dedicação à orientação deste estudo.

À minha mãe Dóris e ao meu pai Carlos Alberto, ambos professores, pelo incentivo aos estudos e pesquisas, tendo ainda ensinado-me a valorizar o meio ambiente.

À minha noiva, Luciana, pela paciência dispensada durante os intermináveis fins-de-semana dedicados a este trabalho e pelo incentivo nas horas difíceis.

Aos estagiários, Cristiano e Rafael, que dispendendo grande esforço me prestaram auxílio com muita dedicação.

À empresa que gentilmente cedeu seus canteiros de obras para o levantamento dos dados.

Aos fornecedores que foram solícitos quando das visitas e entrevistas.

Ao engenheiro Alexander Capela Andras pela colaboração nos levantamentos de dados.

Aos funcionários do IPH/UFRGS, onde sempre obtive apoio para a execução deste trabalho.

Aos meus pais

Doris John dos Santos e Carlos Alberto dos Santos

RESUMO

A poluição gerada no planeta torna-se maior a cada dia. A exploração exagerada dos recursos naturais reduziu significativamente as reservas de materiais e de água potável. Dentro deste quadro pode-se observar que a indústria da construção civil tem sua grande parcela de responsabilidade. Seu índice de desperdício é grande, as emissões de poluentes resultantes da fabricação das matérias primas são consideráveis. Verifica-se ainda que esta indústria é responsável por grande parte do consumo de energia e água no planeta. Este fato gerou um aumento da consciência de preservação ambiental que traz em seu bojo ferramentas para a prevenção da poluição. As ferramentas utilizadas neste estudo foram o balanço de massas (BM) e a análise do ciclo de vida (ACV), sendo a primeira adotada através das tecnologias de produção mais limpas.

No estudo de caso 1 aplicou-se a ferramenta BM, dentro das tecnologias de produção mais limpas, à construção de uma edificação com sete pavimentos e uma cobertura, e com área total de 2.248,00 m². Nesta obra foi estudada a etapa de colocação de pastilhas cerâmicas. Após um check-list efetuado para esta etapa, foram desenvolvidos seminários visando basicamente a educação ambiental e explicando os procedimentos para o trabalho com o BM. Efetuou-se a coleta e pesagem dos materiais que entravam e que saíam do sistema, analisando-se perdas e possíveis intervenções. Por fim estabeleceram-se cinco oportunidades de melhorias para esta etapa de obra. Verificou-se não haver custos para implantação destas oportunidades e todas promoveram melhorias ambientais e financeiras. Nas melhorias ambientais conseguiu-se a redução da utilização de várias matérias primas, bem como a redução de produtos tóxicos e, ainda, a promoção de resíduos antes descartados à resíduos reciclados. Com relação as melhorias ambientais, foi possível a redução de até 100% dos custos em uma das cinco oportunidades.

O estudo de caso 2 baseia-se na ACV. A análise do ciclo de vida vem ganhando força dentro das ferramentas utilizadas na prevenção da poluição, embora a sua aplicação ainda esteja um pouco restrita a produtos mais simples. Este estudo de caso teve como ponto de partida o monitoramento de uma construção de um condomínio horizontal formado por oito unidades autônomas de habitação unifamiliar, constituindo ao todo uma área total de 2.104,39 m². Foi medido a princípio as espessuras das juntas e as dimensões dos tijolos desta obra, o traço e o

tempo gasto para a mistura da argamassa. Realizada a coleta inicial de dados, partiu-se para a busca de dados relativos ao fluxo a juzante (o descarte da calça no aterro de inertes) e a montante (a fabricação do cimento, a extração da areia, a manufatura dos tijolos e a produção e abastecimento de água potável) do canteiro de obras. Além destes também foi considerado o transporte rodoviário e fluvial. Como resultados da utilização da ACV verificou-se que os poluentes gerados devido a execução da alvenaria desta obra estão ligados a seis impactos ambientais, sendo eles a chuva ácida, a toxicidade ao ser humano, o aumento dos níveis de nutrientes, o efeito estufa, a produção de ozônio a baixas altitudes e a redução dos níveis de energia. Tais impactos foram provenientes de emissões ambientais e energia relativas a produção das matérias primas, transporte e da execução da obra, como CO₂, CO, NO_x, SO_x e HC.

ABSTRACT

The pollution generated in the planet is getting bigger every day. The excessive exploration of the natural resources reduced in a big quantity the raw materials resources and the level of drinking water. Within this scene we can observe that the construction industry has its own bit of responsibility. Its levels of waste is high, the emission of raw material manufacture is considerable high, and it's also responsible for a great part of the energy consuming and the water preservation wich reinforces the pollution prevention campaingns. The research tools used in the study were the mass balance (MB) and life cycle analysis (LCA), the first was adopted through the technology of cleaner production.

The study case 1, to be able to implement the technology of cleaner production a seven floor building, 2,248.00 m² total area, was adopted. In this work the phase of ceramic pastilles placing was studied. After the check-list made for this phase, seminaries were offered in order to develop and environmental education and na explanation about the procedures to work with the BM. The collection and na explanation about the procedures and out of the system, was made, analyzing the eventual losses and interventions. Finally, five opportunities of improvement were established for this work phase. It was found out that there wouldn't be any further costs for the implementation of such as financial one. In the ambiantal improvement it was get the utilization reduction of many raw material as well the toxic products, and the waste promotial, carted aside, before, to recycled waste. It was possible to get a reduction until 100% of the cost one in five oportunities.

The study case 2 is based on LCA. Although is application remains restrict to some simple products, the life cycle analysis has been getting stronger among the research tools used to prevent the pollution. This study case had as a starting point the monitoring of na horizontal condominium construction composed by eight houses, 2,104.39 m² total area. In the beginning, the thickness of the junctions, the dimensions of the bricks used in this construction and time to mix the building cement were studied. After the first data collection, the search for data concerning the flux, the downstream (the rejection of the pieces of dry in the earthwork) and the upstream (the production of the cement, the extraction of sand, the bricks manufacture and the production of drinking water) of the working place began. Beyond these

investigations, the land and water the polluters generated in this study case are related to six environmental impacts: the acid rain, the human toxicity, the increase of the nutritional levels, global warming, the ozone in low altitudes and the energy depletion. Such impacts got from ambiental emissions energy relative to the raw materials production, transportation and work performance as CO₂, NO_x, SO_x e HC.

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	iii
Sumário.....	v
Lista de quadros.....	x
Lista de figuras.....	xiii
Siglas utilizadas.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Prevenção da poluição.....	4
3.1.1 Histórico.....	4
3.1.2 Escolas.....	8
3.1.3 Produção mais limpa.....	9
3.1.3.1 Introdução.....	9
3.1.3.2 Histórico.....	10
3.1.3.3 Técnicas de produção mais limpas x técnicas de fim-de-tubo.....	12
3.1.4 Ferramentas utilizadas na prevenção da poluição.....	13
3.1.4.1 Análise do ciclo de vida - ACV.....	13
3.1.4.2 Balanço de massas -BM.....	17
3.2 A indústria da construção civil.....	18
3.2.1 Introdução.....	18
3.2.2 Impactos da construção civil.....	18
3.2.2.1 Generalidades.....	18
3.2.2.2 Materiais.....	20
3.2.2.3 Poluição.....	20

4 ESTUDO DE CASO 1 - TÉCNICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPAS.....	26	
4.1	Introdução.....	26
4.2	Check-list.....	29
4.3	Seminários de sensibilização e definição do ECOTIME.....	29
4.4	Definição do período de amostragem.....	30
4.5	Montagem dos fluxogramas do processo produtivo.....	31
4.5.1	Colocação de pastilhas.....	31
4.5.2	Rejunte.....	33
4.5.3	Limpeza da fachada com ácido muriático.....	34
4.6	Análise comparativa de entradas e saídas do processo.....	35
4.7	Levantamento de dados.....	41
4.7.1	Principais produtos ou serviços.....	41
4.7.2	Principais resíduos ou emissões.....	42
4.7.3	Principais matérias primas e auxiliares.....	45
4.7.4	Matérias-primas e auxiliares toxicologicamente importantes.....	46
4.7.5	Categoria dos resíduos gerados.....	46
4.7.6	Prevenção e minimização dos resíduos gerados.....	49
4.7.7	Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais.....	51
4.7.8	Prevenção e minimização com mudança de tecnologia.....	53
4.7.9	Barreiras.....	54
4.8	Identificação de oportunidades de melhorias.....	55
4.8.1	Oportunidade 1 : Minimizar o consumo das pastilhas.....	55
4.8.1.1	Descrição do problema.....	55
4.8.1.2	Descrição das medida e operações unitárias envolvidas.....	57
4.8.1.3	Análise econômica.....	61
4.8.1.4	Indicadores.....	62
4.8.1.5	Conclusões da oportunidade 1.....	62
4.8.2	Oportunidade 2 : Minimizar a utilização de argamassa e rejunte.....	63
4.8.2.1	Descrição do problema.....	63
4.8.2.2	Descrição da medida e operações unitárias envolvidas.....	64
4.8.2.3	Análise econômica.....	65

4.8.2.4	Indicadores.....	66
4.8.2.5	Conclusões da oportunidade 2.....	66
4.8.3	Oportunidade 3 : Reaproveitamento das pastilhas avulsas e em tiras.....	66
4.8.3.1	Descrição do problema.....	66
4.8.3.2	Descrição da medida e operações unitárias envolvidas.....	67
4.8.3.3	Análise econômica.....	68
4.8.3.4	Indicadores.....	69
4.8.3.5	Conclusões da oportunidade 3.....	70
4.8.4	Oportunidade 4 : separação de embalagens e papéis.....	70
4.8.4.1	Descrição do problema.....	70
4.8.4.2	Descrição da medida e operações unitárias envolvidas.....	70
4.8.4.3	Análise econômica.....	71
4.8.4.4	Indicadores.....	72
4.8.4.5	Conclusões da oportunidade 4.....	73
4.8.5	Oportunidade 5 : lavagem da fachada.....	73
4.8.5.1	Descrição do problema.....	73
4.8.5.2	Descrição da medida e operações unitárias envolvidas.....	73
4.8.5.3	Análise econômica.....	74
4.8.5.4	Indicadores.....	75
4.8.5.5	Conclusões da oportunidade 5.....	76
4.9	Conclusões do estudo de caso 1.....	76
5 ESTUDO DE CASO 2 - ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV).....		77
5.1	Introdução.....	77
5.2	Abrangência da análise.....	78
5.2.1	Alvenaria.....	79
5.2.2	Água.....	79
5.2.3	Cimento.....	79
5.2.4	Areia.....	79
5.2.5	Tijolos.....	80
5.2.6	Quantificação e disposição dos resíduos.....	80

5.2.7	Transporte rodoviário.....	80
5.3	Análise de inventários.....	80
5.3.1	Alvenaria.....	80
5.3.1.1	Dados coletados na obra.....	81
5.3.2	Água.....	86
5.3.2.1	Introdução.....	86
5.3.2.2	Dados coletados.....	87
5.3.2.3	Quantidade de água utilizada no sistema.....	87
5.3.2.4	Energia consumida.....	88
5.3.3	Cimento.....	89
5.3.3.1	Introdução.....	89
5.3.3.2	Quantidade de cimento produzido.....	90
5.3.3.3	Energia consumida na fábrica.....	90
5.3.3.4	Emissões para a atmosfera.....	90
5.3.4	Areia.....	91
5.3.5	Tijolo.....	94
5.3.6	Disposição de resíduos sólidos no aterro de inertes.....	97
5.3.7	Transporte rodoviário.....	98
5.3.7.1	Transporte rodoviário de tijolos.....	98
5.3.7.2	Transporte rodoviário do cimento.....	99
5.3.7.3	Transporte rodoviário de areia.....	100
5.3.7.4	Transporte rodoviário de resíduos sólidos ao aterro de inertes.....	100
5.3.7.5	Energia consumida e emissão de poluentes.....	101
5.3.8	Planilha de inventários.....	102
5.4	Análise de impactos.....	104
5.5	Normalização dos escores.....	104
5.6	Valoração.....	106
5.7	Análise de melhorias.....	107
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	110
6.1	Conclusões.....	110
6.2	Recomendações.....	111

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
8. APÊNDICE.....	117
8.1. Check-list.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1:	Resultados obtidos no programa 96/97 do CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas.....	12
Quadro 3.2:	Vantagens das Tecnologias de Produção Mais Limpa em relação a visão de fim-de-tubo.....	14
Quadro 3.3:	Dados médios da produção de resíduos sólidos para diversas localidades.....	21
Quadro 3.4:	Produção de agregados em alguns países desenvolvidos durante o ano de 1989.....	24
Quadro 3.5:	Consumo e reserva de alguns metais utilizados na indústria da construção civil.....	25
Quadro 4.1:	Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 1, colocação de pastilhas.....	40
Quadro 4.2:	Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 2, rejunte.....	40
Quadro 4.3:	Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 3, limpeza com ácido.....	41
Quadro 4.4:	Quantidade do produto produzido no processo produtivo.....	42
Quadro 4.5:	Principais resíduos ou emissões.....	44
Quadro 4.6:	Principais matérias-primas e auxiliares.....	46
Quadro 4.7:	Categoria dos resíduos gerados na etapa de colocação de pastilhas.....	47
Quadro 4.8:	Categoria dos resíduos gerados na etapa de rejunte.....	48
Quadro 4.9:	Categoria dos resíduos gerados na etapa de colocação de limpeza com ácido.....	48
Quadro 4.10:	Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de colocação de pastilhas.....	50
Quadro 4.11:	Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de rejunte.....	50
Quadro 4.12:	Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de limpeza com ácido muriático.....	51

Quadro 4.13: Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais na etapa de colocação de pastilhas colocação de pastilhas.....	52
Quadro 4.14: Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais na etapa de limpeza com ácido muriático.....	53
Quadro 4.15: Prevenção e minimização de resíduos com mudança de tecnologia na etapa de colocação de pastilhas.....	54
Quadro 4.16: Prevenção e minimização de resíduos com mudança de tecnologia na etapa de rejunte.....	54
Quadro 4.17: Oportunidades, estratégias e barreiras encontradas na obra.....	56
Quadro 4.18: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 1.....	61
Quadro 4.19: Indicadores ambientais da oportunidade 1.....	62
Quadro 4.20: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 2.....	65
Quadro 4.21: Indicadores ambientais da oportunidade 2.....	66
Quadro 4.22: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 3.....	68
Quadro 4.23: Indicadores ambientais da oportunidade 3.....	69
Quadro 4.24: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 4.....	72
Quadro 4.25: Indicadores ambientais da oportunidade 4.....	72
Quadro 4.26: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 5.....	75
Quadro 4.27: Indicadores ambientais da oportunidade 5.....	75
Quadro 5.1: Dados sobre as medições das juntas.....	81
Quadro 5.2: Dados sobre as dimensões dos tijolos utilizados na obra.....	83
Quadro 5.3: Área de alvenaria projetada na obra.....	84
Quadro 5.4: Valores estimados de insumos e energia consumidos nesta construção.....	87
Quadro 5.5: Quantidade média de tijolos utilizados nas alvenarias desta obra.....	85
Quadro 5.6: Consumo médio de argamassa consumida na obra 02.....	86
Quadro 5.7: Dados médios sobre o volume de água que entra no sistema e sua geração de lodo para a produção de 146,05m ³ de argamassa.....	88
Quadro 5.8: Consumo de energia elétrica DMAE - Abastecimento de água - Porto Alegre - 1991.....	89

Quadro 5.9:	Dados médios sobre as emissões atmosféricas geradas pela produção de cimento.....	91
Quadro 5.10:	Emissões de poluentes referentes a óleo diesel no Município de Porto Alegre no ano de 1990.....	93
Quadro 5.11:	Dados médios sobre a extração de areia.....	94
Quadro 5.12:	Dados médios sobre a energia gasta e as emissões atmosféricas para o transporte fluvial de 136,09 m ³ de areia.....	94
Quadro 5.13:	Emissões de poluentes referentes a queima da lenha no Município de Porto Alegre no ano de 1990.....	95
Quadro 5.14:	Dados médios sobre as emissões atmosféricas, energia consumida, materiais extraídos do meio ambiente e resíduos sólidos referentes a produção de 271.845 tijolos maciços.....	97
Quadro 5.15:	Dados médios sobre o transporte de tijolos à obra.....	99
Quadro 5.16:	Dados médios sobre o transporte de cimento à obra.....	99
Quadro 5.17:	Dados médios sobre transporte de areia à obra.....	100
Quadro 5.18:	Dados médios sobre o transporte de entulhos ao aterro de inertes.....	101
Quadro 5.19:	Dados médios sobre as emissões atmosféricas produzidas e energia consumida pelo transporte rodoviário.....	101
Quadro 5.20:	Planilha de inventários da ACV da obra 02.....	103
Quadro 5.21:	Fatores de equivalência.....	105
Quadro 5.22:	Impactos totais não normalizados da obra 02.....	105
Quadro 5.23:	Normalização dos impactos ambientais da obra 02.....	105
Quadro 5.24:	Valoração dos impactos ambientais da obra 02.....	106
Quadro 5.25:	Planilha de inventários da ACV da obra hipotética.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1:	Fluxograma da ACV.....	15
Figura 3.2:	Fluxograma de produção de uma indústria genérica.....	16
Figura 4.1:	Fotografia da fachada da obra 01.....	26
Figura 4.2:	Fotografia das placas de pastilhas.....	28
Figura 4.3:	Fotografia da aplicação de soda cáustica sobre a fachada.....	28
Figura 4.4:	Fluxograma do processo produtivo.....	31
Figura 4.5:	Fluxograma da etapa 1 - Colocação de pastilhas.....	32
Figura 4.6:	Fluxograma da etapa 2 - Rejunte.....	34
Figura 4.7:	Fluxograma da etapa 3 - Limpeza com Ácido.....	35
Figura 4.8:	Fotografia da pesagem de materiais.....	36
Figura 4.9:	Fotografia do almoxarifado.....	37
Figura 4.10:	Fotografia dos resíduos de papel craft.....	37
Figura 4.11:	Fotografia do acondicionamento dos resíduos.....	38
Figura 4.12:	Fotografia do acondicionamento dos resíduos.....	38
Figura 4.13:	Fotografia do acondicionamento dos resíduos das pastilhas.....	43
Figura 4.14:	Fotografia do marco de madeira.....	52
Figura 4.15:	Fotografia da esquadria de alumínio.....	60
Figura 5.1:	Fluxograma geral da análise da ACV.....	78
Figura 5.2:	Fluxograma da execução da alvenaria.....	82
Figura 5.3:	Faces de um tijolo.....	85
Figura 5.4:	Fluxograma do sistema de tratamento de água.....	87
Figura 5.5:	Fluxograma do cimento.....	90
Figura 5.6:	Fotografia do cais.....	92
Figura 5.7:	Fluxograma de extração de areia.....	92
Figura 5.8:	Fluxograma do processo produtivo de tijolos.....	96

SIGLAS UTILIZADAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV - análise do ciclo de vida

ADM - administração

ANN - aumento dos níveis de nutrientes

BM - balanço de massas

CA - chuva ácida

CNTL - Centro Nacional de Tecnologias Limpas

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento

DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto

DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana

EBAB - estação de bombeamento de água bruta

EBAT - estação de bombeamento de água tratada

EE - estação elevatória

EIA-RIMA - estudo de impactos ambientais e relatório de impacto do meio ambiente

EMAS - The Eco-Management and Audit Scheme

ETA - estação de tratamento de água

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente

FIERGS - Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul

IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas

ISO - International Standardization Organization

MP - material particulado

NCPC - National Cleaner Production Centres

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development

ONG - organização não governamental

POBA - Produção de ozônio a baixas altitudes

REN - redução de energia

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SETEC - Society of Environmental Toxicology and Chemestral

SGA - sistema de gerenciamento ambiental

TH - toxicidade ao homem

1. INTRODUÇÃO

A degradação causada pelo homem ao meio ambiente tornou-se uma grande preocupação mundial. O ser humano interfere na vida do planeta, interagindo em tudo o que se refere a água, ar e solo, tornando-se um grande predador de sua própria espécie.

No início, o trabalho executado pelo homem ocorria de forma lenta e artesanal. Movido pelo interesse de aumentar a produtividade foram inventadas as máquinas. As primeiras eram muito rudimentares e necessitavam da força animal como energia motriz. Com o passar do tempo foram implantadas indústrias onde as máquinas utilizadas foram aperfeiçoando-se. Criou-se a máquina movida a vapor, a máquina movida a energia elétrica e culminando com a máquina movida a energia nuclear. Todo este avanço tecnológico trouxe consigo fontes permanentes de poluição. Verifica-se então que as indústrias contribuem para a poluição atmosférica, para a contaminação do solo, rios, lagos e mares. Em função desta situação global e buscando a redução dos poluentes e contaminantes emitidos pela indústria em geral, apareceram diversas tendências (escolas) de controle da poluição na indústria.

Dentro das escolas modernas de controle da poluição, as estudadas neste trabalho são as de produção mais limpa e da ISO-14.000. A produção mais limpa busca uma ação dentro da indústria, atuando diretamente sobre os poluentes gerados. A ISO-14.000 propõe a utilização de uma metodologia específica, padronizando os conceitos de prevenção da poluição. Para a adoção de qualquer uma destas escolas lança-se mão de determinadas ferramentas de trabalho como o balanço de massas e a análise do ciclo de vida.

O balanço de massas realiza uma comparação entre a quantidade de matéria prima, energia e água que entram no processo, com o produto final, sub-produtos, resíduos e emissões. A análise do ciclo de vida estuda a relação de um determinado produto com o meio ambiente, podendo-se iniciar o estudo com a extração dos materiais do meio ambiente, passando por todas as fases de manufatura dos produto e culminando com a sua disposição no meio ambiente. Estas ferramentas podem ser utilizadas no estudo de prevenção da poluição gerada pela indústria da construção civil, visto ser este setor um dos grandes geradores de poluentes no mundo atual.

A indústria da construção civil, ao mesmo tempo em que é uma das mais importantes a nível mundial, opera com grandes perdas em seu processo. Os desperdícios dentro do canteiro de obras tornaram-se um desafio para os gerentes que tentam minimizar os custos do empreendimento. Visualizando o canteiro de obras sob o prisma de uma indústria, verifica-se que o refugo nele produzido possui um volume extremamente grande devido principalmente ao fato do desconhecimento do valor real do que se desperdiça em uma obra. Focalizando-se pela ótica ambiental, este setor também é responsável pela geração de poluentes atmosféricos e por um grande consumo de água.

Neste trabalho será apresentado uma revisão bibliográfica relativamente à prevenção da poluição na indústria, especificamente na da construção civil, seguido de dois estudos de caso distintos. O primeiro refere-se a aplicação de técnicas de produção mais limpas no revestimento externo de um prédio residencial. O segundo trata da aplicação da análise do ciclo de vida, tendo como enfoque principal a alvenaria portante de um condomínio residencial, sendo ainda verificados os insumos, o transporte e a disposição no aterro de inertes.

Ambas as obras pertenciam a uma empresa de pequeno porte segundo a classificação do SEBRAE, contando com apenas oito funcionários na sede, podendo ainda ser classificada como uma empresa familiar. A mão de obra de suas construções era totalmente terceirizada. O material utilizado nos canteiros de obras da empresa era adquirido pela mesma, sendo comum a utilização de material manufaturado em outros estados do país.

2. OBJETIVOS

Em termos gerais, o objetivo deste trabalho foi a aplicação de princípios de prevenção da poluição na indústria da construção civil, como uma forma de diminuir os impactos ambientais causados pelo homem dentro desta atividade econômica.

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- estudar as metodologias das técnicas de produção mais limpas e da análise do ciclo de vida para aplicação nas indústrias;
- adaptar estas metodologias às particularidades da indústria da construção civil do nosso estado;
- levantar alguns impactos ambientais causados pela indústria da construção civil;
- sugerir melhorias às empresas envolvidas para diminuir os impactos ambientais correlatos, sejam eles ligados a uma diminuição na utilização de materiais, no gasto de energia, ou ainda na geração de resíduos;
- iniciar o desenvolvimento da educação ambiental no canteiro de obras;
- fortalecer o Grupo de Gerenciamento Ambiental do IPH/UFRGS.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Prevenção da poluição

3.1.1. Histórico

A partir de Senent (1979) e de Centro Nacional de Tecnologias Limpas (1998) é possível vislumbrar o seguinte seqüenciamento dos fatos relativamente a prevenção da poluição.

A ação do homem sobre o meio ambiente data de sua criação na Terra. Os homens primitivos utilizavam o fogo para a caça de animais, influenciando desta maneira sobre o meio ambiente. Esta prática ainda sobrevive em alguns locais do planeta nos dias de hoje.

Com o passar do tempo, o homem evoluiu, transformando-se de caçador para agricultor, descobrindo que tinha no fogo um potente aliado para transformar florestas em áreas cultiváveis. Tais práticas tornaram-se repetitivas em muitos locais, transformando terras férteis em áridas.

Durante a Idade Média o homem continuou com o abuso na utilização do solo com as práticas de agricultura e criação de gado. Ocorreu também uma grande utilização da madeira para construções e para as grandes navegações.

Até o início da revolução industrial, as conseqüências das agressões do homem sobre o meio ambiente eram localizadas, afetando pouco o meio ambiente global. A revolução industrial, que teve seu início por volta de 1750, introduziu a utilização de novas fontes de energia, produzidas a partir de combustíveis sólidos como o carvão e permitiu uma maior exploração de recursos naturais, como o ferro, satisfazendo as necessidades do homem. Como existiam em abundância as matérias-primas utilizadas, não permitia-se pensar em reciclagem de materiais.

A revolução industrial afetava, a princípio, apenas a Europa e os Estados Unidos. Com o passar do tempo e com a libertação dos escravos, a industrialização passou a globalizar-se em vários países e colônias.

A preocupação com o meio ambiente no Brasil data de sua descoberta. Pois observa-se que em 1500, Dom Afonso V, então rei de Portugal criou o Código das Ordenações Afonsinas, prevendo a proteção das riquezas florestais e a proibição do

corte das árvores frutíferas. Desde então observa-se outros códigos e normas pertinentes a legislação portuguesa trazendo consigo proteção ambiental. Em 1605 ocorreu a proibição do corte do pau-brasil sem a devida licença expressa real ou do provedor mor, sendo o infrator passível de penas severas tais como a pena de morte. A legislação ambiental brasileira tem sua origem na legislação portuguesa.

Com o passar do tempo a legislação ambiental brasileira obteve avanços significativos, buscando uma identidade própria para o controle da poluição.

Em 1920 surgiram no Brasil normas de controle sobre medidas ambientais em atividades industriais. Sendo ainda que através da promulgação da Constituição Federal de 1934, a proteção ambiental passou a ser competência da União e dos Estados.

De 1960 a 1970 ocorreu a retomada industrial do pós-guerra. Neste período entende-se que houve o início de uma conscientização ambiental a nível mundial.

Em abril de 1968 foi fundado o Clube de Roma, que contava com trinta personalidades das mais diversas áreas, desde políticos até cientistas. As reuniões pautavam-se na discussão sobre o futuro dos seres humanos na Terra, entre os assuntos discutidos encontrava-se a poluição.

Em 1972 foi publicado o relatório do Clube de Roma intitulado “Os Limites do Crescimento” versando sobre a imprudência de um crescimento econômico não sustentável.

Datam da década de 70 também o surgimento de padrões de emissões de poluentes, a partir da Conferência de Estocolmo em 1972. Nesta conferência proclamou-se o dia 5 de junho de cada ano como o Dia do Meio Ambiente. No Brasil ocorreram a criação de vários órgãos estaduais e federais de proteção ao meio ambiente motivados pela Conferência de Estocolmo.

Em 1978 foi criado na Alemanha o *Bleu Angel*, ou chamado selo verde alemão que certificava os produtos que cumpriam metas e diretrizes ambientais baseadas nas recomendações fornecidas pelo conselho da *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)*. Devido ao grau de exigência do consumidor alemão, este selo teve uma grande repercussão, podendo ser citado como o pioneiro dos chamados *selos verdes* no mundo. Baseados pelo sucesso obtido pelo *Bleu Angel* outros países buscaram o seu próprio selo ambiental. No Canadá surgiu o *Environmental Choice* em 1988, em 1989 nasceu no Japão o *Eco Mark*, em 1990 os Estados Unidos implantaram o *Green Seal*, a Índia adotou a

rotulagem ambiental com o nome de *Eco Mark* em 1991, em 1992 também a Coréia do Sul adotava o seu *Eco Mark* e por fim em 1992 a Singapura instituiu o *Green Label*.

Ainda na década de 70, a preocupação com a poluição fez com que se tomassem iniciativas com relação a emissões atmosféricas e efluentes líquidos. A comunidade científica propôs a construção de chaminés mais altas visando a dispersão dos gases, bem como a utilização de filtros para a melhoria das condições atmosféricas. Com relação aos efluentes líquidos, a solução adotada nesta década foi a diluição.

A década de 80 foi pautada por um controle mais específico sobre o meio ambiente agregado a um início de planejamento industrial sobre questões ambientais. Surgem no Brasil controles mais rigorosos como a resolução 01 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – em 1986, em seu artigo 1º estabelece o conceito de impacto ambiental, a saber: *qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais*, e em seu artigo 2º obriga a elaboração de EIA-RIMA (Estudo de Impactos Ambientais e Relatório de Impacto do Meio Ambiente) para as atividades modificadoras do meio ambiente citadas neste artigo.

Em 1982, através do Ministério do Interior e Secretaria do Meio Ambiente, introduz-se o princípio “Poluidor Pagador”, transferindo-se às indústrias o ônus de pesquisas visando a utilização de tecnologias e materiais menos poluentes.

A constituição de 1988 trouxe no seu bojo algumas mudanças significativas relacionadas com o meio ambiente como a descentralização por parte da União para legislar sobre matérias ambientais. Nesta constituição concede-se poderes aos estados, municípios e a própria União para legislar sobre questões concernentes ao meio ambiente (Art. 24 VI Constituição da República Federativa do Brasil, 1988). Porém entende-se também que os estados e municípios somente poderão adotar legislações mais severas do que a da União, sendo estas suplementares às normas gerais da União (Art. 24 § 1º ao 4º Constituição da República Federativa do Brasil, 1988). Esta Constituição introduz no capítulo VI, somente questões concernentes ao

meio ambiente, o artigo 225 define em seu *caput*: *Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade em geral o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

Com a Constituição Federal de 1988, foi promulgada a Constituição do Estado do Rio Grande do Sul aos 3 de outubro de 1989 onde versa sobre o meio ambiente em seu capítulo IV. Através da lei Estadual 9.077 de 1990 surge a FEPAM, Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente, visando controlar e fiscalizar as atividades poluentes no estado.

Na última década do século XX verifica-se uma tendência a globalização dos esforços para a redução de poluentes: Em 1992 realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência Mundial de Meio Ambiente, a RIO/92. Esta conferência definiu a estratégia do desenvolvimento sustentável.

Surgem vários modelos normativos para os sistemas de gestão ambiental, entre eles citam-se o EMAS, *The Eco-Management and Audit Scheme*, da Comunidade Econômica Européia em 1993, a BS-7750, *Specification for Environmental Management Systems*, do Reino Unido em 1992 e a ISO-14.000 em 1996, *Environmental Management Systems – Specification With Guidance for Use*, sendo esta última uma norma internacional.

No Brasil, cria-se a lei sobre crimes ambientais dispondo sobre sanções penais e administrativas provenientes de atos contra o meio ambiente (Lei nº 9.605 de fevereiro de 1998).

A conscientização do consumidor atual aliada a legislação mais severa hoje existente fazem com que algumas indústrias passem a preocupar-se mais com a preservação do meio ambiente. Diante do exposto, verifica-se que tais indústrias adotaram o sistema ISO-14.000, visando a certificação de seus produtos com a conseqüente melhora da imagem da empresa no concorrido mercado internacional. Estes procedimentos trazem consigo enormes benefícios econômicos, pois enquanto diminui-se a geração dos resíduos, gasta-se menos para tratá-los.

Não obstante os fatos expostos acima e comparando-se dados colhidos entre a revolução industrial e os dias de hoje, observa-se que a preocupação do homem com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável evoluiu muito. Durante o início da revolução industrial cerca de 90% dos materiais e minérios eram descartados sem serem utilizados. Nos dias atuais cita-se como exemplo a fábrica

de automóveis Toyota japonesa. Nesta indústria, em pouco tempo, 90% dos componentes dos veículos por ela fabricados serão de materiais recicláveis. (Csordas & Villar, 1998)

3.1.2. Escolas

São várias as escolas existentes onde o princípio básico de prevenção da poluição é utilizado. Entre elas citam-se a emissão zero, o sistema de gerenciamento ambiental (ISO 14.000) e as técnicas de produção mais limpa.

A *International Standardization Organization* (ISO) é uma Organização Não Governamental (ONG) fundada em 1947 e sediada em Genebra. Esta ONG tem como participantes um grupo constituído de mais de cem países onde concentram-se aproximadamente 95% de toda a produção industrial. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é um dos membros fundadores e como tal possui direito a voto. Esta organização através do comitê técnico 207 desenvolveu a série 14.000 das normas que dizem respeito a qualidade ambiental na indústria. Dentro deste conceito foi proposto o Sistema de Gerenciamento Ambiental, SGA, como forma de padronizar a aplicação dos princípios gerais de prevenção da poluição. Ao implantar o sistema de gerenciamento ambiental na indústria estabelece-se a política ambiental, definindo-se objetivos e metas e deixando-se transparente as intenções da empresa. A série ISO-14.000 foi desenvolvida com base em normas e códigos específicos para o meio ambiente, tais como a EMAS e a BS-7750, citando-se apenas as mais importantes atualmente. No Brasil a ABNT adotou a norma internacional ISO-14.000.

A ISO-14.000 constitui-se de um conjunto de normas visando a melhoria ambiental contínua através de ações padrões de Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) a nível internacional. Ao utilizar-se das normas da série ISO-14.000 a empresa estabelecerá programas, através de uma política ambiental, nos quais comprometer-se-á a não provocar danos ao meio ambiente.

São inúmeras as possibilidades de melhorias advindas da adoção e utilização desta norma, pode-se citar que a médio prazo obtém-se a avaliação de riscos ambientais, a recuperação de áreas degradadas, o relatório de auditoria ambiental, a preparação de planos de emergência ou contingenciamento, a determinação de impactos ambientais e projetos para o meio ambiente.

A longo prazo as potencialidades decorrentes da utilização da ISO-14.000 são a obtenção de produtos e processos mais limpos, a conservação de recursos naturais, gestão de resíduos industriais, a gestão racional do uso da energia e a redução da poluição global.

A escola das tecnologias de produção mais limpa foi encampada pela Organização das Nações Unidas Voltadas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) como forma de divulgar e instigar a prevenção da poluição no mundo. As técnicas de produção mais limpa traduzem um conjunto de ações integrados na indústria, visando a diminuição da geração de elementos poluentes, otimização na utilização de matérias-primas e água, bem como a redução no consumo de energia.

3.1.3. Produção mais limpa

3.1.3.1. Introdução

Conforme descrito em ECOPROFIT (1998), a tecnologia de produção mais limpa é uma escola que aplica os conceitos de prevenção e minimização da poluição. Uma definição de produção mais limpa adotada neste texto é a abaixo citada:

Produção mais limpa é uma aplicação contínua de estratégias ambientais aos processos, produtos e serviços para o incremento da eficiência e redução dos riscos aos homens e ao meio ambiente.(UNEP, 1995)

As técnicas de produção mais limpa buscam a minimização de resíduos e emissões através de ações integradas entre o processo industrial e o meio ambiente questionando-se a origem dos resíduos e emissões, bem como o fato de o porquê geraram-se tais elementos poluentes.

Resíduos e emissões podem ser entendidos como toda e qualquer matéria-prima adquirida pela indústria e produtos de processo que não transformaram-se em produtos comercializáveis, sendo descartados, trazendo ônus ao meio ambiente e prejuízos à indústria.

Enquanto diminui-se a quantidade de resíduos gerados e de efluentes tratados, diminui-se o custo com o tratamento e disposição de resíduos. Da mesma forma pode-se afirmar que ao reduzir-se a quantidade de resíduos gerados, para uma mesma unidade de produção, diminui-se a quantidade de matéria-prima

adquirida pela indústria e material extraído do meio ambiente. Fato este de extrema relevância pois diminui os custos das indústrias e os impactos ambientais relacionados com esta aplicação.

Diante do exposto verifica-se que as técnicas de produção mais limpa propõe um crescimento econômico sustentável, tornando-se uma excelente proposta ambiental, sem deixar de ser uma ótimo negócio para as indústrias, possibilitando maiores lucros.

3.1.3.2. Histórico

Em UNEP (1995) é apresentado um bom histórico das tecnologias de produção mais limpas.

A partir de 1992, com a *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED), propôs-se uma mudança de atitudes em relação a prevenção da poluição. Através da Agenda 21, capítulos 20, 22 e 30, dava-se prioridade para a implantação de programas de tecnologias mais limpas.

Em 1994 implantaram-se as técnicas de produção mais limpa em cinco indústrias do México, Filipinas, Malásia, Polônia e Índia. A seguir serão descritos brevemente os benefícios alcançados nestas indústrias (UNEP, 1997).

Nas Filipinas a indústria adotada foi a de comidas processadas, onde o retorno econômico deu-se em nove meses, crescendo a produtividade em 55 litros/hora de sucos de frutas que antes eram descartados.

No México as técnicas de produção mais limpa estenderam-se à indústria de componentes automobilísticos ocasionando a eliminação de falhas no sistema de refrigeração e a eliminação de quatro milhões de litros águas residuárias contaminadas com óleo a cada ano, tendo o seu retorno econômico ocorrido em apenas quatro meses.

A indústria adotada na Malásia foi a indústria madeireira, onde a implantação de técnicas de produção mais limpa obteve excelentes resultados. Nesta indústria reduziu-se cinquenta e quatro toneladas de resíduos perigosos e 5,7 milhões de litros de água, tudo isto com um retorno econômico em três meses.

Na Europa a experiência ocorreu na Polônia. Neste país introduziram-se as técnicas de produção mais limpa em uma indústria metalúrgica obtendo-se uma

redução de 90% das emissões de cianetos, tolueno, benzeno, xileno e sulfetos. Neste caso conseguiu-se um retorno econômico em apenas um mês.

O quinto país a participar da experiência foi a Índia. A indústria selecionada foi a de manufatura de óxido de chumbo, obtendo-se uma redução de 50% no consumo de combustível e incrementando a produção de óxido de chumbo em 3%. Seu retorno econômico veio em menos de três meses.

Visando a difusão das técnicas de produção mais limpa em outros países, implementaram-se no mundo todo inicialmente dez centros de divulgação desta escola, conhecidos como *National Cleaner Production Centres (NCPC)*. Estes NCPC foram criados através de um programa voltado ao meio ambiente pela UNIDO (Organização das Nações Unidas Voltadas para o Desenvolvimento Industrial) e a UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). Cada um destes NCPC foi implantado em um país diferente, sendo o Brasil um dos beneficiados. Os outros que também sediaram um NCPC foram a República Tcheca, a Eslováquia, a Hungria, o México, a Tunísia, a Tanzânia, o Zimbábwe, a Índia e a China. (SENAI, 1998)

No Brasil implantou-se o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, em julho de 1995. Este centro situa-se junto ao SENAI/FIERSGS (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul). (SENAI, 1998)

O primeiro convênio visando a implantação de técnicas de produção mais limpa no Brasil ocorreu em 1996, obtendo-se resultados em 1997, denominando-se programa 96/97. Este convênio contemplou onze empresas do estado do Rio Grande do Sul. As empresas conveniadas inicialmente eram parte de três setores industriais, quais sejam: setor metal-mecânico, setor agroindustrial e setor polímeros. (CNTL, 1997)

O programa 96/97, observado no quadro 3.1, obteve valores expressivos relacionados a melhorias ambientais. Reduziu-se a geração de 97 ton/ano de resíduos perigosos e reduziu-se o consumo de matéria-prima em 120 ton/ano. Com relação ao consumo de energia obteve-se uma redução de 1.660 MWh/ano, e o consumo de água foi reduzido em 120 mil m³/ano. Para a obtenção destes resultados foram investidos apenas Us\$ 189.655,17 (cento e oitenta e nove mil dólares e dezessete centavos), sendo que os benefícios econômicos alcançados foram de R\$ 428.448,28/ano (quatrocentos e vinte e oito mil e quatrocentos e

quarenta e oito dólares e vinte e oito centavos ao ano) (SENAI, 1998). Deve-se ressaltar ainda que das cento e trinta e oito medidas de melhorias identificadas nas onze empresas, apenas setenta e uma medidas foram implementadas.

Quadro 3.1: Resultados obtidos no programa 96/97 do CNTL-Centro Nacional de Tecnologias Limpas

Itens	Quantidade
Número de empresas participantes	11
Número de medidas identificadas	138
Número de medidas implementadas	71
Redução na geração de resíduos perigosos*	97 t
Redução no consumo de matéria-prima*	120 t
Redução no consumo de energia*	1.660 MWh
Redução no consumo de água*	120.000 m ³
Investimentos necessários (Us\$)	189.655,17
Benefícios econômicos obtidos* (Us\$)	428.448,28

* correspondem a valores anuais

cotação do dólar: R\$ 1,116 em dezembro de 1997

Fonte: SENAI, 1998

Em 1998 realizou-se o primeiro Seminário Nacional de Produção Limpa em Porto Alegre, RS, visando a divulgação do programa 96/97. Neste ano também foi realizado o Iº Curso de Capacitação de Consultores em Produção Mais Limpa.

3.1.3.3. Técnicas de Produção Mais Limpa x Técnicas de fim-de-tubo

A proteção ambiental de uma dada empresa não deve ficar restrita a visão do tratamento ou disposição final. Esta visão é conhecida como a visão do *end-of-pipe* (fim-do-tubo). Ela é caracterizada como despesas e problemas adicionais que recairão sobre a empresa. (Cybis, 1998)

A filosofia da produção mais limpa pretende integrar os objetivos ambientais ao processo produtivo, de modo a reduzir a utilização de insumos e de energia, ao

mesmo tempo reduzindo a produção de resíduos e emissões, tanto em termos de volume quanto em toxicidade.

A partir das vantagens das técnicas de produção mais limpas sobre a visão do fim-do-tubo, mostradas no quadro 3.2 pode-se concluir que ao reduzir o emprego de insumos e de energia, existe um potencial para diminuição de custos de produção. Além disso, a partir da análise do processo de produção, geralmente ocorrem inovações dentro da empresa. A empresa assume a responsabilidade pelo seu potencial poluidor e a redução da utilização de recursos naturais e de energia, bem como da geração de resíduos, leva a um desenvolvimento mais equilibrado.

3.1.4. Ferramentas utilizadas na prevenção da poluição

São várias as ferramentas que podem ser utilizadas como auxiliares nos processos envolvendo técnicas de produção mais limpa, podendo-se citar, entre elas, a análise do ciclo de vida (ACV) e o balanço de massas (BM).

3.1.4.1. Análise do ciclo de vida - ACV

A ACV pretende uma avaliação completa dos produtos, processos e serviços buscando estimar uma determinada carga ambiental e melhorando os produtos. Para tanto define-se um espaço de tempo e analisa-se todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade. Pode-se iniciar a análise com a extração de materiais brutos, passando por transporte, manufatura, distribuição, toda a espécie de utilização do produto e sua posterior reutilização, reciclagem e finalizando com a sua disposição final. Este caso é descrito como análise do ciclo de vida realizada do berço ao túmulo. (Cybis,1998)

Porém a ACV pode ser restrita a determinados passos dentro do processo total de ciclo de vida do produto, seja por interesses particulares, seja pela complexidade de alguns processos e produtos. Esta análise pode ser tão grande ou tão pequena quanto se queira. No caso de indústrias, por exemplo, pode-se adotar o chamado *gate to gate* (portão a portão), analisando-se o ciclo de vida a partir da entrada da matéria-prima, passando por transporte interno, manufatura e chegando ao produto final com seus resíduos e emissões. Podendo-se restringir ainda mais a

análise requerida, trabalhando-se apenas com um sub-processo ou descarte de materiais ou outro qualquer.

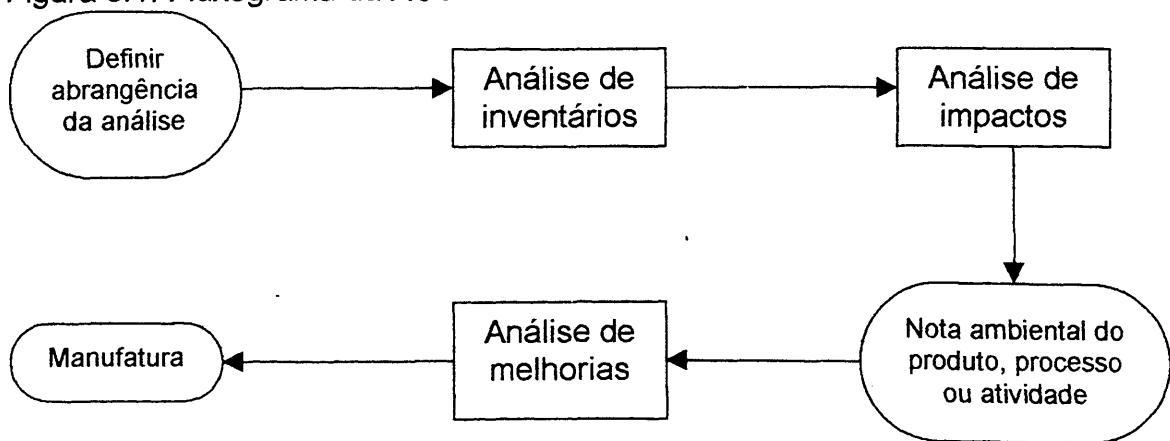
Quadro 3.2: Vantagens das Tecnologias de Produção Mais Limpa em relação a visão de fim-de-tubo

Visão de de fim-de-tubo	Tecnologias de produção mais limpa
Como tratar os resíduos e emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
... pretende reação	... pretende ação
Geralmente leva a custos adicionais	Pode ajudar a reduzir custos
Os resíduos e emissões são limitados através de filtros e unidades de tratamento. Soluções de fim-de-tubo. Tecnologia de reparo. Enclausuramento de emissões.	Prevenção de resíduos e emissões na fonte. Evita processos e materiais potencialmente tóxicos.
A proteção ambiental entra depois que os produtos e processos tenham sido desenvolvidos.	A proteção ambiental entra como uma parte integrante do design do produto e da engenharia do processo.
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.	Tenta-se resolver os problemas ambientais em todos os níveis e em todos os campos.
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.	Proteção ambiental é tarefa de todos.
... é trazida de fora.	... é uma inovação desenvolvida dentro da empresa.
... aumenta o consumo de material e energia.	... reduz o consumo de material e energia.
Complexidade e riscos aumentados.	Riscos reduzidos e transparência aumentada.
Proteção ambiental desce para preenchimento de prescrições legais.	Proteção ambiental como um desafio permanente.
... é resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos.	... é uma abordagem que pretende criar técnicas de produção para um desenvolvimento mais sustentado.

Fonte: ECOPROFIT, 1998

Para efetuar a ACV, em primeiro lugar, deve-se definir a abrangência do estudo, que materiais, processos ou produtos serão considerados no estudo e quão abrangente serão as alternativas definidas. Realizada esta etapa, parte-se para a análise propriamente dita, composta por três estágios, quais sejam: análise de inventários, análise de impactos e análise de melhorias. As análises de inventário e de impacto irão gerar uma nota de desempenho ambiental onde será alicerçado o estudo para o terceiro estágio da análise de melhorias. Feito isto, o produto em melhores condições ambientais é liberado para a manufatura. Na figura 3.1 a seguir observa-se o fluxograma do estudo da ACV. (Heijungs *et al.*, 1996)

Figura 3.1: Fluxograma da ACV



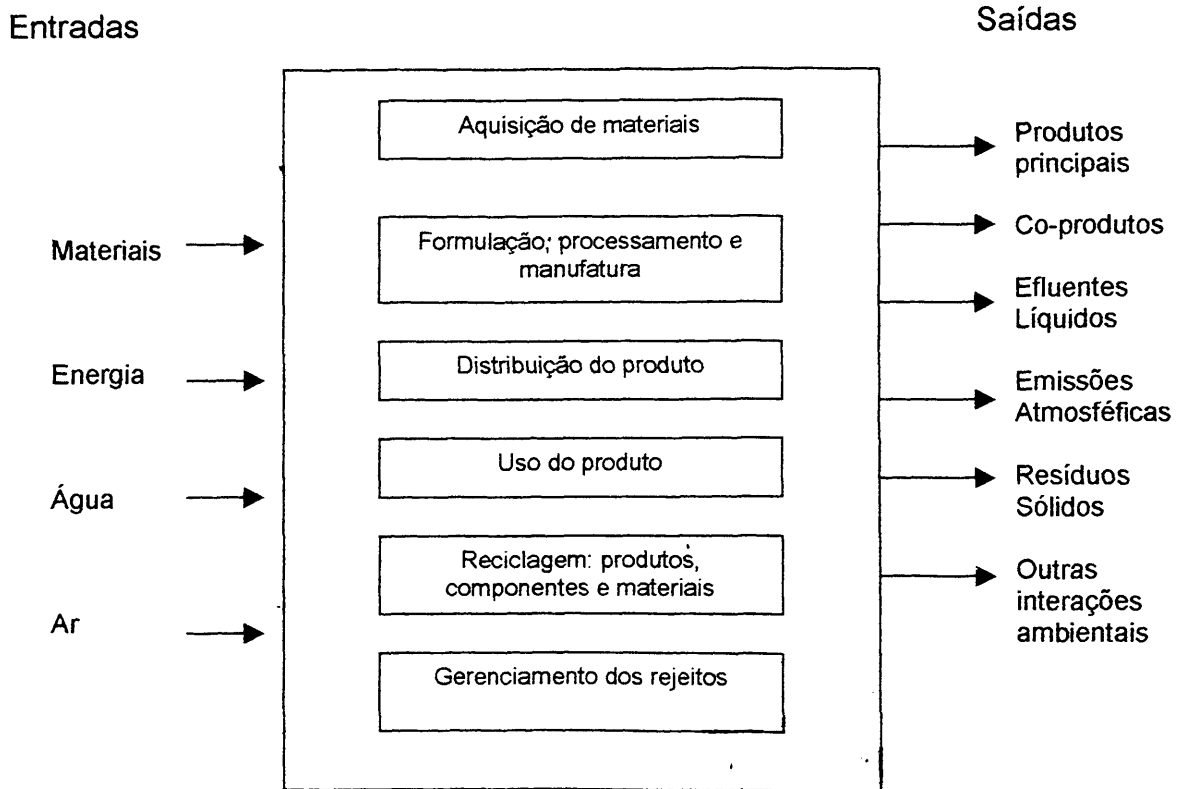
(Fonte: Heijungs *et al.*, 1996)

O primeiro estágio, a análise de inventários, é dos três estágios componentes da ACV o mais desenvolvido. Neste estágio é confeccionado um fluxograma do processo produtivo para um melhor entendimento com todas suas entradas de matérias primas, energia e água e saídas de produtos, sub-produtos, resíduos e emissões. É efetuada a coleta quantitativa de dados e seu processamento, buscando alcançar o próximo estágio, análise dos impactos.

O estágio seguinte da ACV, análise de impactos, observa a relação existente entre a saída do sistema e os impactos ambientais relativos ao exterior valorando e relacionando com os problemas mais comuns encontrados no meio ambiente como redução de recursos abióticos, extração mineral, depleção de energia, efeito estufa, chuva ácida, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática, ecotoxicidade terrestre, aumento dos níveis de nutrientes e redução da camada de ozônio. O terceiro e

último estágio, que trata da análise de melhorias, visa a redução dos impactos ambientais efetuados pela atividade industrial. Na figura 3.2, observa-se a relação de insumos, saída de produtos e resíduos e um fluxograma para uma empresa genérica.

Figura 3.2: Fluxograma de produção de uma indústria genérica



Fonte: Cybis, 1998

Não obstante a análise do ciclo de vida ser realizada visando melhorias ambientais, são efetuadas algumas críticas sobre este processo:

- a metodologia aplicada na ACV é muito complexa e detalhada em excesso;
- quanto mais simples o produto, mais fácil a aplicação da ACV, enquanto que para produtos constituídos de muitos componentes e conseqüentemente complexos como um helicóptero, não existe ainda uma metodologia de ACV que possa ser utilizada;
- as metodologias de ACV estão nos primórdios de sua existência, buscando uma melhor qualificação e aceitação.

A ACV vem sendo utilizado por vários países, organizações supra-governamentais e até mesmo por companhias e corporações. Enquanto Áustria,

Canadá, Estados Unidos, Suécia, França, Alemanha, Holanda, Finlândia, Noruega e outros países utilizam a ACV visando alcançar metas governamentais, as organizações supragovernamentais, como a SETAC -*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, UNEP, *United Nations Environment Program* e a OECD *Organization for Economic Cooperation and Development* buscam cada vez mais o desenvolvimento das técnicas da ACV para a melhoria do meio-ambiente. No setor privado, ainda citam-se Eastman Kodak, Procter and Gamble, Eletrolux, GE, GM, Ford e outras empresas que adotaram a ACV para a melhoria de seus produtos. (SENAI, 1998)

3.1.4.2. Balanço de massas - BM

O balanço de massas é a ferramenta adotada para a utilização da filosofia das técnicas de produção mais limpas, e como tal é descrita em ECOPROFIT, 1998. O princípio do balanço de massas é simples, a massa de entrada deve ser igual a de saída mais suas perdas ou menos os seus ganhos. Este balanço realiza-se através da análise do fluxo de materiais dentro da empresa, fluxo este que compreende a definição de algumas etapas.

A escolha da área de ação pode ser uma tarefa muito fácil, pois as empresas podem dividir-se em vários setores interrelacionados. Apesar desta divisão, pode-se escolher trabalhar com a empresa como um todo. Em alguns casos têm-se a necessidade de estudar cada setor em separado para melhor compreensão do processo, podendo ainda trabalhar apenas com um setor, caso entenda-se ser este o único com necessidades de melhorias.

A próxima etapa trata da definição do período do balanço. Período este que pode variar de acordo com as necessidades de cada empresa, podendo ser representado por período de tempo ou período de produção. A partir de então deve-se definir alguns critérios de suma importância como os custos, a disposição segura, os volumes e quantidades, a toxicidade e materiais ecologicamente problemáticos. O último passo a ser adotado é a realização de uma análise quantitativa das massas de entrada e de saída, culminando com a interpretação dos dados fornecidos pelo balanço de massas.

3.2. A indústria da construção civil

3.2.1. Introdução

A indústria da construção civil possui grande importância no âmbito global. Todos os países desenvolveram-se alicerçados em uma forte construção civil não preocupando-se com problemas ambientais. A construção civil é responsável por grandes impactos ao meio ambiente. Consome em excesso recursos não renováveis, explora diversos materiais exaurindo o solo, utiliza água em abundância, é responsável pela geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos e, sobretudo, tem um acréscimo anual de produção de grande magnitude.

O crescimento da indústria da construção civil, em especial de habitações, dá-se em função do aumento da população. Prevê-se que durante o período compreendido entre os anos de 1995 e 2025 o crescimento populacional no mundo será na ordem de 50%. Porém, verifica-se que existe uma grande diferença entre os países de primeiro mundo em relação aos países sub-desenvolvidos. Enquanto o crescimento estimado da construção civil na Europa era de 0,2% entre os anos de 1991 e 2000, estimava-se que na Índia seria necessário a construção de 41 milhões de moradias neste mesmo período de tempo, sendo ainda necessário a construção de 4 milhões de moradias entre o primeiro ano do século XXI e o ano de 2021 (Industry and Environment, 1996).

3.2.2. Impactos da construção civil

3.2.2.1. Generalidades

O setor da construção civil é responsável por impactos relacionados diretamente ao meio ambiente bem como a impactos ambientais indiretos. Tais impactos são responsáveis por alteração no ecossistema, contaminação atmosférica, grande consumo de água, depleção na camada de ozônio, consumo de energia, geração de resíduos sólidos, entre outros. (Cardim Filho, *et al.* 1997) e (Pieter, 1996)

Os impactos diretos são causados pela execução da edificação, assim como com a demolição total ou parcial da mesma. Sabendo-se que, para manufaturar o seu produto, a construção civil adquire sua matéria-prima de um grande número de indústrias, verifica-se então que os impactos ambientais indiretos provêm dos fornecedores de materiais e do transporte destes à obra. Tanto no processo industrial quanto no transporte dos materiais torna-se indispensável a utilização de alguma fonte de energia. Estima-se que estas duas etapas são responsáveis pelo consumo aproximado de 80% de toda a energia utilizada para a construção de um prédio. Muitas fontes produtoras de energia geram emissões atmosféricas resultando no maior impacto indireto causado pela construção civil. (Industry and Environment, 1996)

Durante a execução da obra ocorrem os impactos diretos onde observa-se a grande quantidade de resíduos sólidos e consumo de energia. Tomando-se como exemplo apenas um item da execução de uma edificação, qual seja a produção da argamassa, tem-se que a mesma é um produto proveniente da correta mistura de areia, cimento e água, homogeneizada em uma máquina movida a energia elétrica denominada de betoneira. A matéria prima para a sua confecção é adquirida e então estocada dentro do canteiro de obras. Os locais escolhidos para servirem de depósito nem sempre são os mais adequados, podendo ocorrer perdas principalmente pela intempérie a que estão submetidas. As perdas de energia estão relacionadas com o despreparo dos funcionários em observar a relação dos materiais a serem colocados na betoneira e o seu tempo correto de mistura, em alguns casos verificou-se perdas de até 60% nas argamassas e seus constituintes (Pinto, 1989). No estudo efetuado por Picchi (1993) apud Soilbelman (1993), observa-se que o consumo adicional de argamassa foi de 82,5% e que o entulho gerado nas obras analisadas correspondiam de 11% a 17% da massa final do edifício. Soilbelman (1993), em estudo efetuado em cinco canteiros de obras detectou uma perda média de argamassa em torno de 90%, sendo o valor máximo de 152,10% e o mínimo de 40,38%.

Os impactos indiretos causados pela indústria da construção civil estão localizados nos fornecedores de matéria-prima para a execução da edificação. Entre estes estão: a indústria cimenteira, as olarias, os fornecedores de agregados (areia e brita) os produtores de calcáreo as indústrias petroquímicas, estações de tratamento de água, fábrica de elevadores e outros.

3.2.2.2. Materiais

A indústria da construção civil caracteriza-se pela utilização de uma grande gama de materiais, manufaturados ou não, utilizados na confecção de seu produto final.

Pode-se encontrar desde produtos simples como areia, passando por produtos que requerem uma certa industrialização como tijolos e vidros e culminado nos mais complexos e industrializados como elevadores, ar-condicionado e polímeros.

O consumo de materiais manufaturados pela construção civil demonstra-se bastante significativo. Este setor na Europa tornou-se o responsável pelo segundo maior consumo de plásticos. Estima-se que no ano de 1992 a construção civil consumiu 5,1 milhões de toneladas de plástico, prevendo-se o consumo de 8 milhões de toneladas para o ano de 2010 (Industry and Environment, 1996).

3.2.2.3. Poluição

a. Resíduos sólidos gerados

i. Quantitativo

A quantidade de resíduos da construção civil gerados na Europa pode ser avaliada em função dos dados fornecidos por pesquisadores da França e Inglaterra. Na França a produção deste tipo de resíduos alcança valores entre 20 a 25 milhões de toneladas por ano (Boileau *et al.*, 1997) e na Inglaterra alcança o valor de 70 milhões de toneladas por ano (Freeman & Harder, 1997).

As pesquisas indicam uma grande variação na quantidade de resíduos sólidos gerados pela construção civil. Em estudos de 1990, foram quantificados os resíduos gerados em sete países do continente europeu, a média obtida destes foi de 450 kg/ano *per-capita*, apresentando um valor mínimo de 110 kg/ano *per capita* para a Irlanda e um valor máximo de 750 kg/ano *per capita* para a Bélgica (Jardim *et al.*, 1995). Do outro lado, nos Estados Unidos, observa-se, que a quantidade de resíduos provenientes da construção civil depositados em aterros localiza-se em

torno de 25% a 30% do material total aterrado. (Apotheker, 1992 apud Jardim *et al.*, 1995)

A produção de resíduos da construção civil no Brasil também é assustadora. Santos *et al.* (1996) relatam que este setor é responsável por grandes índices de desperdício de materiais, baixa produtividade, alta incidência de problemas no produto final e condições adversas de higiene e segurança no trabalho.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, as mais desenvolvidas do país, estima-se que as perdas na construção civil girem na ordem de 25% (Hamassaki *et al.*, 1995). Analisando-se dados fornecidos pelo quadro 3.3 observa-se a grande geração de resíduos provenientes da construção civil em algumas cidades.

Quadro 3.3: Dados médios de produção de resíduos sólidos da construção civil para diversas localidades

Localidade	Taxa de produção (ton/hab/ano)
Osaka, Japão - 1990	0,45
Massachusetts, EUA - 1986	0,17 a 0,83
Santo André, SP - 1988/89	0,21
São Paulo, SP - 1992	0,10
Belo Horizonte, MG - 1992	0,09

Fonte: Cunha, 1994, apud Teixeira, 1997

ii. Qualitativos

Os resíduos gerados pela indústria da construção civil em geral são classificados como inertes. Porém nem sempre isto é verdade, para a construção de uma edificação utilizam-se produtos como tijolos, brita e areia, mas também há o consumo de lã de vidro, pvc, plástico, tinta, latas de tinta, isopor, carpetes, fio de nylon, borracha, fibro cimento (telha), e outros produtos que não se enquadram na categoria de inertes, mas que muitas vezes têm a sua disposição em um aterro comum.

b. Energia, emissões atmosféricas e consumo de água

Vários materiais, além dos retirados diretamente do meio ambiente, são empregados para a confecção do produto final da construção civil. Este setor utiliza-se de produtos industrializados como metais, cimento, plásticos, vidros e outros. Para a manufatura destes produtos bem como para o seu transporte utiliza-se energia.

A indústria da construção civil utiliza como matéria-prima vários produtos extraídos diretamente do meio ambiente. A energia constitui-se em fator essencial para a extração destes, interagindo diretamente com todas as fases dos processos e provocando impactos ao meio ambiente advindos da liberação de dióxido de carbono, dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio. A energia relacionada com a produção e transporte de produtos da construção denomina-se “energia incorporada”. As pesquisas indicam que em 1984, no Reino Unido, 8% de todo o dióxido de carbono emitido à atmosfera era proveniente da produção e transporte de materiais de construção. Porém, este valor é relativamente baixo ao comparar-se com dados provenientes do Japão, onde as emissões de dióxido de carbono relacionadas com a energia incorporada foram de 17,5% do total emitido por este país e Austrália onde observou-se que 20% de todas as emissões de dióxido de carbono produzidas provinham da energia incorporada (West, 1995 apud Atkinson *et al.*, 1996).

Verifica-se que a níveis mundiais a indústria da construção civil utiliza 40% da energia consumida anualmente (Pieters, 1996). Em algumas pesquisas procurou-se medir a quantidade de energia gasta somente para transporte de materiais e resíduos sólidos da construção civil. Em um estudo na Inglaterra foi observado que o transporte de resíduos do canteiro de obras até o aterro sanitário consumia, em média, 20MJ/ton (Freeman, 1997). Tal valor era semelhante ao encontrado em pesquisas para transporte de agregados às obras na Austrália, sendo igual a 16,8MJ/ton (Mac Sporrán, 1994 apud Freeman, 1997). Porém as discrepâncias aparecem quando quantificou-se toda a energia gasta com transporte para a construção de uma residência unifamiliar, neste caso a energia consumida, em média, foi de 470MJ/ton (Harder 1997, apud Freeman 1997). É citado não haver motivos muito claros para esta enorme diferença de valores neste estudo.

Muito embora todos os materiais industrializados utilizados na construção civil produzam algum tipo de prejuízo ao meio ambiente, nem todos são utilizados apenas na construção civil. O cimento configura-se como um material que é aplicado quase que exclusivamente na construção civil. Este produto produz altas taxas de poluição, sendo a poluição atmosférica proveniente de sua fabricação e do transporte de materiais a mais preocupante. Cita-se que a fabricação do cimento é responsável por um por cento da energia total consumida anualmente no planeta, sendo necessários 5,8 GJ para a fabricação de apenas uma tonelada de cimento (Industry and Environment, 1996). A manufatura deste produto ainda é responsável pela liberação de CO_2 , NO_x , SO_x , dioxinas, furanos e materiais particulados para a atmosfera. Observando-se ainda que para a fabricação do cimento são utilizados materiais extraídos diretamente do meio ambiente e contendo cálcio, silício, alumínio e ferro. Para tanto utiliza-se o calcário e argila, tendo ainda como corretivos a areia, bauxita e minério de ferro. O calcário é composto predominantemente por carbonato de cálcio, podendo-se apresentar sob a forma de calcínicos, dolomíticos ou magnesianos dependendo das concentrações de cálcio e magnésio em sua composição. (Votorantim, 1999)

Um dos elementos mais utilizados na construção civil é a água. Ela aparece em praticamente todas as etapas de uma obra, desde a instalação do canteiro de obras até a lavagem final do produto acabado. É utilizada também como agente de teste em lages e superfícies impermeabilizadas. Na preparação dos concretos e argamassas tem importância vital para a mistura dos agregados com o aglomerante. Ainda é utilizada em todo o período de uma obra nas áreas de vivência, refeitórios e banheiros. Portanto, outro importante impacto ambiental gerado pela indústria da construção civil está relacionado com o consumo exagerado de água. Este setor industrial tornou-se responsável pela utilização de 16% de toda a água consumida anualmente no planeta (Pieters, 1996). Tendo em vista que a água é um bem em escassez e de vital importância a sobrevivência do ser humano na Terra, deve-se reduzir seu uso.

c. Extração de materiais

A extração das matérias-primas do meio ambiente provoca ainda danos à água e ao solo, podendo mudar as características geográficas de uma determinada

região e causando entre outros fatores a devastação de florestas inteiras. Não somente o meio ambiente sofre com a devastação provocada pela retirada destes materiais. O ser humano também é afetado diretamente pela extração destes produtos. A extração de materiais interage com outros tipos de poluição, como a poluição sonora provocada pelas máquinas responsáveis pela subtração dos materiais do meio ambiente e também a geração de materiais particulados que constituem-se em fatores degradantes à saúde do homem.

Entre as matérias-primas extraídas diretamente do meio ambiente cita-se a produção de agregados, que são materiais granulares inertes (pedra, areia e outros) que participam da composição de concretos e argamassas, ligados entre si por uma aglomerante (Ferreira,1975). Verifica-se, através do quadro 3.4, que nos cinco países desenvolvidos nele listados, a produção *per capita* de agregados é sempre maior do que uma tonelada por ano, chegando a passar de sete toneladas *per capita* a cada ano nos Estados Unidos.

Quadro 3.4: Produção de agregados em alguns países desenvolvidos durante o ano de 1989

País	Produção de agregados (milhões de toneladas)	Toneladas <i>per capita</i>
França	138	2.45
Japão	190	1.54
República da Coréia	46	1.07
Reino Unido	319	5.56
Estados Unidos	1.937	7.74

(Fonte: United Nations Industrial Statics Yearbook,1989 apud Industry and Environment, 1996)

Porém, um dos mais importantes impactos causados por este setor ao meio ambiente relaciona-se com a extração e consumo de metais. As reservas terrestres não são renováveis, extinguindo-se em alguns anos caso não tenha-se a consciência do desperdício gerado na utilização destes materiais. Através do quadro 3.5 a seguir, verifica-se que alguns metais amplamente utilizados na indústria da

construção civil contam com suas reservas bastante reduzidas, tendo seu tempo de vida muito curto. Um dos metais muito utilizados na construção civil é o cobre. Utiliza-se este metal em tubulações, especialmente de água quente. Segundo dados do quadro 3.5, de 1992, estima-se em 62 anos o tempo de vida das minas de cobre. O zinco também configura-se em um metal largamente utilizado na construção civil, tendo o tempo de vida de suas reservas estimado em apenas 40 anos (World Resources Institute, 1992, apud Industry and Environment, 1996).

Quadro 3.5: Consumo e reserva de alguns metais utilizados na indústria da construção civil

Metal	Consumo 1990 (milhares de toneladas)	Reserva 1990 (milhares de toneladas)	Tempo estimado de vida das reservas (anos)
Alumínio (bauxita)	178.878 (Alumínio)	24.500.000 (Bauxita)	225
Cobre	10.773	550.000	62
Chumbo	5.544	120.000	36
Níquel	842	198.000	116
Latão	229	6.000	28
Zinco	6.923	295.000	40
Minério de Ferro	925.000	229.000.000	265

(Fonte: World Resources Institute, 1992, Apud Industry and Environment, 1996)

Um trabalho de construção civil demanda grande espaço de tempo desde o seu início até a sua conclusão. A concepção do empreendimento, projetos e cada etapa de uma obra podem levar meses ou até mesmo anos para o seu término. Portanto, adotou-se uma determinada etapa da obra com início e término pré-definidos por um cronograma.

A Obra 01 em questão já contava com várias etapas concluídas, desde os projetos e concepções, passando por fundações, estruturas de concreto armado e culminando com alvenaria. Verificou-se então que a execução do estudo neste canteiro de obras se restringiria a etapa de revestimentos, quer seja externo, quer seja interno. Foi efetuado um trabalho criterioso em conjunto com os engenheiros da empresa a fim de adotar uma etapa que pudesse corresponder com as necessidades expostas pelo pesquisador para o bom andamento do trabalho. Selecionou-se para tanto apenas uma etapa de desenvolvimento da obra adotada, qual seja o revestimento externo com pastilhas cerâmicas (figura 4.1). Esta etapa da obra configura-se por ser de fácil acompanhamento, tendo o seu prazo de execução determinado em quarenta e cinco dias e estar dentro dos prazos com que dispunha o pesquisador para a execução desta tarefa.

A etapa escolhida da obra é de fácil acompanhamento devido a pequena diversidade de materiais utilizados e devido a pouca mão de obra que requer. O revestimento externo em pastilhas cerâmicas utiliza apenas cinco materiais de construção, sendo eles o rejunte, a argamassa colante, as pastilhas, o ácido muriático e a soda cáustica. O número de pessoas trabalhando nesta fachada resume-se a três, o pastilheiro e os dois serventes.

O procedimento de colocação das pastilhas cerâmicas é iniciado pela aplicação de argamassa colante com uma desempenadeira na fachada onde serão aplicadas as pastilhas. Após a aplicação da argamassa, o pastilheiro coloca as placas de pastilhas sobre a argamassa. As pastilhas são adquiridas em um conjunto de quarenta e oito pastilhas, dispostas em uma matriz de seis colunas e oito linhas coladas entre si com papel craft (figura 4.2). Depois de aplicada uma determinada quantidade de pastilhas, o pastilheiro passa soda cáustica sobre o papel craft (figura 4.3), buscando com isto descolá-lo das pastilhas. Quando as pastilhas já apresentam-se sem o papel, aplica-se o rejunte sobre as frestas existentes entre elas. Por fim passa-se ácido muriático sobre a superfície da fachada retirando-se o excesso de rejunte acumulado sobre as pastilhas.

4.2. Check-list

Iniciou-se o estudo da aplicação desta metodologia através de um check-list, sendo o mesmo realizado no canteiro da Obra 01. Este relatório teve a finalidade de identificar as informações gerais sobre a empresa e as características do processo produtivo, tais como matéria-prima, processo, fonte de água do processo, fontes de energia bem como outros dados que se fizeram necessários.

4.3. Seminários de sensibilização e definição do ECOTIME

Realizado o check-list, passou-se à próxima etapa do trabalho que constituiu-se na realização de três seminários de sensibilização. O primeiro seminário foi ministrado para a direção da empresa, o segundo seminário foi o de sensibilização dos funcionários, sendo o terceiro e último seminário o de balanço de massas.

O primeiro seminário, ministrado na data de 22 de agosto de 1998 teve a função de sensibilizar estas pessoas visando a adoção de tecnologias de produção mais limpas, tendo sido aqui exposto e explicado o conceito de produção mais limpa, objetivos e metas e solicitado o empenho de todos em busca do sucesso esperado. Outro tema abordado foi a questão de resíduos e emissões, sua definição e suas prováveis origens, explorando-se a questão das diferenças entre a abordagem convencional e a desta técnica, demonstrando os benefícios ambientais na sua adoção bem como as vantagens econômicas proporcionadas para a empresa. Foram ainda apresentados outros casos de empresas que adotaram as tecnologias de produção mais limpas, culminando com um debate entre os participantes do seminário, onde foi definido entre outras coisas o ECOTIME e a data do próximo seminário. Foi chamado de ECOTIME o conjunto de pessoas de vários setores da empresa que participariam efetivamente dos trabalhos. Este time foi montado contando com esse pesquisador, o supervisor, alguns funcionários, o funcionário responsável pelas compras, o funcionário do setor administrativo, o engenheiro, o mestre de obras, o empreiteiro de mão de obra e o pastilheiro.

O segundo seminário foi ministrado no canteiro de obras, na data de 29 de setembro de 1998 e teria como público alvo todos os funcionários que trabalhavam especificamente no setor adotado da obra escolhida para este estudo, porém neste

caso adotou-se realizar o seminário para todos os trabalhadores da obra contando nesta data com dezesseis participantes. O assunto foi pertinente ao meio ambiente, incluindo atividades agressoras promovidas pelo homem, explorando fotografias e imagens elucidativas e educação ambiental relacionada a desperdício de água, decomposição do lixo e emissões atmosféricas. Foi exposto o programa de produção mais limpa a ser adotado pela empresa, demonstrando que a participação de todos é de extrema importância e explicando o papel da empresa no programa. Os funcionários souberam após o seminário quais os setores que seriam atingidos por este programa. Além disto foi informado aos mesmos que eles desempenhariam um papel importantíssimo, trabalhando ao lado do pesquisador na coleta de dados, na busca de informações e produzindo idéias a serem adotadas.

O terceiro e último seminário foi o de balanço de massas, sendo ministrado na data de 06 de outubro de 1998, somente para o ECOTIME. Com o intuito de explicar o processo de balanço de massas, foi adotado um exemplo fictício e simples do ato de fazer café, explicando a entrada e saída de materiais bem como o processo como um todo e expondo todos os passos de um fluxograma com uma massa definida e custos. Ao final do exemplo os componentes do ECOTIME estavam aptos a iniciarem o processo de balanço de massas dentro da empresa. Foi aqui estabelecida a listagem dos materiais que seriam monitorados, introduzidas as planilhas de materiais e a forma de coleta dos materiais envolvidos no processo, sendo ainda determinado uma reunião semanal do ECOTIME todas as quartas-feiras.

4.4. Definição do período de amostragem

O próximo passo para a aplicação das tecnologias de produção mais limpa foi a adoção de um período de tempo para a coleta e análise dos dados. Considerou-se que um período razoável para a coleta de dados dentro da obra para a etapa adotada seja de trinta a quarenta e cinco dias, uma vez que este tipo de etapa de obra possui um tempo relativamente longo. Tempo esse dependente da ação do intemperismo. Caso chova, esta etapa da obra poderá ter a sua execução interrompida por tempo indeterminado. No caso deste estudo, os trabalhos realizados em campo perduraram por cinquenta e dois dias, indo do dia 06 de outubro até 28 de novembro de 1998.

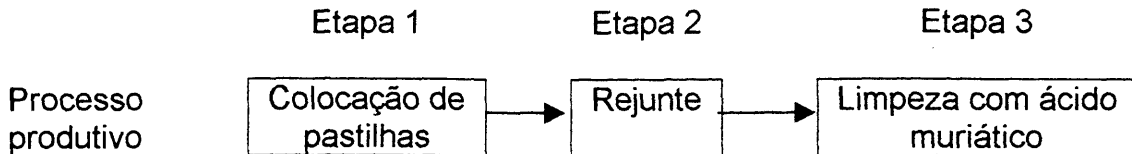
4.5. Montagem dos fluxogramas do processo produtivo

O processo adotado da obra baseava-se na execução de algumas tarefas a serem executadas em seqüência. Nomeou-se a etapa como um todo de colocação de pastilhas cerâmicas em uma fachada de um prédio residencial. Dentro desse processo obteve-se três etapas principais: a colocação das pastilhas, o rejunte e a limpeza com ácido muriático.

Através das observações efetuadas em campo, durante o período de estudo, e das reuniões realizadas semanalmente com o ECOTIME procedeu-se a formulação do fluxograma de cada etapa. Foram analisadas todas as tarefas envolvidas, verificando os diferentes tipos de matérias primas que contribuíam para a execução destas e qualificando o resíduo gerado.

A figura 4.4 demonstra o fluxograma do processo produtivo dividido nas três etapas determinadas neste estudo.

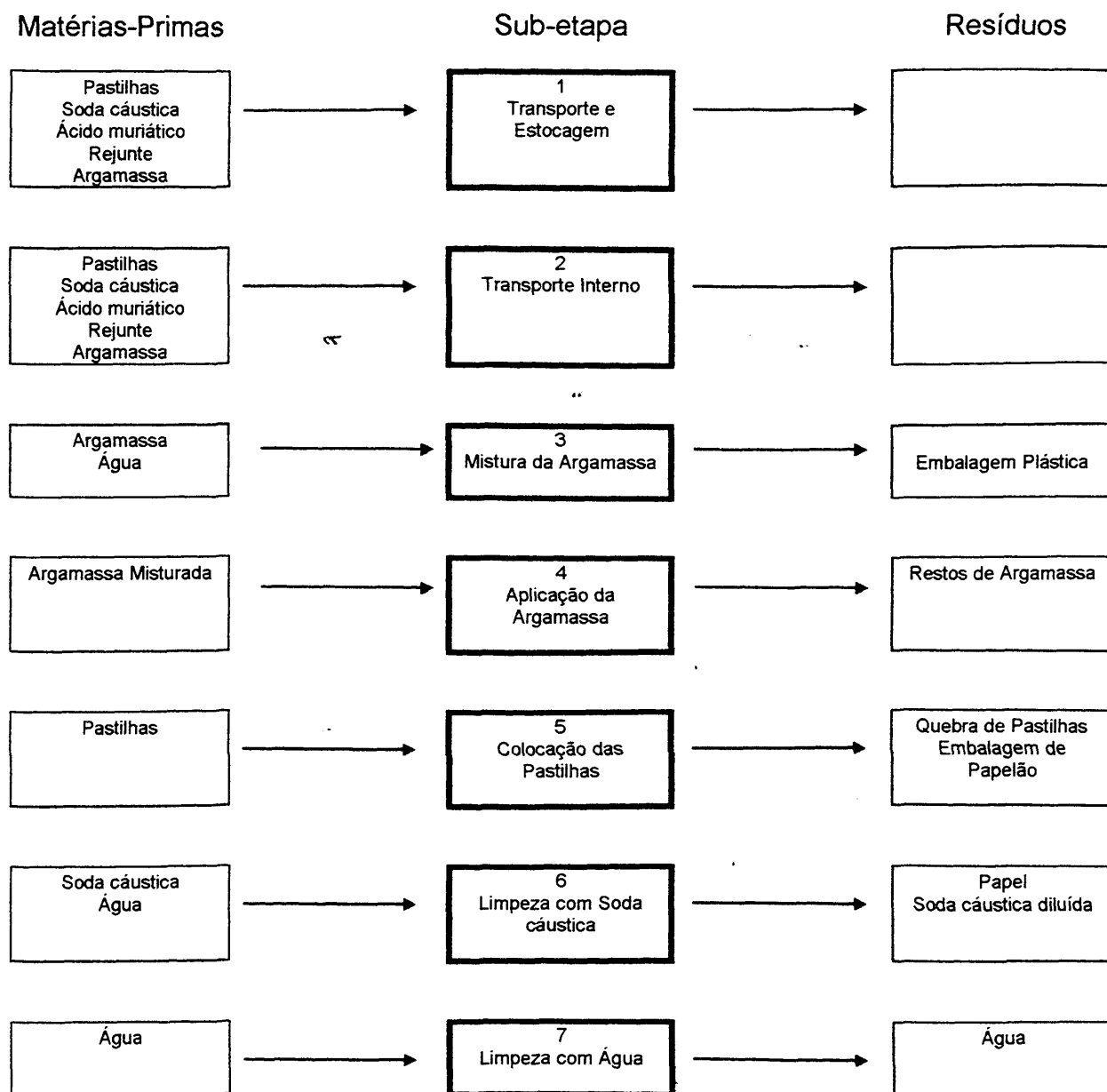
Figura 4.4: Fluxograma do processo produtivo



4.5.1. Colocação de pastilhas

A etapa de colocação das pastilhas é a primeira das três etapas a ser executada. Trazendo em seu bojo sete sub-etapas, identificadas por: transporte e estocagem, transporte interno, mistura da argamassa, aplicação da argamassa, colocação das pastilhas, limpeza com soda cáustica e limpeza com água, respectivamente. O fluxograma desta etapa é demonstrado na figura 4.5.

Figura 4.5: Fluxograma da etapa 1 - Colocação de pastilhas



A sub-etapa denominada de transporte e estocagem teve como matérias-primas as pastilhas cerâmicas, a soda cáustica, o ácido muriático, o rejunte e a argamassa. Não gerando resíduos.

A sub-etapa seguinte, transporte interno, tinha a missão de transportar de um ponto a outro dentro do canteiro de obras os materiais necessários para a execução da tarefa. Sendo neste caso as matérias-primas transportadas as mesmas utilizadas na sub-etapa anterior, não gerando resíduos uma vez que todos os materiais vem embalados.

A sub-etapa subsequente configurava-se na mistura da argamassa com a água, tornando o pó ensacado em uma pasta a ser aplicada sobre a superfície da fachada. Neste caso tem-se como matéria-prima apenas a argamassa ensacada e a água, obtendo as embalagens plásticas da argamassa como resíduos.

Entrando-se na aplicação da argamassa sobre a fachada, utilizava-se como matéria prima o produto que foi manufaturado na etapa anterior como matéria prima. Os resíduos desta sub-etapa eram formados pelos restos de argamassa que caíam sobre o solo ou sobravam na masseira.

O próximo passo, colocação das pastilhas na fachada previamente preparada, tinha como material a ser utilizado apenas as pastilhas embaladas em caixas de papelão e envoltas em papel kraft. Desta sub-etapa encontrou-se como resíduo gerado as pastilhas quebradas, as cortadas para eventuais reparos, as que descolaram do papel quando de sua colocação e as pastilhas em tiras que sobraram.

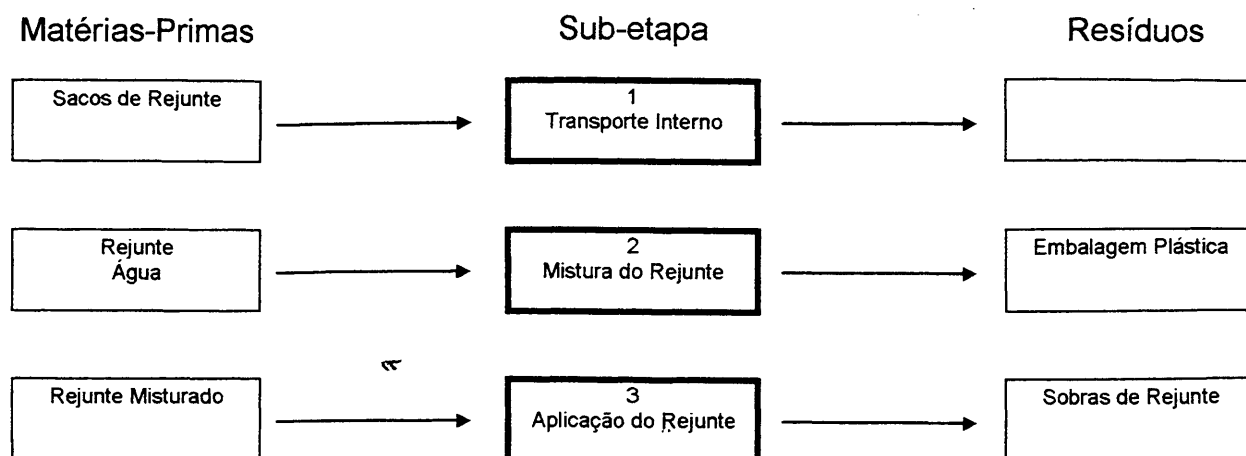
A sub-etapa seguinte constitui-se na limpeza da fachada com soda cáustica, visando a retirada do papel colado nas pastilhas. Aqui foram consideradas matérias-primas a soda cáustica e água. Os resíduos originados desta sub-etapa foram papel kraft e soda cáustica diluída.

A limpeza da fachada com água configurou-se como a última sub-etapa desta primeira etapa. A matéria-prima utilizada é apenas água, trazendo como resíduos somente a própria água.

4.5.2. Rejunte

Esta etapa etapa foi denominada como rejunte por tratar-se efetivamente da aplicação de rejunte nos vãos entre as pastilhas. Ela constitui-se de apenas três sub-etapas, sendo: o transporte interno, a mistura do rejunte e a aplicação do rejunte. O fluxograma desta etapa é visto no figura 4.6.

Figura 4.6: Fluxograma da etapa 2 - Rejunte



A primeira sub-etapa apresentou os sacos de rejunte como matéria-prima, não ocorrendo resíduos.

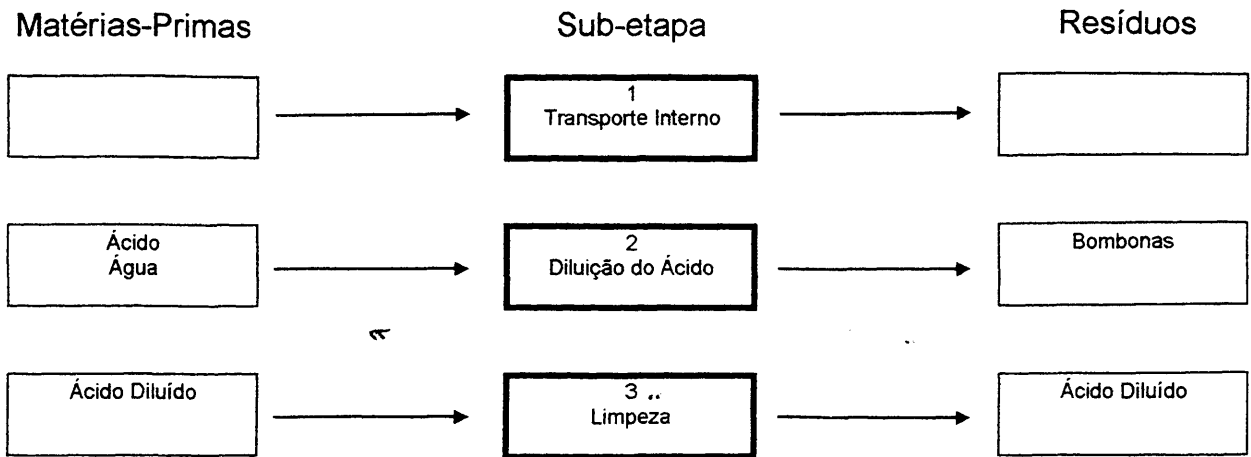
Na etapa a seguir, mistura do rejunte, o pastilheiro promovia a mistura do rejunte adquirido em pó com água, obtendo uma massa a ser aplicada nas frestas entre as pastilhas. Utilizou-se como matéria-prima para esta sub-etapa o rejunte ensacado e água, obtendo-se as embalagens plásticas do rejunte como resíduo.

A última sub-etapa desta etapa constitui-se na aplicação do rejunte sobre os vãos entre as pastilhas previamente colocadas na fachada. A matéria-prima aqui utilizada foi o produto gerado pela sub-etapa anterior, ou seja, a massa de rejunte manufaturada. Teve-se como resíduos gerados apenas as sobras de rejunte.

4.5.3. Limpeza da fachada com ácido muriático

Esta etapa configurou-se como a última deste processo, tendo três sub-etapas correlatas, sendo elas o transporte interno, a diluição do ácido e a limpeza da fachada. O fluxograma desta etapa é visto na figura 4.7.

Figura 4.7: Fluxograma da etapa 3 - Limpeza com Ácido



A primeira sub-etapa resumiu-se apenas no transporte das bombonas de plástico contendo ácido muriático até o local de aplicação do mesmo, não havendo resíduos gerados.

Na etapa subsequente foi feita a diluição do ácido muriático. Procedeu-se então a mistura do mesmo com água, tendo-se portanto apenas estas duas matérias-primas. As bombonas de plástico que eram utilizadas para o transporte e armazenamento do ácido foram os únicos resíduos gerados nesta sub-etapa.

A última sub-etapa desta etapa caracterizou-se por ser a tarefa da limpeza da fachada propriamente dita. Utilizou-se para tanto o material obtido na sub-etapa anterior para efetuar a retirada do excesso de rejunte da superfície das pastilhas assentadas na fachada. Obteve-se ácido muriático diluído como resíduo.

4.6. Análise comparativa de entradas e saídas do processo

Este item pretende abordar uma análise efetuada para cada etapa e sub-etapa do processo de produção estudado. Foram quantificados as matérias-primas e os resíduos gerados referentes à cada sub-etapa.

Os materiais e resíduos foram quantificados em quilogramas, utilizando-se para tanto uma balança adquirida pela empresa para este fim (figura 4.8). A quantificação foi realizada com o auxílio do ECOTIME, cuja função principal era a de coletar os resíduos gerados, pesando-os e transcrevendo para uma tabela

previamente fornecida. Registra-se também que todo e qualquer material que fizesse parte das tarefas eram pesados e transcritos para a mesma planilha.

Figura 4.8: Fotografia da pesagem de materiais



Para a quantificação dos materiais foram adotadas algumas regras. Todos os materiais coletados para o estudo foram armazenados em um apartamento que servia de depósito de materiais da obra onde já estavam armazenados as pastilhas, os sacos com argamassa, os sacos de rejunte, a soda cáustica, o ácido muriático e outros materiais (figura 4.9), ou seja um almoxarifado dotado de porta e cadeado, buscando-se com isto evitar perdas dos materiais coletados. Todas as matérias-primas foram pesadas com as suas embalagens quando da entrada do processo, visto que estas embalagens caracterizam-se como resíduos do processo produtivo. Os papéis kraft (figura 4.10), resultantes da etapa de colocação das pastilhas, foram acondicionados em sacos plásticos (figuras 4.11 e 4.12), secados e por fim pesados. As embalagens das caixas de papelão foram depositadas em fardos para serem quantificadas (figuras 4.11 e 4.12). As embalagens plásticas também tiveram seu acondicionamento para fins de quantificação (figuras 4.11 e 4.12). Dentro dos resíduos analisados, a água foi de difícil quantificação, uma vez que ocorria o escoamento pela fachada, tendo sido abandonada esta quantificação.

Figura 4.9: Fotografia do almoxarifado



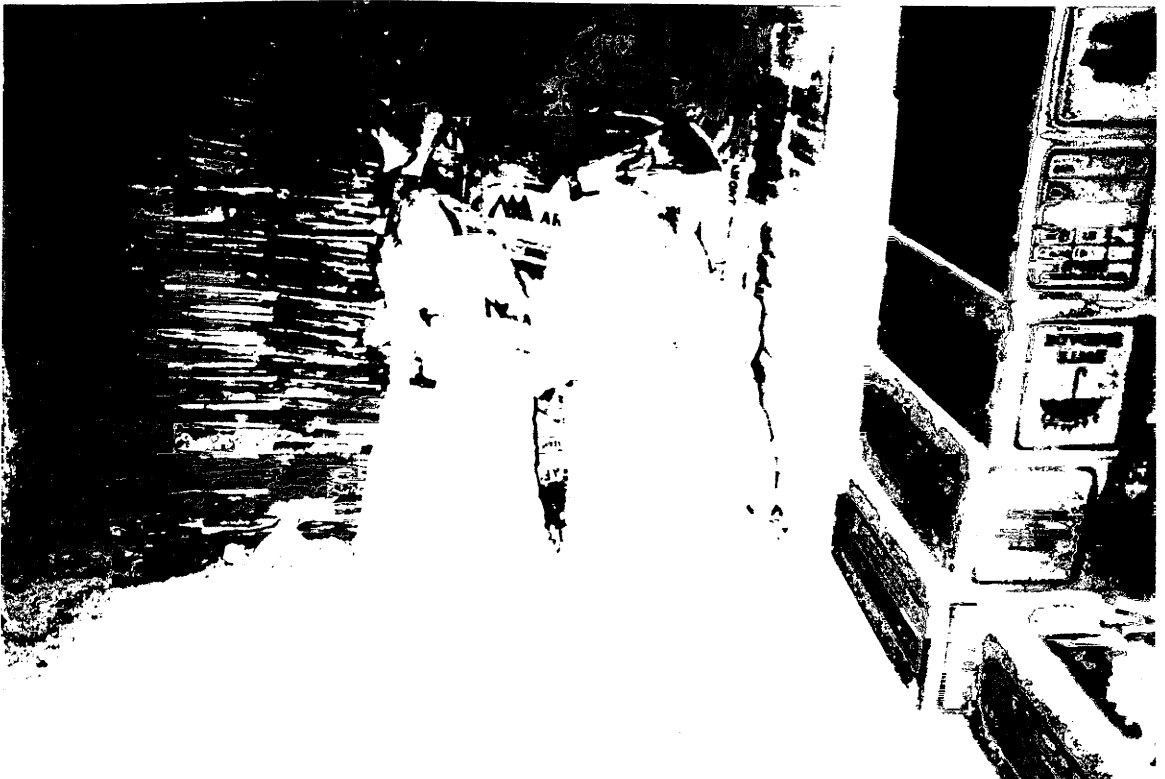
Figura 4.10: Fotografia dos resíduos de papel kraft



Figura 4.11: Fotografia do acondicionamento dos resíduos



Figura 4.12: Fotografia do acondicionamento dos resíduos



A etapa 1, colocação de pastilhas, após a quantificação dos dados, conforme quadro 4.1, apresentou resíduos em algumas de suas sub-etapas. Verifica-se que nas sub-etapas transporte e estocagem e transporte interno não foram identificados resíduos. Analisando-se a sub-etapa limpeza com água não foi possível quantificar a saída de água como resíduo. As sub-etapas onde verificou-se a existência de resíduos e onde foi possível a sua medição foram: a mistura da argamassa, a colocação de pastilhas e a limpeza com soda cáustica. A quantificação dos dados de entrada e saída encontram-se no quadro 4.1.

A etapa 2, rejunte, após a quantificação dos dados, conforme quadro 4.2, apresentou resíduos em algumas de suas sub-etapas. Verificou-se que na sub-etapa transporte interno não foi identificado resíduo. Analisando-se a sub-etapa limpeza com água não foi possível quantificar a saída de água como resíduo. As sub-etapas onde verificou-se a existência de resíduos e onde foi possível a sua medição foram: a mistura do rejunte e aplicação do rejunte obtendo-se como resíduos as embalagens plásticas e sobras de rejunte, respectivamente. A quantificação dos dados de entrada e saída encontram-se no quadro 4.2.

Na etapa 3 apenas uma de suas três sub-etapas gerou resíduos, sendo ela a diluição do ácido muriático. Não foi possível a determinação das quantidades de ácido muriático diluído que se perdem como resíduos, visto que é utilizado para a limpeza da fachada e que determinada quantidade escorre por esta parede e/ou evapora-se. A quantificação dos dados de entrada e saída encontram-se no quadro 4.3.

Etapa 1: Colocação de pastilhas

Quadro 4.1: Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 1, colocação de pastilhas

Processo Produtivo						
ENTRADA			Fluxograma do Processo	SAÍDA		
Matéria-Prima	kg	Água (l)		Resíduo Sólido	kg	Efluente Líquido
Pastilhas	5.152		Transporte e Estocagem **			
Soda cáustica	14	**				
Ácido muriático	01 un.					
Rejunte	298,1					
Argamassa	1.916,7					
Pastilhas	5.152		Transporte Interno			
Argamassa	1.916,7					
Soda	14					
Água		**				
Argamassa		**	Mistura da Argamassa	Embalagem Plástica	*	
Argamassa Misturada			Aplicação da Argamassa	Restos de Argamassa	116,90	
Pastilhas			Colocação das Pastilhas	Quebra de Pastilhas	168,30	
				Embalagem de Papelão	131,20	
Soda cáustica		**	Limpeza com Soda	Embalagem plástica	*	

* Total = 5,70 kg, quantificados juntos, ** Volume = 1.370 litros, quantificados juntos.

A água utilizada no processo produtivo foi quantificada como um todo. As embalagens plásticas provenientes da argamassa e da soda cáustica também foram quantificadas em conjunto.

Etapa 2: Rejunte

Quadro 4.2: Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 2, rejunte

Processo Produtivo					
INPUT			Fluxograma do Processo	OUTPUT	
Matéria-Prima	kg	Água (l)		Resíduo Sólido	kg
Sacos de Rejunte	298,1		Transporte Interno		
Rejunte		Água*	Mistura do Rejunte **	Embalagem Plástica	0,90
Rejunte Misturado			Aplicação do Rejunte	Sobras de Rejunte	18,20

* Quantificado junto com a etapa 1: colocação das pastilhas

Etapa 3: Limpeza com ácido

Quadro 4.3: Análise comparativa de entrada e saída do processo na etapa 3, limpeza com ácido

Processo Produtivo					
INPUT			Fluxograma do Processo	OUTPUT	
Matéria-Prima	Un	Água (l)		Resíduo Sólido	kg
Bombonas com Ácido	01		Transporte Interno		
Acido		540	Diluição do Ácido	Bombonas	1,30
Acido Diluído			Limpeza		

4.7. Levantamento de dados

Este item discorre sobre todos os dados coletados e necessários para este trabalho. As informações foram pesquisadas em conjunto com o ECOTIME, trazendo dados coletados em campo e informações fornecidas pelo escritório da empresa. Como a questão financeira é de grande importância para as empresas, e a filosofia das técnicas de produção mais limpa agrega valores aos produtos e resíduos, solicitou-se a empresa os valores dos materiais. Solicitou-se também ao DMLU os valores para a venda de papéis, plásticos e papelão.

4.7.1. Principais produtos ou serviços

É objetivo deste item introduzir os principais produtos ou serviços que fizeram parte desta pesquisa. Este trabalho foi baseado na aplicação de pastilhas cerâmicas em uma fachada, sendo portanto de fundamental importância sua medição. A fachada onde foi aplicada a pastilha apresentava vários recortes como janelas e reentrâncias. Portanto, para fins de medição e obtenção da fachada onde foi efetuado o trabalho, descontou-se os vãos das janelas. A unidade de medida adotada foi o metro quadrado (m^2). Os valores encontrados foram anotados na tabela mostrada no quadro 4.4.

Quadro 4.4: Quantidade do produto produzido no processo produtivo

Nº	Objetivo do Produto / Serviço	Quantidade	Unidade
1	Revestimento externo	399,94	m ²
Total		399,94	m ²

4.7.2. Principais resíduos ou emissões

Foram medidos os resíduos sólidos gerados sendo atribuídos valores para cada espécie de resíduo. Os resíduos foram coletados e armazenados (figuras 4.11, 4.12 e 4.13) para posterior pesagem. Os resíduos monitorados foram as caixas de papelão, o papel que envolve as pastilhas, os sacos plástico de rejunte, argamassa e soda cáustica, as bombonas de ácido, as pastilhas cortadas, as pastilhas em tiras, as sobras de argamassa e as sobras de rejunte. Junto ao escritório da empresa consorciada obteve-se os custos solicitados para a montagem da planilha observada no quadro 4.5.

Para efeito de coleta de dados, foram montadas algumas estratégias junto ao ECOTIME. Verificou-se que, quando da aplicação de argamassa sobre a fachada, parte da pasta aplicada não aderiu a parede e depositava-se sobre o jaú e parte da pasta aplicada depositava-se sobre o solo. Como faz parte das técnicas de produção mais limpas a premissa básica de quantificar sem apontar soluções imediatas, procurou-se uma idéia para efetuar a coleta de argamassa depositada sobre o solo. Combinou-se junto com o ECOTIME a colocação de uma lona preta sobre o solo, sendo então coletados os resíduos de argamassa ali depositados. Estes resíduos eram coletados sempre ao meio dia e no final da tarde por um dos componentes do ECOTIME, no caso o mestre de obras, e depositados em sacos de linhaça para a sua quantificação em quilogramas. Os resíduos que ficavam no jaú já estavam sendo aproveitados pelo pastilheiro, não configurando-se por tanto como desperdício.

Figura 4.13: Fotografia do acondicionamento dos resíduos das pastilhas



Com a aplicação do rejunte procedeu-se da mesma maneira da aplicação de argamassa. Os sacos plásticos, papéis e bombonas dos demais materiais utilizados em obra foram coletados sempre pelo pastilheiro e entregues ao mestre de obras ao final do dia.

Os resíduos das pastilhas foram divididos em dois tipos, pastilhas cortadas e em tiras. Sempre que houve corte de pastilhas, a parte que não foi aplicada na parede era coletada e transportada até o almoxarifado para a pesagem. Considerou-se também que as pastilhas somente eram aplicadas nas matrizes originais e eventualmente algumas tiras. As tiras restantes ao final do dia foram armazenadas, pesadas e consideradas como resíduo.

Outro item aqui quantificado foi o custo de disposição de cada resíduo gerado nesta etapa de produção. Observou-se porém que as pastilhas cortadas, as pastilhas em tiras, as sobras de argamassa e as sobras de rejunte não eram transportadas em *containers* para fora da obra, sendo dispostas na mesma, como aterro, tendo portanto o seu custo de disposição igual a zero. As caixas de papelão, o papel que envolve as pastilhas, os sacos plástico de rejunte, argamassa e soda

cáustica e as bombonas de ácido eram depositadas sobre os *containers* que levavam calça ao aterro de inertes, se é que chegavam lá. Como os valores agregados ao conteúdo de todo o *container* eram muito baixos, adotou-se que estes materiais não teriam custo de disposição. Ainda com relação a questão financeira, convencionou-se também que todas as embalagens e os papéis das pastilhas eram adquiridos junto com o material, sendo o seu custo de compra igual a zero e, conseqüentemente todo o custo relativo a aquisição de materiais pertenciam exclusivamente à matéria prima.

Analisando-se os resíduos provenientes da fachada estudada e mostrados no quadro 4.5 observou-se que a maior quantidade de resíduos encontrada foram as pastilhas em tiras. Sendo que as pastilhas configuram-se como a matéria-prima com o maior custo de compra e conseqüentemente como o resíduo com o maior custo total. Prosseguindo a análise verificou-se que a segunda maior quantidade de resíduos produzida foi a de caixas de papelão, sendo este resíduo configurado como embalagem de uma das matérias-primas. Salientando o fato de que a matéria-prima pastilhas cerâmicas vem embalada nas caixas de papelão, observa-se que a maior quantidade de resíduos produzidos e a de maior custo provém da mesma compra. As sobras de argamassa caracterizam-se por serem a terceira maior quantidade de resíduos, porém devido ao seu baixo custo em comparação com as pastilhas e ao rejunte, possuem uma porcentagem baixa no custo total.

Quadro 4.5: Principais resíduos ou emissões

Nº	Resíduos/emissões sólidos, líquidos, atmosféricos	Quantidade Fachada	Unidade	Custo de Compra (R\$/kg)	Custo de Disposição (R\$)	Local de Disposição	Custo Total (R\$)	Custo Total %
1	Caixas de papelão	131,20	kg	-	0,00	-	0,00	0,00
2	Papel das pastilhas	42,20	kg	-	0,00	-	0,00	0,00
3	Sacos plásticos de rejunte, argamassa e soda cáustica	6,70	kg	-	0,00	-	0,00	0,00
6	Bombonas de ácido muriático	1,3	kg	-	0,00	-	0,00	0,00
7	Pastilhas cortadas	27,70	kg	1,33	0,00	obra	36,84	13,70
8	Pastilhas em tiras	141,10	kg	1,33	0,00	obra	187,66	69,78
9	Sobras de argamassa	116,90	kg	0,256	0,00	obra	29,90	11,11
10	Sobras de rejunte	18,20	kg	0,80	0,00	obra	14,54	5,41
TOTAL					0,00		268,94	100

4.7.3. Principais matérias primas e auxiliares

Através do fluxograma montado em conjunto com o ECOTIME obteve-se todas as matérias-primas e auxiliares utilizados para a execução desta etapa de produção. A partir desta informação foram quantificados estes materiais. Tem-se portanto como matéria-prima e auxiliares as pastilhas cerâmicas, a argamassa, o rejunte, a soda cáustica, ácido muriático e a água.

O procedimento adotado para a execução desta tarefa foi simples. Com a ajuda de um elemento do ECOTIME, que era o responsável pelo almoxarifado, no caso o mestre de obras, mediu-se todos os materiais que saíam do almoxarifado e foram para a frente de trabalho. Cabe salientar mais uma vez que os materiais foram quantificados com a embalagem. As medições efetuadas foram transcritas em uma planilha.

Com os dados coletados obteve-se a quantidade de materiais utilizados na fachada, o custo unitário, o custo total, a porcentagem de cada material no produto final, bem como a porcentagem de cada material no custo total deste processo de produção.

O quadro 4.6 mostra que a utilização das pastilhas cerâmicas é maior que a quantidade total de todos os outros materiais juntos. Ainda, seu custo unitário configura-se como o segundo maior de todos, sendo portanto responsável por uma parte muito expressiva no custo total do produto. A argamassa que tem a segunda maior utilização dos materiais na fachada responde por um custo unitário muito baixo, em comparação com os outros materiais. Face a isto, tem-se que a porcentagem deste material no produto final é maior do que 25%, porém com relação a custos ela chega a apenas 6,43%.

O rejunte é o material com a terceira maior utilização na fachada, sendo utilizado mais de seis vezes menos do que a argamassa, porém seu custo unitário é mais do que três vezes o da mesma argamassa, tornando o seu custo total na fachada praticamente a metade da argamassa.

Os demais materiais envolvidos na fachada como soda cáustica, ácido muriático e água participam como materiais auxiliares, não sendo incorporados ao produto final, porém todos têm uma representatividade no custo total do produto.

Quadro 4.6: principais matérias-primas e auxiliares

Nº	Material	Quantidade Utilizada na Fachada	Unidade	Custo Unitário (R\$/kg)	Custo Total (R\$)	% do produto	% do Custo Total
1	Pastilhas cerâmicas	5.152,00	kg	1,33	6.852,16	69,94	89,86
2	Argamassa	1.916,70	kg	0,256	490,64	26,01	6,43
3	Rejunte	298,10	kg	0,80	238,50	4,05	3,13
4	Soda cáustica	14	kg	2,0	28,00	-	0,37
5	Ácido muriático	18	litros	0,89	16,00	-	0,20
6	Água	1,91	m ³	0,00061	1,17	-	0,01
	Total					100	100

4.7.4. Matérias-primas e auxiliares toxicologicamente importantes

O objetivo deste item é o de identificar dentro das matérias-primas utilizadas as que podem ser tóxicas ao homem e ao meio ambiente, quantificando-as. Para tanto, procedeu-se da mesma maneira do item anterior, medindo-se e anotando o que saía do almoxarifado. Os valores do material adquirido foram conseguidos através do escritório da empresa, obtendo-se no final uma planilha com a quantidade utilizada na fachada, custo unitário, custo total, porcentagem do material no produto e porcentagem do material sobre o custo total.

Não ocorreu a utilização de matéria-prima toxicologicamente importante nesta fachada, sendo apenas utilizados materiais considerados auxiliares, pois não entram na composição do produto final. Os materiais auxiliares toxicologicamente importantes que participaram da execução produto final foram apenas dois, a soda cáustica e o ácido muriático. A quantidade destes materiais, seu custo unitário e total já foram vistos no quadro 4.6.

4.7.5. Categoria dos resíduos gerados

As tecnologias de produção mais limpa preconizam a separação dos resíduos gerados em onze categorias, sendo estas:

- matéria-prima não empregada;
- impurezas na matéria-prima;
- subprodutos não desejados;

- materiais auxiliares utilizados;
- materiais dos processos de partida e parada;
- matéria-prima mal utilizada, refugo;
- resíduos, materiais de manutenção ;
- materiais de manuseio e estocagem, amostragem, análise e transporte;
- perdas devido evaporações;
- materiais de falhas de processo e vazamentos;
- material de embalagem.

Para cada etapa do fluxograma obtido para o processo de produção caracterizou-se a geração de resíduos. Cada etapa e sub-etapa pode ter os seus resíduos caracterizados em todas as onze categorias, em algumas destas, em apenas uma ou simplesmente em nenhuma delas. Através dos dados coletados em campo e dos debates com o ECOTIME, montou-se os quadros qualitativos 4.7, 4.8 e 4.9 referente as etapas de colocação de pastilhas, rejunte e limpeza com ácido muriático respectivamente.

Quadro 4.7: Categoria dos resíduos gerados na etapa de colocação de pastilhas

RESÍDUOS	Sub-etapas						
	Transporte e estocagem	Transporte interno	Mistura da argamassa	Aplicação da argamassa	Colocação das pastilhas	Limpeza com soda	Limpeza com água
CATEGORIA							
Matéria prima não empregada	x	x					
Impurezas na matéria prima							
Subprodutos não desejados							
Materiais auxiliares utilizados			x			x	x
Materiais dos processos de partida e parada							
Matéria prima mal utilizada / refugo				x	x	x	
Resíduos / materiais de manutenção							
Materiais de manuseio e estocagem, amostragem, análise e transporte							
Perdas devido evaporações							
Materiais de falhas de processo e vazamentos							
Material de embalagem			x		x	x	

Quadro 4.8: Categoria dos resíduos gerados na etapa de rejunte

RESÍDUOS	Transporte interno	Mistura do rejunte	Aplicação do rejunte
CATEGORIA			
Matéria prima não empregada	x		
Impurezas na MP			
Subprodutos não desejados			
Materiais auxiliares utilizados		x	
Materiais dos Processos de partida e parada			
Matéria prima mal utilizada / refugo			x
Resíduos / materiais de manutenção			
Materiais de manuseio e estocagem, amostragem, análise e transporte			
Perdas devido evaporações			
Materiais de falhas de processo e vazamentos			
Material de embalagem		x	

Quadro 4.9: Categoria dos resíduos gerados na etapa de limpeza com ácido muriático

RESÍDUOS	Transporte interno	Diluição do ácido	Limpeza
CATEGORIA			
Matéria prima não empregada	x		
Impurezas na matéria prima			
Subprodutos não desejados			
Materiais auxiliares utilizados		x	
Materiais dos Processos de partida e parada			
Matéria prima mal utilizada / refugo			x
Resíduos / materiais de manutenção			
Materiais de manuseio e estocagem, amostragem, análise e transporte			
Perdas devido evaporações			
Materiais de falhas de processo e vazamentos			
Material de embalagem		x	

4.7.6. Prevenção e minimização dos resíduos gerados

As tecnologias de produção mais limpa baseiam-se em alguns métodos que podem ser adotados visando a prevenção e minimização de resíduos com melhorias ao meio-ambiente. Os métodos desenvolvidos por esta técnica são em número de quatorze, podendo ser aplicados a cada etapa ou sub-etapa do processo produtivo e são citados abaixo:

- modificação do produto;
- substituição ou troca de matéria-prima;
- otimização de parâmetros (dosagem controlada, concentração materiais);
- logística de resíduos;
- informações melhoradas;
- padronização;
- compras melhoradas;
- reuso, ciclo interno melhorado;
- reciclagem externa;
- compostagem externa;
- compostagem, ciclos biogênicos;
- alterações na seqüência de processo;
- material de embalagem retornável.

Para uma melhor visualização do processo foram montados os quadros 4.10, 4.11 e 4.12 referentes as etapas de colocação de pastilhas, rejunte e limpeza com ácido respectivamente.

Quadro 4.10: Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de colocação de pastilhas

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Transporte e estocagem	Transporte interno	Mistura da argamassa	Aplicação da argamassa	Colocação das pastilhas	Limpeza com soda	Limpeza com água
MÉTODO ADOTADO							
Modificação do Produto							
Substituição/Troca de matéria-prima						x	
Modificação da tecnologia				x			
Otimização de Parâmetros (dosagem contr., concentr. materiais)				x	x	x	
Logística de Resíduos							
Informações Melhoradas				x	x	x	
Padronização				x	x	x	
Compras Melhoradas							
Reuso, Ciclo interno melhorado				x	x	x	
Reciclagem Externa			x		x	x	
Compostagem Externa							
Compostagem, ciclos biogênicos							
Alterações na Seqüência de Processo					x	x	
Material de Embalagem Retornável							

Quadro 4.11: Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de rejunte

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Transporte interno	Mistura do rejunte	Aplicação do rejunte
MÉTODO ADOTADO			
Modificação do Produto			
Substituição/Troca de matéria-prima			
Modificação da tecnologia			x
Otimização de Parâmetros (dosagem controlada, concentração materiais)			x
Logística de Resíduos			
Informações Melhoradas			x
Padronização			x
Compras Melhoradas			
Reuso, Ciclo interno melhorado			x
Reciclagem Externa		x	
Compostagem Externa			
Compostagem, ciclos biogênicos			
Alterações na Seqüência de Processo			
Material de Embalagem Retornável			

Quadro 4.12: Métodos de prevenção e minimização adotados na etapa de limpeza com ácido muriático

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Transporte interno	Diluição do ácido	Limpeza
MÉTODO ADOTADO			
Modificação do Produto			
Substituição/Troca de matéria-prima	x	x	x
Modificação da tecnologia			
Otimização de Parâmetros (dosagem controlada, concentração materiais)			
Logística de Resíduos			
Informações Melhoradas			
Padronização			
Compras Melhoradas			
Reuso, Ciclo interno melhorado			
Reciclagem Externa			
Compostagem Externa			
Compostagem, ciclos biogênicos			
Alterações na Seqüência de Processo			
Material de Embalagem Retornável			

4.7.7. Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais

Através das reuniões semanais com o ECOTIME desenvolveu-se para o processo de produção as etapas e sub-etapas onde aplicava-se a substituição de materiais.

Das etapas que fazem parte do processo apenas a etapa de rejunte não pode ser aplicado a substituição de materiais. Na etapa da colocação de pastilhas verificou-se ser possível a troca de soda cáustica por água, bem como a troca dos marcos de madeira atuais (figura 4.14) por outros com largura específica para cada vão. Na etapa final, qual seja a limpeza com ácido muriático, foi sugerido a substituição da aplicação do ácido pela água.

Figura 4.14: Fotografia do marco de madeira



Quadro 4.13: Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais na etapa de colocação de pastilhas

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Aplicação da argamassa	Colocação das pastilhas	Limpeza com soda
PREVENÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS			
Substituição da Soda Cáustica por água		x	x
Aumentar a largura do marco de madeira	x	x	x

Quadro 4.14: Prevenção e minimização de resíduos com substituição de materiais na etapa de limpeza com ácido muriático

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Transporte interno	Diluição do ácido	Limpeza
PREVENÇÃO COM SUBSTITUIÇÃO DE MATERIAIS			
Substituição do ácido por água	x	x	x

4.7.8. Prevenção e minimização com mudança de tecnologia

Desenvolveu-se este item de forma semelhante ao anterior, sendo realizadas reuniões semanais com o ECOTIME onde foram constatadas as possíveis alterações no processo produtivo em duas das três etapas, sendo elas a colocação de pastilhas e o rejunte.

Na primeira etapa verificou-se a adoção de novas tecnologias buscando-se a minimização de resíduos através da minimização de sobras de argamassa, da minimização de sobras de pastilhas, da minimização de sobras de caixas de papelão, da minimização de sobras de sacos plásticos de argamassa, da minimização de sobras de pastilhas cortadas, da minimização de pastilhas em tiras, da minimização de papel das pastilhas, da minimização de água, da separação das pastilhas em tiras em caixas diferentes, da confecção ou adquirir um molde para a recolagem das pastilhas e da colocação de esquadria de alumínio pelo pastilheiro (quadro 4.15)

Na segunda etapa (rejunte) adotou-se a redução de resíduos através da modificação de tecnologias visando a minimização de sacos plástico de rejunte, a minimização de sobras de rejunte e a minimização de água, como pode ser visto no quadro 4.16.

Quadro 4.15: Prevenção e minimização de resíduos com mudança de tecnologia na etapa de colocação de pastilhas

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Mistura da argamassa	Aplicação da argamassa	Colocação das pastilhas	Limpeza com soda	Limpeza com água
PREVENÇÃO COM MODIFICAÇÃO DE TECNOLOGIA					
Minimização de Sobras de Argamassa		x			
Minimização de Sobras de Pastilhas			x		
Minimização de Sobras Caixas de Papelão			x		
Minimização de Sacos Plásticos de Argamassa	x				
Minimização de Sobras de Pastilhas Cortadas			x		
Minimização de Pastilhas em Tiras			x		
Minimização de Papel das Pastilhas				x	
Minimização de Água	x				
Separação das Pastilhas em tiras em caixas diferentes			x		
Molde para recolagem das pastilhas			x		
Colocação da esquadria de alumínio pelo pastilheiro		x	x	x	

Quadro 4.16: Prevenção e minimização de resíduos com mudança de tecnologia na etapa de colocação de pastilhas rejunte

RESÍDUOS/EMISSIONES/PROBLEMAS	Mistura do rejunte	Aplicação do rejunte
PREVENÇÃO COM MODIFICAÇÃO DE TECNOLOGIA		
Minimização de Sacos Plásticos de Rejunte	x	
Minimização de Sobras de Rejunte		x
Minimização de Água		x

4.7.9. Barreiras

As barreiras constituem-se nas dificuldades de implementar uma nova metodologia de trabalho. Elas podem ser de ordem material, como algum obstáculo, ou de ordem humana tais como rejeições das aplicações de novas idéias, constituindo mudanças ao trabalho que já vem sendo desenvolvido. O pesquisador encontrou barreiras de ordem física e humanas para a execução e implantação de seu estudo nesta obra.

4.8. Identificação de oportunidades de melhorias

Aqui foram analisados todos os dados coletados em campo. De posse dos resultados destes identificaram-se as oportunidades para a aplicação das técnicas de produção mais limpas, adotando estratégias para cada uma destas oportunidades e observando as barreiras encontradas para o desenvolvimento do trabalho nesta obra. O quadro 4.17 fornece um resumo do que foi efetivamente indicado a ser realizado na obra para cada oportunidade.

Em função do quadro 4.17 a seguir, desenvolveram-se cinco oportunidades de melhorias, quais sejam:

- Oportunidade 1 : Minimizar o consumo das pastilhas
- Oportunidade 2 : Minimizar a utilização de argamassa e rejunte
- Oportunidade 3 : Reaproveitamento das pastilhas avulsas e em tiras
- Oportunidade 4 : Separação de embalagens e papéis
- Oportunidade 5 : Lavagem da fachada

4.8.1. Oportunidade 1 : Minimizar o consumo das pastilhas

4.8.1.1. Descrição do problema

O consumo a mais de pastilhas cerâmicas constitui-se em perdas ambientais, econômicas e promovem a degradação da saúde. Os cortes nas pastilhas são efetuados para que possam adequar-se a fachada, não sendo aproveitado todas as partes do corte. Enquanto as frações de pastilhas que não são reutilizadas, constituem-se em perdas econômicas, este mesmo corte produz um pó cerâmico que é aspirado pelo pastilheiro, podendo trazer problemas de ordem pulmonar ao trabalhador, visto que este não trabalha com máscara para pó. Os resíduos provenientes do corte das pastilhas cerâmicas são classificados como inerte, sendo a sua disposição simples e dependendo apenas de local disponível.

Quadro 4.17: Oportunidades, estratégias e barreiras encontrados na obra

OPORTUNIDADES	ESTRATÉGIAS	BARREIRAS
Minimizar a utilização de argamassa e rejunte ainda nesta obra	<ul style="list-style-type: none"> Colocação de uma guia de 15cm a mais no jaú para esta obra e compensado para as próximas 	<ul style="list-style-type: none"> Algumas sacadas curvas; Jaú montado
Separação de embalagens e papéis	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolver sistema de orientação aos funcionários para recolhimento, separação e venda 	<ul style="list-style-type: none">
Reaproveitamento das pastilhas avulsas e em tiras	<ul style="list-style-type: none"> Adquirir molde para agrupá-las em placas iguais as originais. Separar em caixas. 	<ul style="list-style-type: none">
Minimizar o consumo das pastilhas	<ul style="list-style-type: none"> Incluir no projeto arquitetônico o detalhamento do revestimento de pastilhas 	<ul style="list-style-type: none"> Somente poderá ser realizado na próxima obra
Minimizar o consumo das pastilhas	<ul style="list-style-type: none"> Colocação das esquadrias de alumínio pelo pastilheiro 	<ul style="list-style-type: none"> Somente poderá ser realizado na próxima obra
Minimizar o consumo das pastilhas	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar os marcos de madeira em 2 cm, largura da pastilha 	<ul style="list-style-type: none"> Somente poderá ser realizado na próxima obra
Lavagem da fachada	<ul style="list-style-type: none"> Substituição da soda cáustica e do ácido muriático por água 	<ul style="list-style-type: none"> Resistência por parte dos executores do serviço, visto ser este mais demorado.

Todas as alternativas mencionadas serão implantadas a partir da próxima obra, visto já estarem concluídas estas etapas.

4.8.1.2. Descrição das medidas e operações unitárias envolvidas

Neste caso foram identificadas três medidas, sendo elas a inclusão no projeto arquitetônico do detalhamento do revestimento externo de pastilhas cerâmicas, a colocação das esquadrias de alumínio pelo pastilheiro e aumentar os marcos de madeira em 2 cm. Todas estas medidas visam a minimização da matéria-prima utilizada e a diminuição de custos, podendo ainda gerar melhorias para a saúde dos trabalhadores.

Deve-se notar que existe uma interação praticamente com todo o processo de colocação de pastilhas, visto que uma das três medidas identificadas trata da inclusão de um detalhamento no projeto arquitetônico. Pode-se concluir que as etapas números 1, transporte e estocagem, 2, transporte interno e 5, colocação de pastilhas são as afetadas mais diretamente.

São as seguintes as três medidas propostas para minimizar o consumo de pastilhas:

- a. incluir no projeto arquitetônico o detalhamento do revestimento externo de pastilhas cerâmicas:

A inclusão do detalhamento do revestimento externo de pastilhas cerâmicas no projeto arquitetônico refere-se a um estudo deste tipo de revestimento, analisando-se suas dimensões, espessura das juntas e desenhos requeridos. Este estudo deverá contemplar toda a fachada, verificando-se reentrâncias e vãos, proporcionando assim menos quebra nas pastilhas, devido a menor quantidade de cortes a serem efetuados. Estima-se que os resíduos provenientes do corte das pastilhas cerâmicas poderão ser reduzidos a zero. Isto representa também uma melhoria ambiental, uma economia na utilização das pastilhas e melhorias da saúde dos trabalhadores. O projetista deverá fornecer um estudo detalhado das fachadas dos prédios, evitando sempre o corte das pastilhas.

Visto que o detalhamento do projeto arquitetônico é parte integrante do mesmo, o custo para a implementação desta medida é zero.

Atentando-se para o fato de que o resíduo produzido foi adquirido como matéria-prima, no caso pastilhas cerâmicas coladas em folhas de papel e embaladas

em caixas de papelão, observa-se que a redução da geração de resíduos traz em seu bojo a diminuição de material adquirido, tanto matéria-prima como suas embalagens, e ainda a redução da energia utilizada para o corte das pastilhas. Portanto, este simples ajuste no projeto proporcionará uma redução de matéria-prima extraída do meio-ambiente e uma diminuição de embalagens utilizadas.

* Classificação da medida: medida organizacional.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa:

Visto o projeto arquitetônico ser a parte inicial de uma obra e esta já estar em andamento, inclusive com a colocação de pastilhas bastante adiantada, este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação:

Lembrando sempre que este estudo de caso foi realizado em uma obra de construção civil e o produto final da construção civil é caracterizado por ser o seu próprio protótipo, portanto, a implantação desta medida somente será possível em uma nova obra.

b. Colocação das esquadrias de alumínio pelo pastilheiro

A colocação das esquadrias de alumínio (figura 4.15) pelo pastilheiro gera uma substituição pura e simples da mão-de-obra da colocação das esquadrias. Esta substituição contribuirá para a redução do corte de pastilhas, pois o pastilheiro colocará a esquadria após ter demarcado com certeza o beiral e a quantidade de pastilhas que irão compor este. Para a implantação desta medida realizou-se um acordo com o empreiteiro das pastilhas onde demonstrou-se as vantagens da colocação das esquadrias de alumínio pelo pastilheiro, pois o tempo perdido com a

colocação das esquadrias seria recuperado com a diminuição dos cortes das pastilhas. Esta medida contribuirá ainda para uma melhoria ambiental e da saúde dos trabalhadores.

* Classificação da medida: mudança de tecnologia.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa:

Este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação:

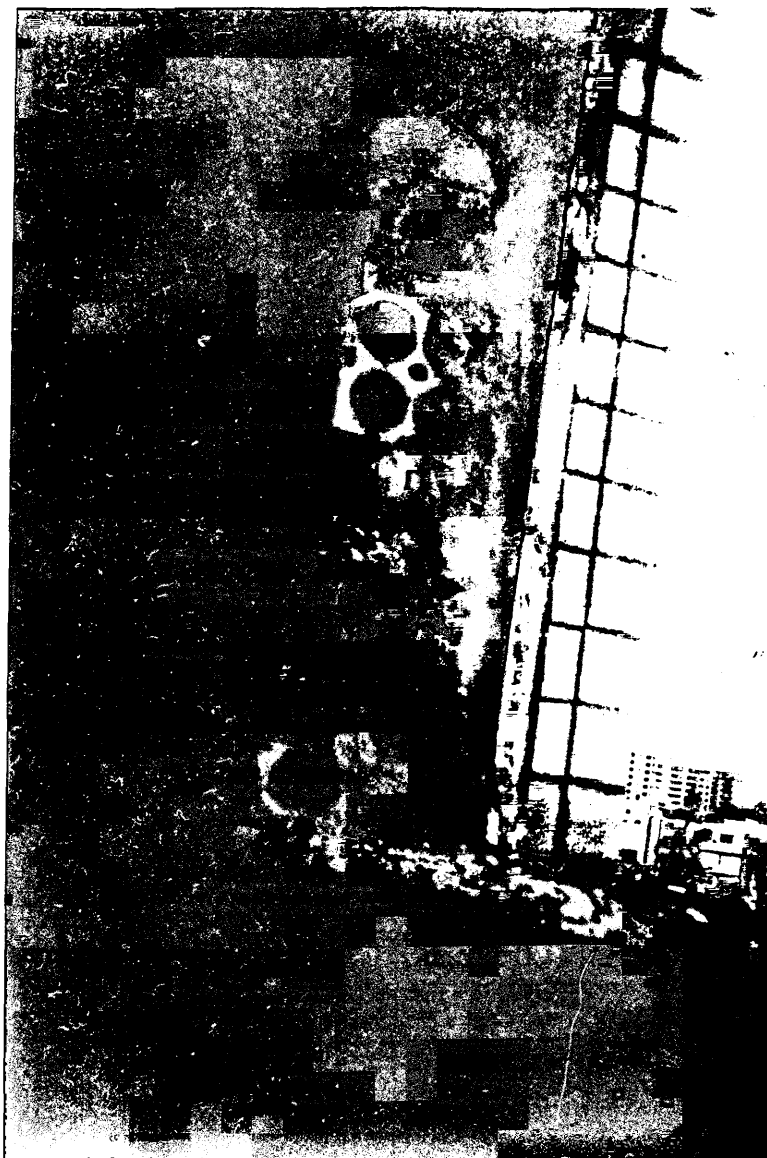
Como as esquadrias de alumínio já haviam sido colocadas quando da aplicação das pastilhas cerâmicas, a implantação desta medida somente será possível em uma próxima obra.

c. Aumentar os marcos de madeira em 2 cm

Os marcos de madeira restringem a colocação de pastilhas no peitoril das janelas (figura 4.14). Nas janelas analisadas, as pastilhas foram cortadas para dar acabamento junto aos marcos. A medida sugerida de aumentar a largura dos marcos de madeira em dois centímetros visa a eliminação dos cortes das pastilhas no entorno destes. Sendo que a compra dos marcos é realizada por unidade, não ocorrerão custos advindos deste acréscimo nos marcos. Este processo também contribuirá para uma melhoria ambiental e da saúde dos trabalhadores.

* Classificação da medida: mudança de tecnologia.

Figura 4.15: Fotografia da esquadria de alumínio



* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa:

Este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação:

A implantação desta medida somente se tornará possível em uma próxima obra, visto que as esquadrias de madeira já haviam sido colocadas quando do início da aplicação das pastilhas cerâmicas.

4.8.1.3. Análise econômica

É objetivo desta escola de prevenção da poluição a melhoria ambiental fornecendo ao empresário uma oportunidade de aumentar os seus lucros ou reduzir o preço de seu produto final, portanto deve-se demonstrar o quanto pode-se ganhar com o Ecobusiness. Buscando demonstrar os efeitos da aplicação das tecnologias de produção mais limpas, encontram-se descritos no quadro 4.18 o balanço econômico e ambiental das medidas propostas nesta oportunidade.

Quadro 4.18: Balanço econômico da oportunidade 1

Benefício econômico (R\$)	
Custo antes	6.889,00
Custo depois	6.852,16
Custo da modificação	0,00
Benefício econômico	36,84
Balanço ambiental (kg)	
Consumo de pastilhas antes	5.152,00
Consumo de pastilhas depois	5.124,30
Diminuição no consumo de pastilhas	27,70
Diminuição nas embalagens	0,80

Como pode ser observado as medidas identificadas não geraram custos a construtora, sendo meramente substituição de mão-de-obra, adequação do projeto arquitetônico e controle dos marcos de madeira, não acarretando, portanto, investimentos a serem realizados.

4.8.1.4. Indicadores

O quadro 4.19 mostra que as medidas a serem adotadas para minimizar o consumo de pastilhas trarão benefícios ambientais e econômicos, pois estarão reduzindo o consumo de matérias-primas e auxiliares, bem como zerando a geração de resíduos. Porém é importante salientar que os valores da última coluna referentes, a depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpas, são apenas previsões, visto que não puderam ser adotados nesta obra pelos motivos salientados anteriormente.

Quadro 4.19: Indicadores ambientais da oportunidade 1

INDICADORES	Antes da aplicação das tecnologias de produção mais limpa	Depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpa*
CONSUMO DE ÁGUA (l/ m ²)	4,77	4,77
CONSUMO DE PASTILHAS CERÂMICAS (kg/ m ²)	12,88	12,81
GERAÇÃO DE RESÍDUOS (kg/ m ²)	0,07	Zero

* *Previsão.*

4.8.1.5. Conclusões da oportunidade 1

Relembrando as medidas sugeridas de aplicação de técnicas de produção mais limpa foram a inclusão no projeto arquitetônico do detalhamento do revestimento externo de pastilhas cerâmicas, a colocação das esquadrias de alumínio pelo pastilheiro e aumentar os marcos de madeira em 2 cm. Embora todas as medidas sejam de fácil aplicação e sem a necessidade de investimentos, não puderam ser contempladas com suas implantações nesta obra. A primeira medida citada trata-se de projeto do produto, sendo adotado somente a partir da próxima obra, não podendo ser relatado os benefícios alcançados com as modificações sugeridas. A segunda medida citada não pode ser adotada aqui, visto as esquadrias de alumínio já terem sido colocadas antes da colocação das pastilhas, não sendo possível também a adoção da terceira medida sugerida devido ao fato de os marcos

possível também a adoção da terceira medida sugerida devido ao fato de os marcos já estarem comprados e colocados. Porém prevê-se diminuir a praticamente zero a geração de corte de pastilhas quando da adoção de todas as três medidas.

4.8.2. Oportunidade 2: Minimizar a utilização de argamassa e rejunte

4.8.2.1. Descrição do problema

Através das folhas de trabalho adotadas e observações realizadas *in-loco*, verificou-se o desperdício de argamassa e de rejunte. Tal desperdício caracteriza-se como consumo a mais de matéria-prima, constituindo-se em perdas econômicas e ambientais. A argamassa era preparada através de uma mistura de argamassa em pó e água. Após o seu preparo o pastilheiro aplicava-a sobre a superfície da parede, no caso a fachada analisada, lançando mão de uma desempenadeira de metal. Parte da argamassa que era aplicada sobre a fachada cai sobre o piso do jaú, sendo reaproveitada. O piso do jaú é composto por guias de madeira dispostas paralelas entre si e paralelas com a fachada. As guias são colocadas permitindo um espaçamento de alguns centímetros entre elas, facilitando a passagem da argamassa entre os vãos e impedindo o seu total reaproveitamento. Ainda, a guia mais próxima da fachada está a cerca de quinze centímetros da parede, onde ocorrem perdas de argamassa. As mesmas perdas ocorrem quando da aplicação do rejunte.

Alternativas identificadas para a resolução do problema gerador deste estudo de caso:

- Eliminar os espaços vazios entre as guias do jaú e colocar a primeira guia mais próxima da fachada.

Todas as alternativas mencionadas serão implantadas a partir da próxima obra.

4.8.2.2. Descrição da medida e operações unitárias envolvidas

A medida a ser implementada aborda aspectos de natureza ambiental e econômicos. O simples fechamento dos espaços vazios do piso do jaú e a aproximação deste com a fachada evita com que as sobras de argamassa e rejunte passem por estas fendas e se depositem sobre o solo, permitindo assim o reaproveitamento de grande parte da argamassa e do rejunte. O custo para a adoção desta medida é zero, pois será utilizado madeira já existente em obra para este fim.

Diminuindo-se a quantidade de argamassa e rejunte utilizados, obtém-se um ganho com relação a matéria-prima extraída do meio-ambiente ao mesmo tempo em que reduz-se a quantidade de embalagens plásticas adquiridas e de material a ser disposto. Por outro lado, como a argamassa e o rejunte são preparados através de uma mistura com água, diminuindo estes insumos se estará diminuindo o consumo de água também.

Este estudo de caso relaciona-se com a etapa de colocação de pastilhas interagindo diretamente com a etapa de número 3, mistura da argamassa, e 4, aplicação da argamassa, do fluxograma mostrado na figura 4.5. Relacionando-se também com a etapa de rejunte, interagindo sobre as etapas de números 2 e 3, mistura do rejunte e aplicação do rejunte, respectivamente.

* Classificação da medida: reciclagem interna e maior cuidado operacional.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa

Como as tecnologias de produção mais limpa preconizam que deve-se realizar todas as medições antes de efetuarem-se as mudanças, este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação

Este estudo de caso foi realizado em uma obra de construção civil. O produto final da construção civil é caracterizado por ser o seu próprio protótipo, portanto, a implantação desta medida somente será possível em uma nova obra.

4.8.2.3. Análise econômica

No quadro 4.20 pode ser visto o balanço econômico e ambiental desta oportunidade.

Quadro 4.20: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 2

Benefício econômico (R\$)	
Custo antes	729,15
Custo depois	684,66
Custo da modificação	0,00
Benefício econômico	44,49
Balanço ambiental (kg)	
Consumo de argamassa e rejunte antes	2.214,80
Consumo de argamassa e rejunte depois	2.079,70
Diminuição no consumo de argamassa e rejunte	135,10
Diminuição nas embalagens	5,40

Como observado anteriormente, as medidas identificadas não geraram custos a construtora. Tais medidas tratam de reciclagem interna, simplesmente recolocando na masseira a argamassa e/ou o rejunte que por ventura tenha se depositado no piso do jáú e um maior cuidado operacional, adotando-se para tanto a utilização de chapas de compensado sobre os vãos do piso do jáú e uma guia a mais em sua extremidade mais próxima da fachada. Salientando mais uma vez que tais materiais já encontram-se nas obras, sendo resíduos de outros processos, tendo portanto seu custo de implantação zero. Não acarretando investimentos a serem realizados.

4.8.2.4. Indicadores

O quadro 4.21 mostra que as medidas a serem adotadas neste estudo de caso trarão benefícios ambientais e econômicos, pois estarão reduzindo o consumo de matérias-primas e água, bem como zerando a geração de resíduos. Porém é importante salientar que os valores da última coluna, referente a depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpas, são apenas previsões, visto que não puderam ser adotados nesta obra pelos motivos salientados anteriormente.

Quadro 4.21: Indicadores ambientais da oportunidade 2

INDICADORES	Antes da aplicação das tecnologias de produção mais limpa	Depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpa*
CONSUMO DE ÁGUA (l/m ²)	4,77	**
CONSUMO DE ARGAMASSA (kg/ m ²)	4,80	4,50
CONSUMO DE REJUNTE (kg/ m ²)	0,75	0,70
GERAÇÃO DE RESÍDUOS (kg/ m ²)	0,34	Zero

* Previsão.

** Não é possível estimar, pois a água foi medida no seu total

4.8.2.5. Conclusões da oportunidade 2

Esta medida não pode ser contemplada com sua implantação nesta obra, devido ao fato de o já já estar montado, não podendo ser relatado os benefícios alcançados com as modificações sugeridas. Porém estima-se reduzir a zero o desperdício com a argamassa e o rejunte que depositam-se sobre o solo.

4.8.3. Oportunidade 3 : Reaproveitamento das pastilhas avulsas e em tiras

4.8.3.1. Descrição do problema

As pastilhas cerâmicas são normalmente adquiridas em “placas” contendo quarenta e oito pastilhas distribuídas em uma matriz retangular divididas em seis

colunas por oito linhas (figura 4.2). Devido aos recortes da fachada, bem como suas aberturas faz-se necessário separar as pastilhas para sua aplicação, utilizando-se retângulos menores, de acordo com o necessário. Juntando-se a isto, ocorre ainda o descolamento de pastilhas da fachada antes do término da obra.

4.8.3.2. Descrição da medida e operações unitárias envolvidas

Para este estudo de caso foram identificadas três medidas, sendo elas adquirir molde para agrupar as pastilhas em placas; separar as pastilhas em tiras de uma coluna e seis linhas, duas colunas e seis linhas, três colunas e seis linhas e quatro colunas ou mais e seis linhas e colocá-las no já-língua a disposição do pastilheiro e, por fim, separar as pastilhas avulsas. Todas estas medidas visam a minimização da matéria-prima utilizada e a diminuição de custos.

As medidas a serem implementadas abordam aspectos econômicos e de natureza ambiental. Sempre que for necessária a divisão da placa de pastilhas, o pastilheiro irá separar em caixas específicas o material que sobrou, respeitando a classificação de pastilhas avulsas, em tiras de uma coluna, de duas colunas, três colunas e quatro ou mais colunas. Isto evita a divisão de novas placas de pastilhas, facilitando o trabalho do pastilheiro e diminuindo as perdas. Ao término da obra, ou quando necessário, as pastilhas que por ventura sobrarem serão reagrupadas com a ajuda de uma matriz, produzindo novas placas de pastilhas.

É estimado que os resíduos das pastilhas cerâmicas sejam reduzidos a zero. Ao mesmo tempo em que está diminuindo a quantidade de resíduos, também ocorre a diminuição de material adquirido, obtendo-se com isto uma redução de matéria-prima extraída do meio-ambiente e uma diminuição de embalagens.

Esta oportunidade interage diretamente com o processo de colocação de pastilhas, sendo envolvidas as etapas números 1, transporte e estocagem, 2, transporte interno e 5, colocação de pastilhas são as afetadas mais diretamente.

* Classificação da medida: medida organizacional, maior cuidado operacional e reciclagem interna.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa.

Como a filosofia das tecnologias de produção mais limpa preconizam que deve-se realizar todas as medições antes de efetuarem-se as mudanças, este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação.

Esta medida foi adotada em parte ainda nesta obra, quando as pastilhas avulsas e em tiras coletadas foram reagrupadas para futuro aproveitamento. A medida organizacional de separar em caixas diferentes para a utilização do próprio pastilheiro será adotada a partir da próxima obra.

4.8.3.3. Análise econômica

No quadro 4.22 a seguir pode ser visto o balanço econômico e ambiental desta oportunidade.

Quadro 4.22: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 3

Benefício econômico (R\$)	
Custo antes	6.852,16
Custo depois	6.664,49
Custo da modificação	0,00
Benefício econômico	220,34
Balanço ambiental (kg)	
Consumo de pastilhas antes	5.152,00
Consumo de pastilhas depois	5.010,90
Diminuição no consumo de pastilhas	141,10

Como observado no item anterior, referente a memória de cálculo, as medidas identificadas não geraram custos a construtora. Tais medidas configuram-se como medida organizacional, maior cuidado operacional e reciclagem interna. A medida organizacional aqui sugerida é a simples separação das pastilhas em tiras e avulsas em caixas próprias para elas. O maior cuidado operacional refere-se a colocação das caixas de pastilhas a disposição do pastilheiro. A reciclagem interna nada mais é do que a adoção em conjunto das duas medidas citadas anteriormente para posterior utilização das pastilhas, bem como a utilização do molde para reconstruir as matrizes das pastilhas com as pastilhas coletadas.

O único investimento a ser realizado seria a confecção de um molde, o papel e a cola para reagrupar as pastilhas em placas. Porém conseguiu-se junto ao fornecedor das pastilhas o molde, sem custo nenhum, junto ao fornecedor de impermeabilização conseguiu-se restos de papel kraft que foram utilizados na proteção mecânica e a cola com outro fornecedor. Tudo alcançado sem nenhum custo para a construtora. Portanto não há investimento a ser realizado.

4.8.3.4. Indicadores

Conforme explicado anteriormente, o quadro 4.23, a seguir, mostra os indicadores para esta oportunidade.

Quadro 4.23: Indicadores ambientais da oportunidade 3

INDICADORES	Antes da aplicação das tecnologias de produção mais limpa	Depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpa*
CONSUMO DE ÁGUA (l/m ²)	4,77	4,77
CONSUMO DE PASTILHAS CERÂMICAS (kg/ m ²)	12,88	12,53
GERAÇÃO DE RESÍDUOS (kg/ m ²)	0,35	Zero

* Previsão.

4.8.3.5. Conclusões oportunidade 3

Embora esta medida não possa ser contemplada em sua totalidade nesta obra, pode ser relatado os benefícios alcançados com as modificações sugeridas. Estima-se diminuir a zero o desperdício com as pastilhas que depositam-se sobre o solo e sobre o jaú, bem como aquelas que se descolam antes de sua aplicação e são descartadas. Porém, para maiores conclusões, deve-se levar em conta que as medidas acima ainda estão sendo implementadas.

4.8.4. Oportunidade 4 : separação de embalagens e papéis

4.8.4.1. Descrição do problema

Através das folhas de trabalho adotadas e observações realizadas *in-loco*, verificou-se o desperdício das embalagens plásticas, papéis e embalagens de papelão. As matérias-primas utilizadas neste processo produtivo são adquiridas em embalagens plásticas, no caso de rejunte, argamassa e soda cáustica e caixas de papelão para as pastilhas cerâmicas. Esta última tem também os papéis que servem para colá-las em placas. Estas embalagens eram sempre descartadas, em conjunto com a caliça transportada ao aterro de inertes. Observa-se aqui que têm-se desperdício de materiais que poderiam ser agrupados e vendidos à reciclagem, configurando-se aqui, portanto, perdas ambientais e econômicas.

4.8.4.2. Descrição da medida e operações unitárias envolvidas

Foram identificadas duas medidas, sendo elas a separação das embalagens nas categorias de plásticos e papéis e a venda das embalagens. Todas estas medidas visam o aumento da reciclagem dos materiais recicláveis e um ganho com a venda dos mesmos. Elas abordam aspectos econômicos e de natureza ambiental. O custo para a adoção delas, pois o próprio mestre de obras encarregar-se-á de separar estas embalagens, sendo que a empresa terá um ganho com as vendas, que será revertido em prol dos operários que trabalham na obra.

Os resíduos das embalagens serão reduzidos a zero, encaminhando-se 100% do material recolhido à reciclagem, obtendo-se, com isto, uma redução de matéria-prima extraída do meio-ambiente.

Este estudo de caso relaciona-se com a etapa de colocação de pastilhas interagindo diretamente com a etapa de número 3, mistura da argamassa, e 5, colocação das pastilhas, do fluxograma. Relacionando-se também com a etapa de rejunte, interagindo sobre a etapa de números 2, mistura do rejunte.

* Classificação da medida: a medida a ser implementada classifica-se como medida organizacional e reciclagem externa.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa.

Como filosofia das tecnologias de produção mais limpa preconizam que deve-se realizar todas as medições antes de efetuarem-se as mudanças, este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação:

Os materiais recicláveis foram recolhidos, porém quando do término da pesquisa ainda não havia sido efetuada a venda do material separado.

4.8.4.3. Análise econômica

No quadro 4.24, a seguir, pode ser visto o balanço econômico e ambiental desta oportunidade.

Novamente, as medidas identificadas não geraram custos a construtora. Tais medidas configuram-se apenas como medida organizacional e reciclagem externa. A medida organizacional aqui sugerida é a simples separação das embalagens e papéis e seu armazenamento para futura venda. A reciclagem externa é fruto da venda dos materiais recicláveis recolhidos aqui, proporcionando melhorias

ambientais. Como o recolhimento é organizado e efetuado pelo mestre-de-obras, não há investimentos a serem realizados.

Quadro 4.24: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 4

Benefício econômico (R\$)	
Custo antes	0,00
Custo depois	- 11,96
Custo da modificação	0,00
Benefício econômico	11,96
Balanço ambiental (kg)	
Disposição de embalagens plásticas no aterro	6,70
Disposição de caixas de papelão no aterro	131,10
Disposição de papel kraft no aterro	42,20
Diminuição de embalagens plásticas	6,70
Diminuição de caixas de papelão	131,10
Diminuição de papel kraft	42,20

4.8.4.4. Indicadores

Conforme explicado anteriormente, o quadro 4.25 a seguir mostra os indicadores para esta oportunidade.

Quadro 4.25: Indicadores ambientais da oportunidade 4

INDICADORES	Antes da aplicação das tecnologias de produção mais limpa	Depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpa*
VENDA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS PARA RECICLAGEM (kg/ m ²)	0,00	0,02
VENDA DE PAPEL PARA RECICLAGEM (kg/ m ²)	0,00	0,43
GERAÇÃO DE RESÍDUOS (kg/ m ²)	0,45	Zero

* Previsão.

4.8.4.5. Conclusões oportunidade 4

Embora esta medida não tenha sido contemplada em sua totalidade nesta obra, podem ser relatados os benefícios alcançados com as modificações sugeridas. É visível a compreensão e a colaboração dos operários da obra na execução desta tarefa, configurando-se como uma grande surpresa a nível de educação ambiental. Verificou-se ainda que passou a existir a separação e coleta de materiais recicláveis no escritório da empresa para a venda.

Prevê-se diminuir a zero os resíduos das embalagens. Porém, para maiores conclusões, deve-se levar em conta que as medidas acima ainda estão sendo implementadas.

4.8.5. Oportunidade 5 : lavagem da fachada

4.8.5.1. Descrição do problema

Através das folhas de trabalho adotadas e observações realizadas *in-loco*, verificou-se o trabalho feito com o uso de soda cáustica e ácido muriático na lavagem da fachada. Após as placas de pastilhas serem coladas na fachada, o pastilheiro realiza uma lavagem com soda cáustica com a finalidade de retirar o papel que envolve as placas. Observou-se que o pastilheiro nem sempre utilizava as luvas que serviam para evitar o contato do produto com a pele, ou utilizavam luvas já deterioradas. O ácido muriático é aplicado na fachada após ter-se efetuado o rejunte das juntas. A finalidade desta aplicação é a limpeza das pastilhas que porventura ficaram manchadas pela argamassa ou pelo rejunte quando da aplicação dos mesmos.

4.8.5.2. Descrição da medida e operações unitárias envolvidas

Para este estudo de caso foram identificadas duas medidas, sendo elas a substituição da soda cáustica e do ácido muriático por água. Esta medida caracteriza-se pela simples substituição de uma solução diluída de soda cáustica e outra de ácido muriático por água, melhorando assim as condições de trabalho para

os operários e evitando o despejo destas soluções na tubulação pluvial ou cloacal. Também é importante frisar que ao evitar a entrada de ácido muriático e soda cáustica no sistema, também ocorrem melhorias a nível econômico.

Este estudo de caso relaciona-se com a etapa de colocação de pastilhas, interagindo diretamente com a sub-etapa de número 6 do fluxograma da figura 4.5, limpeza com soda. Relacionando-se também com a etapa de limpeza com ácido, interagindo sobre a sub-etapa de número 3, limpeza.

* Classificação da medida: substituição de matéria-prima.

* Plano de monitoramento para identificar benefícios ambientais, técnicos e de saúde ocupacional ocorridos com a implantação das técnicas de produção mais limpa.

Como as tecnologias de produção mais limpa preconizam que deve-se realizar todas as medições antes de efetuarem-se as mudanças, este estudo de caso será implantado em uma próxima obra. Os indicadores deverão ser analisados e comparados com os desta obra.

* Análise comparativa de entrada e saída das etapas relacionadas ao estudo de caso, após a sua implantação.

Para a realização deste estudo de caso, efetuou-se a substituição da soda cáustica e do ácido muriático por água a título experimental no final da fachada, tendo obtido sucesso com relação a retirada do papel das placas das pastilhas e com relação a lavagem final da fachada. Contudo, ainda não foi efetuada medição.

4.8.5.3. Análise econômica

No quadro 4.26 a seguir pode ser visto o balanço econômico e ambiental desta oportunidade.

Quadro 4.26: Balanço econômico e ambiental da oportunidade 5

Benefício econômico (R\$)	
Custo antes	44,00
Custo depois	0,00
Custo da modificação	0,00
Benefício econômico	44,00
Balanço ambiental (kg)	
Não utilização de soda cáustica	14,00
Não utilização de ácido muriático	18,00

Como observado antes, as medidas identificadas não geraram custos a construtora. Tais medidas configuram-se apenas como substituição de matéria-prima. A mão-de-obra continuará a ser a mesma, não aumentando os seus custos. A quantidade de água a ser utilizada é estimada como sendo a mesma, visto trocar-se ácido muriático diluído em água e soda cáustica também diluída em água. Portanto, não há investimentos a serem realizados.

4.8.5.4. Indicadores

Conforme explicado anteriormente, o quadro 4.27 a seguir mostra os indicadores para esta oportunidade.

Quadro 4.27: Indicadores ambientais da oportunidade 5

INDICADORES	Antes da aplicação das tecnologias de produção mais limpa	Depois da aplicação das tecnologias de produção mais limpa*
CONSUMO DE ÁGUA (l/ m ²)	4,77	4,77
CONSUMO DE SODA CÁUSTICA (kg/ m ²)	0,04	Zero
CONSUMO DE ÁCIDO MURIÁTICO(kg/ m ²)	18	Zero
GERAÇÃO DE RESÍDUOS (kg/ m ²)	sacos plásticos e bombona	Zero

* Previsão.

4.8.5.5. Conclusões oportunidade 5

Nesta obra realizou-se apenas um piloto, obtendo-se ótimos resultados em relação a parte operacional e de limpeza. Outros resultados serão gerados a partir de uma próxima obra.

4.9. Conclusões do estudo de caso 1

Com a introdução das técnicas de produção mais limpa na indústria da construção civil, especificamente neste estudo de caso, obteve-se redução da quantidade de material utilizado na obra.

Ainda, esta filosofia permitiu que fosse adotada técnicas de educação ambiental, transformando materiais recicláveis, que antes eram descartados, em mercadoria de troca, obtendo-se assim um ganho social.

A aplicação das medidas também proporcionará uma melhora na saúde dos trabalhadores.

Concluiu-se ainda que:

- a. pode-se realizar mudanças efetivas em uma construção sem que acarrete custos a empresa;
- b. a educação ambiental pode ser estendida aos operários da construção civil, tendo então um ganho social;
- c. alguns dos resíduos que são descartados em uma construção podem ser transformados em lucro com uma medida organizacional visando uma reciclagem externa;
- d. a geração de resíduos pode ser reduzida a praticamente zero com a aplicação de medida organizacional, de mudança de tecnologia, de reciclagem interna, de maior cuidado operacional, de reciclagem externa e substituição da matéria prima;
- e. o consumo de pastilhas, argamassa e rejunte podem ser reduzidos;
- f. o consumo de soda cáustica e ácido muriático passou a ser zero após a implantação das técnicas de produção mais limpas.

5. Estudo de Caso 2 - Análise do Ciclo de Vida (ACV)

5.1. Introdução

A metodologia estabelecida para a aplicação da ACV neste trabalho parte da escolha de uma obra e sua correspondente etapa de produção. Para este estudo de caso a coleta de dados deu-se no canteiro de obras denominado de obra 02. Esta construção caracteriza-se por ser um condomínio horizontal formado por oito unidades autônomas de habitação unifamiliar. Cada unidade possui sub-solo com garagens individuais, pavimento térreo, segundo pavimento e cobertura constituindo ao todo uma área total de 2.104,39 m². Como o universo da indústria da construção civil é amplo, escolheu-se por conveniência do trabalho atuar no estudo de alvenarias.

Em primeiro lugar observou-se a execução das paredes de tijolos maciços, sendo analisados o fluxograma de produção. A produção de alvenaria requer insumos, tijolos e argamassa sendo esta última uma composição de outros três insumos, quais sejam: cimento, areia média e água.

As unidades residenciais desta obra foram executadas em alvenaria portante. Este tipo de alvenaria é caracterizado por poder suportar cargas maiores do que o seu peso próprio, não necessitando de estrutura de concreto armado, metálica ou outra qualquer. Para isto ela deve ser executada em tijolos maciços com suas juntas horizontais e verticais preenchidas com argamassa com a espessura de 1,5cm, conforme solicitado pelo engenheiro da obra.

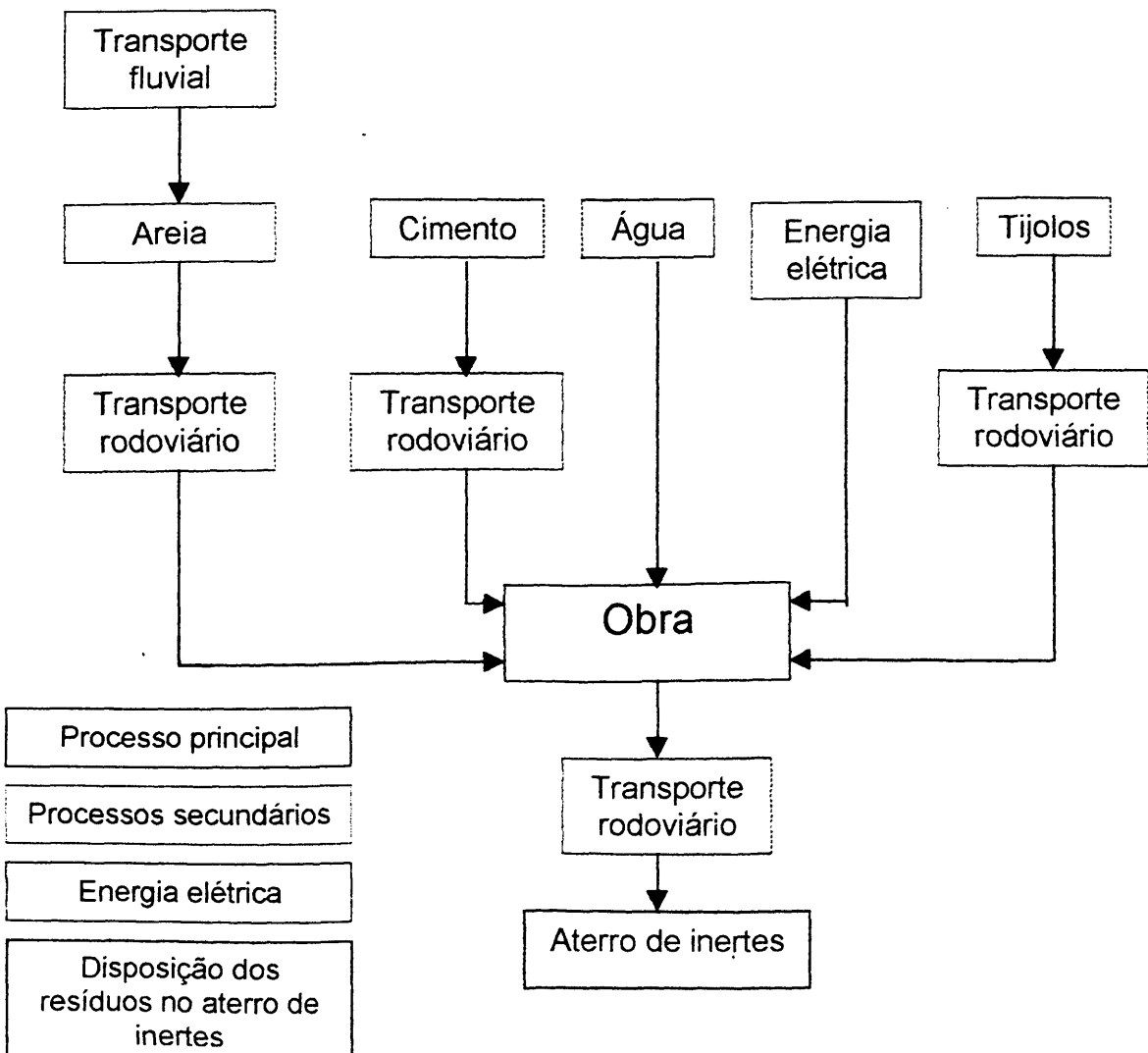
Efetuada a coleta de dados em obra, partiu-se para a busca de dados relativos aos insumos e energia incorporados na construção das alvenarias deste condomínio. Para tanto e buscando definir a abrangência do estudo efetuou-se visitas a fornecedores de areia, cimento e tijolos. Realizado este estudo foi efetuada a comparação entre os dados coletados e os dados ideais para a obra.

5.2. Abrangência da análise

A partir das coletas de dados no canteiro de obras e visitas aos fornecedores de materiais definiu-se a abrangência da análise efetuada neste estudo.

O ponto de partida para a análise realizada foi a alvenaria, que para a sua construção recebe os materiais provenientes de outras unidades produtivas externas, no caso de olarias, de indústrias cimenteiras, de unidades de extração de areia e sistemas de abastecimentos de água. Os resíduos resultantes do processo de construção da alvenaria são destinados ao aterro de inertes do DMLU. Na figura 5.1 a seguir é mostrado o fluxograma geral do processo deste estudo de caso, sendo que cada caixa será estudado separadamente.

Figura 5.1: Fluxograma geral da análise da ACV



5.2.1. Alvenaria

Já definido como o processo principal deste estudo, a alvenaria foi avaliada em seu todo. Para tanto iniciou-se a observação quando da entrada do material na obra, seu estoque e sua utilização. Ainda foram abrangidos pelo estudo a quantidade de energia utilizada na betoneira e a quantidade de água consumida.

5.2.2. Água

Neste trabalho foi considerado o consumo teórico de água na obra, sendo adotado como perda apenas a quantidade de água utilizada como insumo na argamassa que foi descartada com a quebra da alvenaria, desconsiderando as demais perdas ocorridas no canteiro. Foram adotadas as perdas ocorridas quando da distribuição da água fornecida pelo Departamento Municipal de Águas e Esgotos do Município de Porto Alegre (DMAE). Ainda, os dados referentes ao lodo gerado no tratamento de água e expostos aqui foram obtidos junto ao DMAE.

5.2.3. Cimento

A fabricação do cimento envolve uma série intrincada de atividades, por demais extensa para a abrangência a que se propôs este trabalho. Resolveu-se considerar na produção de cimento apenas alguns dados retirados de bibliografia, referentes ao consumo de energia elétrica e a quantidade de poluentes emitidos para a atmosfera.

5.2.4. Areia

Para esta etapa do trabalho foi adotado as emissões atmosféricas provocadas pelo transporte fluvial, bem como as perdas de areia provocadas pela descarga no cais. Foi desconsiderado a extração da areia no rio e a energia gasta para a sua descarga, bem como tudo a que se refere a extração e refino de petróleo e transporte de óleo diesel utilizado pelos barcos.

5.2.5. Tijolos

Neste item considerou-se praticamente toda a produção de tijolos em olarias. Visando analisar os resíduos sólidos provenientes desta atividade iniciou-se o estudo desde a extração da argila, passando por todos os itens de produção e culminando com o carregamento do caminhão. Como a fonte de energia utilizada é a lenha, buscou-se verificar apenas as suas emissões atmosféricas e o seu poder calorífero, desprezando o plantio das árvores, seu corte e transporte.

Não foram analisados na extração da argila emissões geradas pelas máquinas utilizadas para este fim, bem como não obteve-se dados relativos a energia elétrica consumida pelas olarias.

5.2.6. Quantificação e disposição dos resíduos

Aqui buscou-se analisar onde estavam sendo dispostos os resíduos sólidos produzidos por esta obra.

5.2.7. Transporte rodoviário

Este item foi bastante abrangente, pois interage praticamente com todos os anteriores. Portanto, iniciou-se o estudo analisando a rota efetuada pelo veículo desde o fornecedor até a obra e vice-versa. Sendo analisados as emissões atmosféricas dos veículos transportadores. Descartou-se o estudo da extração e refino do petróleo e do transporte do óleo diesel.

5.3. Análise de inventários

Aqui serão abordados toda a coleta de dados e os fluxogramas das etapas envolvidas nesta análise.

5.3.1. Alvenaria

Dentro do canteiro de obras analisou-se a alvenaria portante, de 20cm e de 10cm de espessura, executada em tijolos maciços com juntas de argamassa de

cimento e areia. Para o fechamento do trabalho foram fornecidos pela construtora os orçamentos físico e financeiro, de onde foram extraídos os valores totais das alvenarias a serem executadas. Tais valores foram utilizados na extrapolação dos dados coletados *in-loco*. O fluxograma da execução da alvenaria é mostrado na figura 5.2.

5.3.1.1. Dados coletados na obra

Com a finalidade de detectar as quantidades de materiais consumidos, coletou-se no canteiro de obras alguns dados sobre a execução das alvenarias tais como a espessura das juntas, as dimensões de diversos tijolos, o traço utilizado e o recomendado pelo engenheiro responsável pela obra, os locais de estoque, o tempo gasto para misturar a argamassa pela betoneira e as quantidades de quebra de alvenaria.

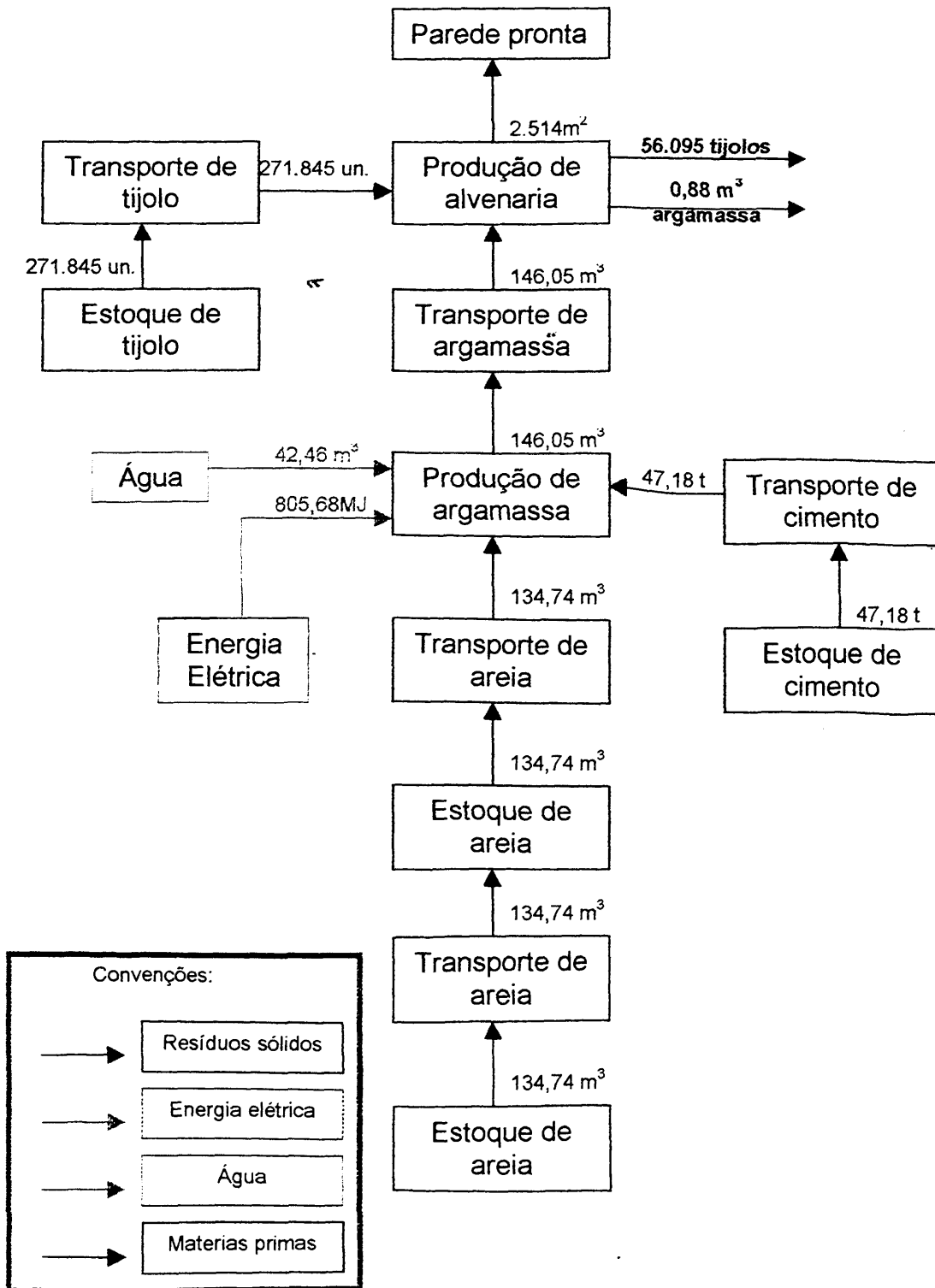
a. Espessura das juntas

As medidas das juntas foram realizadas de forma aleatória nas oito casas pertencentes ao condomínio horizontal em construção, totalizando 589 (quinhentas e oitenta e nove) medições de juntas horizontais e verticais das alvenarias, conforme quadro 5.1 abaixo.

Quadro 5.1: Dados sobre as medições das juntas

	Juntas	
	horizontais	verticais
Média (cm)	2,16	2,16
Desvio Padrão	0,700183	1,061991
Valor Máximo (cm)	6,5	7
Valor Mínimo (cm)	0,7	0,5
Número de observações	298	291

Figura 5.2: Fluxograma da execução da alvenaria



b. Dimensões dos tijolos

Os tijolo maciços utilizados nesta obra foram medidos de forma aleatória quando em seu estoque em suas três dimensões, largura, comprimento e espessura (quadro 5.2).

Quadro 5.2: Dados sobre as dimensões dos tijolos utilizados na obra

	Comprimento	Largura	Espessura
Média	20,72	9,62	4,75
Desvio Padrão	0,614095	0,218354	0,186205
Valor Máximo (cm)	22	10,2	5,2
Valor Mínimo (cm)	19,1	9,2	4
Número de observações	62	62	62

c. Traço

Este item é de extrema importância no universo da construção civil, pois dele obtém-se o consumo teórico dos insumos necessários para a produção de argamassa, atingindo assim a qualidade requerida. O traço deve ser fornecido por profissional habilitado, engenheiro civil ou arquiteto, e executado conforme determinado. Porém, nesta obra não observou-se isto. O traço fornecido pelo engenheiro responsável não era cumprido. Observou-se que o servente produzia a argamassa não adotando a padiola padrão da construtora, fazendo a cubagem de areia através de pás. Foram consumidas em média 55 pás de areia para um saco de cimento.

d. Quebra de alvenaria

Durante o período de observação na obra foram constatadas quebras eventuais decorrentes da falta de coordenação de projetos ou alterações solicitadas pelos proprietários. Mediu-se as quebras encontrando-se o valor de 5,93 m², o que representa aproximadamente 0,6% da área de alvenaria executada.

Para fins deste estudo, foi adotado que a quantidade de resíduos de argamassa seria igual a 0,6% da argamassa produzida em obra. Para o tijolo, o

outro insumo observado na execução da alvenaria, foi adotado o valor de desperdício de 26% para tijolos maciços (Santos *et al*, 1996), pois outros fatores além da quebra de alvenaria contribuem para a perda de tijolos, tais como estocagem irregular, transporte interno, quebra de tijolos para utilizar como meio tijolo e outros.

e. Energia consumida

Aqui foi considerado apenas o consumo de energia elétrica da betoneira para a mistura da argamassa. O tempo médio medido para efetuar a mistura da argamassa pela betoneira foi de 8 minutos. O motor dela tem a potência de 3HP e o volume médio produzido de argamassa é de 0,1949 m³. Considerando que a quantidade total média de argamassa produzida foi de 146,05m³, tem-se que são necessários aproximadamente 750 massadas e consumindo o tempo médio total de 6.000 minutos. Considerando ainda que 1HP é igual a 746W que são iguais a 746 J/s, esta etapa consome o total de 805,68 MJ, apresentado na figura 5.2.

f. Dados fornecidos pela empresa

A empresa forneceu os orçamentos físico-financeiros de onde extraiu-se o quadro 5.3 abaixo:

Quadro 5.3: Área de alvenaria projetada na obra

	Área total na obra (m ²)
Alvenaria de 10cm de espessura	1.562
Alvenaria de 20cm de espessura	952
Alvenaria total	2.514

g. Extrapolação dos dados

Aqui são mesclados os dados coletados em obra com os dados fornecidos pela empresa e os retirados de referências bibliográficas visando a quantificação total da alvenaria, argamassa, insumos e energia (quadro 5.4).

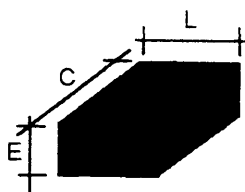
Quadro 5.4: Valores estimados de insumos e energia consumidos nesta construção

Material	Quantidade
Argamassa produzida(m ³)	146,05
Cimento (ton)	47,18
Areia média (m ³)	134,74
Tijolos maciços utilizados na alvenaria (un.)	215.750
Perdas de tijolos (un.)	56.095
Total tijolos consumidos (un.)	271.845
Energia consumida (MJ)	805,68
Água consumida (m ³)	42,46

h. Quantidade de tijolos na alvenaria

Enquanto que nas alvenarias de 10 cm, o tijolo é assentado deitado, deixando exposto suas faces C x E (comprimento x espessura) (figura 5.3), nas alvenarias de 20cm o tijolo é assentado deitado, mas com sua face exposta compreendendo a área L x E (largura x espessura). A quantidade total de tijolos utilizados na construção da edificação acompanhada é mostrada no quadro 5.5.

Figura 5.3: Faces de um tijolo



Quadro 5.5: Quantidade média de tijolos utilizados nas alvenarias desta obra

Alvenaria	Área do tijolo com suas juntas (m ²)	Quantidade de tijolos por m ²	Quantidade total de tijolos
10 cm	0,01581	63,25	98.796,50
20 cm	0,00814	122,85	116.953,50
Total			215.750

i. Consumo médio de argamassa para alvenaria

O consumo médio e as perdas de argamassa pelos problemas anteriormente descritos encontram-se no quadro 5.6 a seguir.

Quadro 5.6: Consumo médio de argamassa na obra 02

Alvenaria	Consumo de argamassa para um tijolo (m ³)	Consumo unitário (m ³ /m ² alvenaria)	Consumo de argamassa	Desperdício (0,6%)	Consumo total (m ³)
10 cm	0,0005741	0,03631	58,22	0,35	58,57
20 cm	0,0007398	0,09088	86,95	0,53	87,48
Total			145,17	0,88	146,05

j. Consumo total médio dos insumos

Devido as boas condições de estocagem e transporte interno do cimento na obra, não foram observadas perdas deste material. Visando a obtenção do consumo total de cimento e areia desta obra adotou-se, para esta quantificação, o traço fornecido pelo engenheiro responsável pela obra, sendo ele 1:4 (cimento:areia). Ainda, para o cálculo da água utilizada na obra foi considerado apenas a quantidade de água incorporada na quantidade de argamassa produzida. Para tanto utilizou-se o fator água/cimento igual a 0,9 recomendado pelo engenheiro da obra, sendo portanto uma quantidade teórica de água consumida.

5.3.2. Água

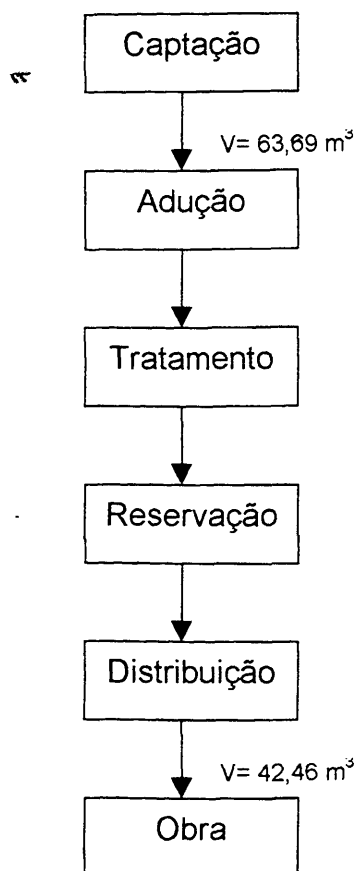
5.3.2.1. Introdução

Na maior parte dos casos, a água utilizada na construção civil como um todo e conseqüentemente na produção da argamassa provém das estações de tratamento de água, sendo portanto água potável. No caso de Porto Alegre a água é tratada e distribuída pelo DMAE.

5.3.2.2. Dados coletados

Um fluxograma de um sistema de abastecimento de água é mostrado na figura 5.4.

Figura 5.4: Fluxograma do sistema de tratamento de água



5.3.2.3. Quantidade de água utilizada no sistema

Analisando a quantidade teórica de água gasta na obra para a produção de argamassa e introduzindo os dados de baixo para cima no fluxograma da figura 5.4, obtém-se a quantidade teórica de água produzida para o consumo da obra.

Do fluxograma da execução da alvenaria (figura 5.2) observa-se que a quantidade teórica de água consumida para a produção de argamassa foi de $42,46 \text{ m}^3$. Através das informações obtidas junto ao DMAE e CORSAN, verificou-se

que as perdas médias de água na distribuição são de 50%, portanto a produção de água necessária para o abastecimento desta obra foi de 63,69m³.

A produção de água potável gera uma determinada quantidade de lodo a ser descartado. Na ETA São João a produção de lodo gira em torno de 1,93% do volume de água tratada. Sendo assim, obtém-se um volume de 1,23m³ de lodo produzido para a produção da argamassa desta obra.

O quadro 5.7 fornece um resumo da quantidade de água produzida e de lodo gerado para produção da argamassa utilizada na obra.

Quadro 5.7: Dados médios sobre o volume de água que entra no sistema e sua geração de lodo para a produção de 146,05m³ de argamassa

Material	Volume (m ³)
Água	63,69
Lodo	1,23

Fonte: DMAE

5.3.2.4. Energia consumida

Para a produção de 63,69 m³ de água existe uma determinada demanda de energia elétrica. Esta demanda é observada no quadro 5.8 onde verifica-se o consumo de energia elétrica consumida pelo DMAE para o abastecimento de água para o município de Porto Alegre no ano de 1991.

Analisando-se o quadro 5.8 a seguir, observa-se que para a produção de 1m³ de água foi consumido 0,39 kWh de energia elétrica, este dado equivale a 1,404MJ de energia consumida. Combinando o consumo de energia elétrica com a quantidade de água consumida obteve-se um total de 89,42MJ de energia.

Quadro 5.8 : Consumo de energia elétrica DMAE - Abastecimento de água - Porto Alegre – 1991

Sub-sistema	Produção 10 ³ m ³	EBAB 10 ³ kWh	ETA 10 ³ kWh	EBAT 10 ³ kWh	ADM 10 ³ kWh	Total 10 ³ kWh
Moinhos de Vento	50.899	12.322	342	2.699	478	15.841
São João	58.122	12.076	541	9.274	129	22.020
Menino Deus	66.585	4.091	684	24.240	1.116	30.131
Tristeza	7.001	1.629	71	390	34	2.124
Belém Novo	6.282	431	35	2.289	0	2.755
Lomba do Sabão	4.616	370	32	1.381	0	1.783
Ilha da Pintada	363	41	7	80	0	128
Total	193.868	30.960	1.712	40.353	1.757	74.782

Fonte: Knijnik, 1994

EBAB = Estação de Bombeamento de Água Bruta

ETA = Estação de Tratamento de Água

EBAT = Estação de Bombeamento de Água Tratada

ADM = Administrativo

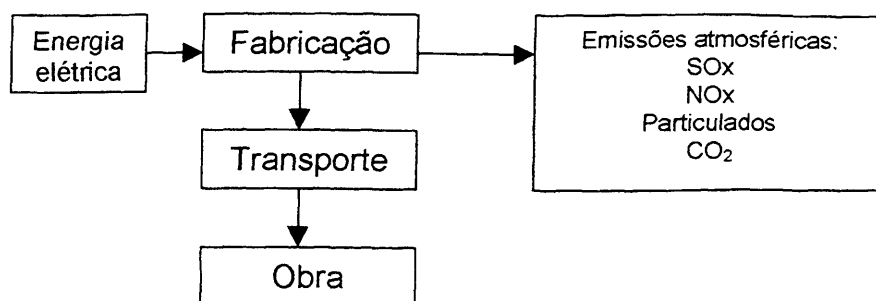
5.3.3. Cimento

5.3.3.1. Introdução

O cimento é o aglomerante utilizado para a produção de argamassa nesta obra. Os dados obtidos para a produção desta etapa do trabalho, com exceção dos indicados, provêm de *Environmental Resources Ltd, 1990 apud* Boletins Internos da Votorantim Cimentos. Um fluxograma simplificado da produção de cimento é mostrado na figura 5.5.

O transporte rodoviário existente no fluxograma da figura 5.5 a seguir foi considerado apenas no item 5.3.7.2 transporte rodoviário do cimento.

Figura 5.5: Fluxograma do cimento



5.3.3.2. Quantidade de cimento produzido

A argamassa produzida na obra consumiu a quantidade de 47,18 toneladas de cimento. O cimento era adquirido pela construtora em sacos de 50kg cada, perfazendo, um total de 944 sacos de cimento incorporados à argamassa nesta obra.

5.3.3.3. Energia consumida na fábrica

Para a produção de uma tonelada de cimento são consumidos 5,8GJ de energia (Industry and Environment, 1996). Visto que nesta obra obteve-se um consumo de cimento de 47,18 toneladas para a produção de argamassa, conseqüentemente a indústria cimenteira consumiu o equivalente a 273,65GJ de energia para atender a esta demanda.

5.3.3.4. Emissões para a atmosfera

A quantidade de emissões atmosféricas depende da quantidade de cimento produzido. Embora citados anteriormente, no item 3.3.2.3.b.i, como emissões relativas a este processo, as dioxinas e furanos podem ser controlados, não havendo liberação significativa para a atmosfera destes poluentes desde que as condições no queimador alcancem temperaturas superiores a 1.200°C, tenham um

tempo de retenção maior do que dois segundos, ocorra excesso de oxigênio e a porcentagem de CO fique abaixo de 50ppm (Votorantim). No quadro 5.9 é mostrado a quantidade de poluentes atmosféricos gerados pela produção de cimento.

Quadro 5.9: Dados médios sobre as emissões atmosféricas geradas pela produção de 47,18 toneladas de cimento

Poluentes	Valor da emissão	Quantidade de poluente emitido (kg)
Materiais particulados	325 mg/Nm ³	39,44
SO _x	600 mg/Nm ³	62,28
NO _x	1.600 mg/Nm ³	149,47
CO ₂	0,50 ton CO ₂ /ton cimento*	23.590,00

Fonte: Boletins internos Votorantim Cimentos

* Industry and Environment, 1996

5.3.4. Areia

A areia utilizada na obra era de granulometria média, tendo a sua extração sido efetuada em Charqueadas, no rio Jacuí conforme citado anteriormente. A coleta de dados foi efetuada através de visitas a empresa fornecedora e de um questionário fornecido aos responsáveis pela mesma. Destes, obteve-se que a capacidade do barco utilizado é de 100 m³, movido a um motor a diesel com um consumo calculado em torno de 1km/l, que são percorridos em média 120km em uma viagem completa e que ocorre uma perda média em torno de 1% no desembarque da areia no cais (figura 5.6). A figura 5.7 ilustra o fluxo da areia desde a extração até a obra.

Figura 5.6: Fotografia do cais

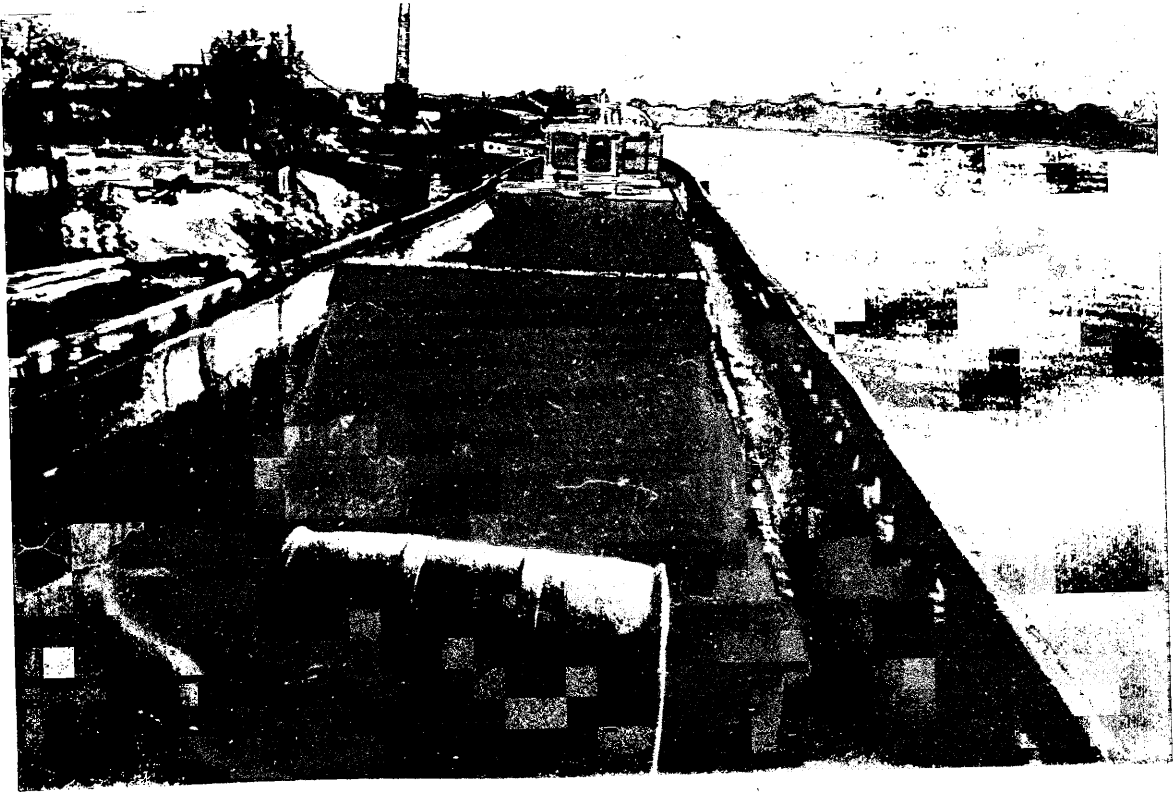
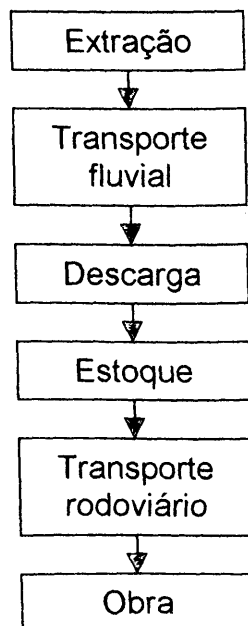


Figura 5.7: Fluxograma de extração de areia



Para esta etapa do trabalho não foi adotado o transporte rodoviário ficando este designado no item 5.3.7.3. transporte rodoviário de areia. Apesar do volume de areia variar de acordo com a umidade, chegando até 30% de inchamento para umidade igual a 4%, foi desconsiderado este fator.

Os dados referentes ao consumo de diesel foram extraídos de pesquisas de campo e www.EPA.gov. Os dados referentes a emissão de poluentes foram adotados baseados dados regionais, mais especificamente relativos ao Município de Porto Alegre demonstrados no quadro 5.10.

Quadro 5.10: Emissões de poluentes referentes a óleo diesel no Município de Porto Alegre no ano de 1990

Combustível	Consumo (m ³)	Emissões em toneladas					
		CO ₂	CO	HC	NOx	SOx	MP
Óleo Diesel	157.122,29	419.803,83	5.593,55	911,31	4.085,43	1.869,76	254,54
Quantidade de emissões, em toneladas, por de m ³ óleo diesel		2,672	0,036	0,0058	0,026	0,012	0,002

Fonte: Balanço Energético Municipal de Porto Alegre - CEPEA; Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM, Apud Knijnik, R., 1994

CO₂ = gás carbônico

CO = monóxido de carbono

HC = hidrocarbonetos

NOx = óxidos de nitrogênio

SOx = óxidos de enxofre

MP = materiais particulados

Introduzindo-se os dados de areia consumida na obra no final do fluxograma e analisando-se do final para o início, obtém-se uma perda de 1,35m³ de areia, referente a 1% do total produzido. Para esta obra, portanto foram necessários a extração de 136,09 m³ de areia, equivalendo a 1,36 viagens. O resumo dos dados referentes a extração da areia são mostrados no quadro 5.11 e o resumo da energia consumida e das emissões atmosféricas são mostradas no quadro 5.12.

Quadro 5.11: Dados médios sobre extração de areia

Dados	Valor
Deslocamento médio	120 km/carga
Densidade do diesel	0,92 kg/l
Volume transportado por viagem	100 m ³ /viagem
Número de viagens necessárias para a obra	1,36
Massa de diesel consumida em kg	150,24
Diesel consumido em m ³	0,1633

..

Quadro 5.12: Dados médios sobre a energia gasta e as emissões atmosféricas para o transporte fluvial de 136,09 m³ de areia

Emissões atmosféricas e energia	Valor unitário	Valor total
Energia	36 MJ/l de diesel*	5.875,04 MJ
CO ₂	2,672 ton /m ³ diesel	436,34 kg CO ₂
CO	0,036 ton /m ³ diesel	5,88 kg CO
Hidrocarbonetos	0,0058 ton /m ³ diesel	0,95 kg HC
NOx	0,026 ton /m ³ diesel	4,25 kg NOx
SOx	0,012 ton /m ³ diesel	1,96 kg SOx
Material particulado	0,002 ton /m ³ diesel	0,33 kg MP

*Fonte ECOPROFIT 1998

5.3.5. Tijolo

A obtenção dos dados utilizados nesta etapa do trabalho provêm de visitas realizadas ao fornecedor dos tijolos, à construtora e de dados extraídos de www.EPA.gov, ECOPROFIT 1998 e de dados específicos do Município de Porto Alegre, demonstrados no quadro 5.13.

..

Quadro 5.13: Emissões de poluentes referentes a queima da lenha no Município de Porto Alegre no ano de 1990

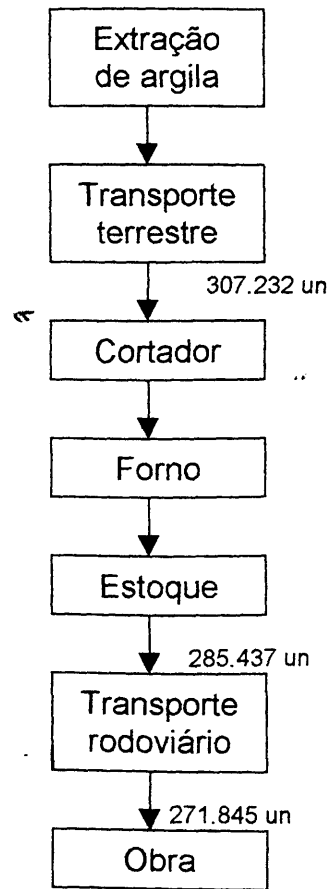
Combustível	Consumo (m ³)	Emissões em toneladas					
		CO ₂	CO	HC	NOx	SOx	MP
Lenha	92.206,13	162.967,74	1.383,09	1.613,61	461,03	69,15	461,02
Quantidade de emissões, em toneladas, por de m ³ lenha consumida		1,767	0,015	0,018	0,005	0,0008	0,005

Fonte: Balanço Energético Municipal de Porto Alegre - CEPEA; Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM, Apud Knijnik, R., 1994

Nas visitas efetuadas a olaria foi passado um questionário sobre perdas e produção de material. Deste obteve-se que para a produção de 1.000 tijolos são extraídos 1m³ de argila da jazida. Entre o transporte e o cortador há uma perda de 2% de material, no cortador ocorrem mais 0,5% de perdas e entre o cortador e o forno ocorrem 5% de perdas. Dentro do forno a perda chega a 2%. Por fim, a perda de tijolos no transporte efetuada entre a olaria e a obra é de 4 a 5%. Observa-se ainda que a fonte de energia utilizada para a transformação do barro em tijolo é a lenha, sendo que esta olaria gasta 20 m³ de lenha para produzir 30.000 tijolos.

Introduzindo no final do fluxograma exposto na figura 5.6 o consumo de 271.845 tijolos maciços na obra, e percorrendo o caminho contrário, obtêm-se os valores de argila extraída, energia consumida e emissões atmosféricas ao meio ambiente, este valores estão expostos no quadro 5.14. O item referente a transporte rodoviário é analisado no item 5.3.7.1 transporte rodoviário de tijolos. O transporte da argila ao cortador não foi analisado.

Figura 5.8: Fluxograma do processo produtivo de tijolos



Quadro 5.14: Dados médios sobre as emissões atmosféricas, energia consumida, materiais extraídos do meio ambiente e resíduos sólidos referentes a produção de 271.845 tijolos maciços

Emissões atmosféricas e energia e materiais extraídos do meio ambiente	Valor unitário	Valor total
Extração argila	1 m ³ para 1.000 tijolos	307,23 m ³
Consumo de lenha	Entram no forno 291.146 tijolos Consumo de lenha = 1.500 tijolos/ m ³ Densidade da lenha = 510 kg/ m ³	volume=194,10 m ³ massa=98.991kg
Resíduos sólidos - tijolos	Massa específica do tijolo = 1,8kg/dm ³ Total de quebras = 17.057 tijolos, um tijolo médio desta obra tem o volume de 0,95 dm ³ .	29.170kg**
Energia - lenha	Capacidade energética=3.153,60MJ/ m ³	612,114 GJ
CO ₂	1,767 ton/ m ³	342.974,7 kg CO ₂
CO	0,015 ton/ m ³	2.911,5 kg CO
Hidrocarbonetos	0,018 ton/ m ³	3.493,8 kg HC
NOx	0,005 ton/ m ³	970,50 kg NOx
SOx	0,0008 ton/ m ³	155,28 kg SOx
Material particulado	0,005 ton/ m ³	970,50 kg MP

*Fonte: Petrucci, 1978

**Considerado apenas as perdas a partir do forno e até o transporte rodoviário exclusivo

5.3.6. Disposição de resíduos sólidos no aterro de inertes

Os resíduos sólidos gerados na construção da edificação tiveram dois destinos definidos. Um deles, solução mais econômica, foi a reutilização do material na própria obra, como material de enchimento e aterro, o outro destino foi a disposição deste material no aterro de inertes João Paris do DMLU. Não foi realizada a quantificação do material que seguia para o aterro, sendo adotado um dado médio de 50% do material que foi desperdiçado em obra era encaminhado aos aterros sob a forma de entulhos. Nesta obra obteve-se um desperdício aproximado de 56.100

tijolos na alvenaria mais 14.300 tijolos quebrados durante o transporte e ainda 0,87 m³ de argamassa.

Adotando-se para efeitos de cálculo o tijolo médio utilizado que possui dimensões iguais a 4,75 x 9,62 x 20,72 cm, sabendo que a massa específica do tijolo está entre 1,70kg/dm³ e 2,00kg/dm³ (Petrucci, 1978) sendo aqui adotado o valor de 1,80kg/dm³, obtém-se uma massa de descarte de tijolos aproximadamente igual a 60.150kg. Ainda, adotando-se a densidade média do entulho de 1,34ton/m³ (Teixeira *et al.*, 1997) obteve-se a massa de descarte de argamassa aproximadamente igual a 1.170 kg. Somando-se os valores calculados neste parágrafo encontra-se a massa total de descarte aproximadamente igual a 61.300kg.

Os impactos ambientais correlatos a este item serão analisados no item 6.3.7 transporte.

5.3.7. Transporte rodoviário

O transporte rodoviário é de extrema importância para a construção civil. Com exceção de água e energia elétrica todos os insumos necessários para a execução de uma obra são transportados por via rodoviária.

O transporte rodoviário não tem um fluxograma próprio pois faz parte dos outros fluxogramas, podendo ser observado nas figuras 5.6, 5.7 e 5.8.

A obtenção dos dados utilizados nesta etapa do trabalho provém de visitas realizadas aos fornecedores de tijolos, de cimento e de areia, à construtora, de dados extraídos de www.EPA.gov, ECOPROFIT 1998 e de dados específicos do Município de Porto Alegre, demonstrados no quadro 5.10.

5.3.7.1. Transporte rodoviário de tijolos

A olaria fornecedora de tijolos à obra em questão dista 40 km desta, perfazendo portanto um total de 80 km ida e volta. Cada viagem é realizada com a carga cheia de 10.000 tijolos e o consumo médio de diesel é de 3,0 km/l. Com os dados colhidos anteriormente confeccionou-se um resumo dos cálculos de consumo de diesel para o transporte de tijolos e está demonstrado no quadro 5.15.

Quadro 5.15: Dados médios sobre o transporte de tijolos à obra

Descrição	Quantidade
Tijolos transportados	285.437 un.
Resíduos sólidos - 13.592 tijolos	25.825 kg
Capacidade de carga	10.000 tijolos/viagem
Consumo unitário de diesel	3,0 km/l
Densidade do diesel	0,92 kg/l
Distância percorrida	80,00 km
Diesel total consumido em kg	700
Diesel total consumido em m ³	0,76

5.3.7.2. Transporte rodoviário do cimento

O caminhão que transporta o cimento consumido nesta obra percorre a distância média equivalente a 100 km ida e volta até a obra. Considerando os mesmos dados do item anterior, obtém-se o resumo do consumo de diesel para esta etapa do trabalho no quadro 5.16.

Quadro 5.16: Dados médios sobre o transporte de cimento à obra

Descrição	Quantidade
Cimento transportado	47,18 ton
Capacidade de carga	10 ton/viagem
Consumo unitário de diesel	2,0 km/l
Densidade do diesel	0,92 kg/l
Distância percorrida	100,00 km
Diesel total consumido em kg	217
Diesel total consumido em m ³	0,24

5.3.7.3. Transporte rodoviário de areia

A areia é o último insumo transportado por via rodoviário para a etapa em estudo desta obra. O depósito de areia situa-se a 20 km do canteiro de obras, percorrendo portanto uma distância de 40 km ida e volta. Considerando os mesmos dados do item 6.3.7.1, obtém-se o resumo do consumo de diesel para esta etapa do trabalho no quadro 5.17.

Quadro 5.17: Dados médios sobre o transporte de areia à obra

Descrição	Quantidade
Areia transportada	134,74 m ³
Capacidade de carga	9,0 m ³ /viagem
Consumo unitário de diesel	3,0 km/l
Distância percorrida	40,00 km
Massa de diesel consumido em kg	184
Diesel consumido em m ³	0,20

5.3.7.4. Transporte rodoviário de resíduos sólidos ao aterro de inertes

A quantidade de material transportado ao aterro de inertes foi considerada no item 5.3.6 disposição de resíduos sólidos no aterro de inertes, sendo a distância aproximada obra até o aterro de inertes igual a 15 quilômetros. O quadro 5.18 mostra um resumo dos dados obtidos no cálculo do consumo de diesel para a obtenção dos poluentes gerados.

Quadro 5.18: Dados médios sobre o transporte de entulhos ao aterro de inertes

Descrição	Quantidade
Quantidade de resíduo sólido transportado	61.300 kg
Capacidade de carga	4,5 m ³ /carga
Consumo unitário de diesel	3,0 km/l
Densidade do diesel	0,92 kg/l
Distância percorrida	30,00 km
Diesel total consumido em kg	93
Diesel total consumido em m ³	0,10

5.3.7.5. Energia consumida e emissão de poluentes

Com base nos itens 6.3.7.1 a 6.3.7.4, mostrados anteriormente, foi possível a determinação do consumo total de diesel, sendo este igual a 1.193,32 kg, valor equivalente a 1,30 m³ deste combustível. Em função deste dado foi efetuado cálculo da energia consumida pelo transporte rodoviário dos insumos à obra e suas emissões atmosféricas. Os dados referentes aos cálculos estão resumidos no quadro 5.19.

Quadro 5.19: Dados médios sobre as emissões atmosféricas produzidas e energia consumida pelo transporte rodoviário

Energia e emissões atmosféricas	Valor unitário	Valor total
Energia total	39,13 MJ/kg de diesel	46,69 GJ
CO ₂	2,672 ton /m ³ diesel	3.466kg CO ₂
CO	0,036 ton /m ³ diesel	46,70kg CO
Hidrocarbonetos	0,0058 ton /m ³ diesel	7,52kg HC
NOx	0,026 ton /m ³ diesel	33,72kg NOx
SOx	0,012 ton /m ³ diesel	15,57kg SOx
Material particulados	0,002 ton /m ³ diesel	2,59kg MP

Fonte: Balanço Energético Municipal de Porto Alegre - CEPEA; Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM, Apud Knijnik, R., 1994

5.3.8. Planilha de inventários

Uma vez quantificados os valores dos poluentes emitidos, foi possível a confecção da planilha de inventários, obtendo-se a quantidade total de cada poluente e do consumo de energia para este processo. Nesta planilha todos os dados são lançados com a mesma unidade, MJ para o caso de energia ou kg para os poluentes atmosféricos, resíduos sólidos e líquidos. Os valores calculados para o inventário estão no quadro 5.20.

Da planilha de inventários observa-se que:

- a extração de areia, a fabricação dos tijolos e o transporte rodoviário são as etapas que emitem hidrocarbonetos. Destes, a fabricação de tijolos responde por mais de 99% da emissão deste poluente;
- a produção de tijolos é a maior responsável pela emissão de materiais particulados à atmosfera, respondendo por mais de 95% das emissões;
- a produção de tijolos responde por aproximadamente 93% de todas as emissões atmosféricas;
- a maior contribuição da fabricação de tijolos nos poluentes atmosféricos deve-se ao fato das olarias não estarem equipadas com filtros de ar, ao contrário do que ocorre na indústria cimenteira que utiliza este equipamento;
- a fabricação dos tijolo é a maior responsável pelo consumo de energia, respondendo por aproximadamente 65% da energia consumida no processo;
- a fabricação do cimento é a segunda maior responsável pelo consumo de energia em todo o processo, respondendo também por aproximadamente 30% de toda a energia utilizada.
- a quebra de tijolos em todo o processo foi o maior gerador de resíduos sólidos, sendo a execução da alvenaria a maior responsável.

Quadro 5.20: Planilha de inventários da ACV da obra 02

		obtenção de água	fabricação de cimento	extração de areia	fabricação de tijolos	transporte rodoviário	produção de argamassa	execução de alvenaria	TOTAL
CONTRIBUIÇÃO		1	1	1	1	1	1	1	
ENERGIA	GJ	0,09	273,64	5,88	612,11	46,69	0,81		939,22
EMISSÕES PARA O AR									
CO2	kg		23.590	436	342.970	3.466			370.462
CO	kg			6	2.911	47			2.964
Hidrocarbonetos	kg			1	3.494	8			3.502
NOx	kg		149	4	970	34			1.158
SOx	kg		62	2	155	16			235
Material particulado	kg		39	0	970	3			1.013
RESÍDUOS SÓLIDOS									
lodo	kg	1.229							1.229
tijolos	kg				29.170	24.450		95.599	149.219
areia	m³			1			0		1
saco de cimento	kg						189		189
argamassa	kg							1.166	1.166
RESÍDUOS LÍQUIDOS									
água residual	kg	21.231					0		21.231

5.4. Análise de impactos

Cada substância interage com o meio ambiente produzindo um determinado impacto ambiental. Para este estudo de caso, as substâncias incluídas para efeito de impactos ambientais foram CO₂, CO, HC, NO_x, SO_x e energia. As demais substâncias, materiais particulados, resíduos sólidos e desperdício de água não foram incluídos por não terem valores de equivalência, sendo ainda que o NO_x interage juntamente com o SO_x para a formação da chuva ácida; o CO, NO_x e SO_x contribuem para a toxicidade ao ser humano; o NO_x atua também no aumento dos níveis de nutrientes; as grandes quantidades de CO₂ produzido são responsáveis pelo efeito estufa; os HC atuam para a formação do ozônio a baixas altitudes e as diversas fontes energéticas utilizadas causam a depleção energética.

Verificou-se que as substâncias incluídas para a continuação deste estudo de caso estão ligadas a seis impactos ambientais, sendo eles chuva ácida (CA), toxicidade ao ser humano (TH), aumento dos níveis de nutrientes (ANN), efeito estufa (EE), produção de ozônio a baixas altitudes (POBA) e redução dos níveis de energia (REN).

Os quadros 5.21 e 5.22 mostram a classificação e caracterização para o processo produtivo de alvenaria estudado.

5.5. Normalização dos escores

A normalização de escores visa produzir um estudo global de emissões e de redução energética, trabalhando com a mesma unidade, $a \cdot 10^{-12}$ e descrevendo assim o perfil ambiental de suas unidades funcionais em figuras normalizadas e absolutas, podendo então ser comparado com todos os outros perfis ambientais.

Para a confecção desta planilha utilizou-se os dados obtidos nos itens anteriores deste capítulo. Montou-se a planilha de normalização de escores mostrada no quadro 5.23, não atribuindo valor comercial, sendo então atribuído valor de contribuição igual a 1 para todos os componentes encontrados neste trabalho.

Quadro 5.21: Fatores de equivalência

	CA (kg/kg)	TH (kg/kg)	NP (kg/kg)	EE (kg/kg)	POBA (kg)	REN (GJ)
CO2				1,000		
CO		0,012				
HC					0,38	
NOx	0,700	0,780	0,130			
SOx	1,000	1,200				
MP						
ENERGIA						1,000

Fonte:Heijungs *et al.*, 1996

Quadro 5.22: Impactos totais não normalizados da obra 02

	CA (kg)	TH (kg)	ANN (kg)	EE (kg)	POBA (kg)	REN (GJ)
CO2	0,00	0,00	0,00	370.462,13	0,00	0,00
CO	0,00	35,57	0,00	0,00	0,00	0,00
HC	0,00	0,00	0,00	0,00	1.320,34	0,00
NOx	810,55	903,18	150,53	0,00	0,00	0,00
SOx	235,08	282,10	0,00	0,00	0,00	0,00
MP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ENERGIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	939,22
TOTAL	1.045,63	1.220,84	150,53	370.462,13	1.320,34	939,22

Quadro 5.23: Normalização dos impactos ambientais da obra 02

	CA (kg)	TH (kg)	ANN (kg)	EE (kg)	POBA (kg)	REN (GJ)
unidades	kg.a ⁻¹ .10 ⁹	kg.a ⁻¹ .10 ⁹	kg.a ⁻¹ .10 ⁹	kg.a ⁻¹ .10 ¹²	kg.a ⁻¹ .10 ⁹	GJ.a ⁻¹ .10 ⁹
mundo	286,00	576,00	74,80	37,70	3,74	235,00
TOTAL	1.045,63	1.220,84	150,53	370.462,13	1.320,34	939,22
Escore normalizado (a . 10 ⁻¹²)	3.656,04	2.119,52	2.012,43	9.826,58	353.031,49	3.996,69

Fonte:Heijungs *et al.*, 1996

5.6. Valoração

Aqui é valorado as ações e impactos sobre o meio ambiente, convertendo o perfil ambiental em índice ambiental. Esta conversão é efetuada pela adoção do método simplificado, tratando todos os impactos ambientais com a mesma importância. Desta forma obtém-se que o resultado da soma dos valores sejam iguais a 1,0 ou a 100%, e que cada um dos problemas causadores de impactos ambientais tenham a mesma unidade de valoração (Heijungs *et al.*, 1996). Deste modo pode-se comparar este processo de produção de alvenaria com qualquer outro processo (quadro 5.24).

Quadro 5.24: Valoração dos impactos ambientais da obra 02

Impacto ambiental	Unidade de valoração	Total valorado
CA ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	609,34
TH ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	353,25
ANN ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	335,41
EE ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	1.637,76
POBA ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	58.838,58
REN ($a \cdot 10^{-12}$)	1/6	1.094,09
Soma	1,0	

CA - chuva ácida

TH - toxicidade ao ser humano

ANN - aumento dos níveis de nutrientes

EE - efeito estufa

OBA - ozônio a baixas altitudes

REN - redução dos níveis de energia.

5.7. Análise de melhorias

O passo final da ACV é a análise de melhorias. Aqui foi efetuada uma comparação entre os dados coletados e calculados nos itens anteriores com os dados considerados ideais. Visando a comparação adotou-se uma obra hipotética como a que tenha perdas zero de material. Como a etapa principal deste estudo é a execução da alvenaria no canteiro de obras, decidiu-se não modificar os produtos fornecidos, portanto esta obra deveria ser construída com os tijolos adquiridos para a obra 02, adotando-se as mesmas dimensões médias encontradas em obra (20,72x9,62x4,75cm) e o mesmo tempo médio que foi gasto para a mistura da argamassa na betoneira. Ainda, como trata-se de uma obra hipotética, também não deve haver perdas de material por excesso, devendo portanto as juntas serem executadas com as espessuras de 1,5cm, consideradas ideais pelos engenheiros desta obra.

Para as demais etapas da análise do ciclo de vida da obra hipotética, o estudo não considerou melhorias, continuando a terem as mesmas perdas e emissões de poluentes.

Seguindo os mesmos passos dos itens anteriores, encontra-se o quadro 5.25 planilha de inventários para a obra hipotética. Utilizando-se desta planilha foi efetuada uma comparação com a planilha de inventários da obra 02, onde verificou-se que:

- a redução dos desperdícios no canteiro de obras acarreta em uma diminuição na emissão de poluentes obtidos pela redução de insumos adquiridos e transportados;
- a quantidade de CO₂ emitido chega a ser aproximadamente 10%, equivalendo a emissão de mais de 33 toneladas deste gás à atmosfera;
- os hidrocarbonetos emitidos são em torno de 9,0% a mais na obra 02 do que na hipotética;
- a energia consumida na obra 02 aproximadamente 12% a mais do que na hipotética, tendo sua maior redução na execução da alvenaria;

- a redução nos resíduos sólidos foi bastante considerável. Somente os tijolos tiveram uma redução em torno de 70%;
- o consumo de água para a obra hipotética reduziu em aproximadamente 23%;
- mesmo adotando-se uma comparação com uma obra sem perdas, os tijolos continuam caracterizando-se como o maior gerador de resíduos sólidos, bem como a sua fabricação continua respondendo por mais de 99% das emissões de hidrocarbonetos.

Quadro 5.25: Planilha de inventário para a produção de alvenaria da obra hipotética

		obtenção de água	fabricação de cimento	extração de areia	fabricação de tijolos	transporte rodoviário	produção de argamassa	execução de alvenaria	TOTAL
CONTRIBUIÇÃO		1	1	1	1	1	1	1	
ENERGIA	GJ	0,07	209,87	4,53	561,69	54,79	0,46		831,41
EMISSÕES PARA O AR									
CO2	kg		18.092	352	314.720	4.067			337.231
CO	kg			5	2.672	55			2.731
Hidrocarbonetos	kg			1	3.206	9			3.216
NOx	kg		115	3	891	40			1.048
SOx	kg		48	2	142	18			210
Material particulado	kg		30	0	891	3			924
RESÍDUOS SÓLIDOS									
lodo	kg	942							942
tijolos	kg				25.638	21.132		0	46.770
areia	m³			1			0		1
saco de cimento	kg						145		145
argamassa	m3							0	0
RESÍDUOS LÍQUIDOS									
água residual	kg	16.283					0		16.283

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Deve-se perseguir a redução dos desperdícios de materiais energia e água, pois este enfoque acarreta uma seqüência de benefícios ao meio ambiente como a diminuição de materiais extraídos do mesmo, a redução de materiais descartados no aterro de inertes ou ainda em locais clandestinos, a redução de energia incorporada à construção, a redução do consumo de água e a redução das emissões atmosféricas.

Seguem como outras conclusões as descritas a seguir:

- a redução dos desperdícios no canteiro de obras acarreta em uma diminuição na emissão de poluentes. Tal fato é obtido pela redução de insumos adquiridos e transportados;
- os impactos ambientais descritos neste estudo foram relativos a emissões atmosféricas, consumo excessivo de material, desperdício de materiais, desperdício de água e desperdício de energia;
- os resíduos sólidos acarretam em impactos ambientais preocupantes, pois tem grande volume e devem possuir um local apropriado para sua disposição, no caso de Porto Alegre existe o aterro de inertes. A redução da quantidade de resíduos sólidos implica em aumento de vida útil do aterro;
- a utilização de tecnologias de produção mais limpa trouxe uma economia à empresa, gerando assim um grande incentivo ao empresário para sua utilização;
- ao utilizar técnicas de produção mais limpas conseguiu-se alternativas baratas e viáveis de redução dos resíduos sólidos e de materiais utilizados em obra, configurando-se em benefícios ambientais;
- as técnicas de produção mais limpas trouxeram informações aos trabalhadores, fazendo-os agir com uma maior consciência ambiental.
- os agentes poluidores relacionados a execução de alvenaria são: HC com aproximadamente 3.502kg, NOx com aproximadamente 1.158kg, SOx com aproximadamente 235kg, CO com aproximadamente 2.964kg, CO₂ com aproximadamente 370.462kg, resíduos sólidos colaborando com

aproximadamente 150.000kg e desperdício de água com aproximadamente 21.000kg;

- a ACV mostrou que a construção de alvenaria relaciona-se com alguns impactos ambientais, principalmente quando este estudo abrange os fornecedores de material, água e energia;
- a redução dos desperdícios no canteiro de obras acarreta em uma diminuição na emissão de poluentes obtidos pela redução de insumos adquiridos e transportados;
- aos resultados encontrados não foram atribuídos valores equivalentes ao material particulado, portanto quando da adoção destes valores pode-se ter mudanças nos resultados finais. “

6.2. Recomendações

Embora não tenha sido contemplado com estudo para a redução de perdas nos fornecedores, considera-se importante a intervenção na fabricação dos materiais e transportadores de insumos à obra visando minimizar os impactos ambientais.

Como uma obra não consiste somente de alvenaria, seria recomendável a adoção da ACV para outras fases da obra e para outros tipos de alvenaria.

Visando-se a minimização de resíduos provenientes da construção civil, seria recomendável a utilização de tecnologias de produção mais limpa para outras etapas da obra.

Os órgãos ambientais deveriam fiscalizar as olarias com o intuito de reduzir os impactos ambientais provenientes de suas atividades.

As perdas de água são muito grandes durante o todo o sistema de tratamento e distribuição de água, portanto deveria ser efetuado um trabalho buscando-se a redução destas perdas.

Visto que a mistura da argamassa em betoneira gasta uma grande quantidade de energia, seria importante um maior cuidado operacional desta máquina.

Ainda, devido a importância da construção civil no âmbito global e suas implicações no meio ambiente recomenda-se a utilização da ACV para outras etapas de uma construção, ou também para analisar a execução de uma obra desde o seu projeto até a sua conclusão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANINK, D., BOONSTRA, C., MAK, J. 1996. **Handbook of sustainable building**. London: James and James. 175 p.
- 2 ATKINSON, Card, HOBBS, Sue, WEST, John, EDUARDES, Suzy. 1996. Lyfe cycle embodied energy and carbon dioxide emissions in buildings. **Industry and Environment**, Paris, v.19, nº 2, p. 29-31
- 3 BOILEAU, H., LACHAMBRE, V., ACHARD, G. 1997. Waste on new building construction sites: existing situation and proposal for a better management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE BUIDINGS AND ENVIRONMENT, 2., 1997, Paris
- 4 BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1986. **Resolução do CONAMA nº 001/86 de 23 de janeiro de 1986**. Brasília.
- 5 BRASIL. 1999. **Constituição**: República Federativa do Brasil, 1988. 21ª ed., São Paulo: Saraiva 1999. 267 p.
- 6 BRASIL. 1998. **Lei da natureza, lei de crimes ambientais**: lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 46 p.
- 7 CARDIM FILHO, Arnaldo, JOSA, Alejandro, AGUADO, Antônio, GETTU, Ravindra. 1997. Avaliação do impacto ao meio ambiente causados pelos produtos e materiais da construção civil. In: CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6., 1997, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS/CPGEC. p. 499-506.
- 8 CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. 1997. **Resultados dos projetos de demonstração de implantação de técnicas de produção limpa em plantas industriais**. [Porto Alegre]: SENAI 15p.

- 9 CSORDAS, T., VILLAR, R. 1998. Preservando o Lucro. **Amanhã**, Porto Alegre, p. 66-71, out.
- 10 Curso de capacitação para consultores em técnicas de produção limpa: dados de aula. 1988 CNTL.
- 11 Cybis, Luiz Fernando. 1998. **Sistema de gerenciamento ambiental**: dados de aula. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.
- 12 ECOPROFIT. 1998. **Manuais**. [s.l.] 10v.
- 13 FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. 1975. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1.499p.
- 14 FREEMAN, L. D., HARDER, M. K.. Environmental impact of transportation during the transfer and disposal of construction and demolition waste landfill. In: INTERNATIONAL CONFERENCE BUILDINGS AND ENVIRONMENT, 2., 1997, Paris.
- 15 GRAEDEL, T., ALLENBY, B.R. 1995. **Industrial ecology**. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 412 p.
- 16 HAMASSAKI, Luiz Tsuguio, SBRIGHI NETO, Cláudio. 1995. Aspects of construction/demolition waste utilization. In: EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, 1., 1995, Rio de Janeiro. **Volume de resumos**. Rio de Janeiro: Biosfera
- 17 HEIJUNGS, Reinout, HUPPES, Gjalt, HAES, Helias A. Udo, VAN DEN BERG, N. W., DUTILH, Chris E. 1996. **Life cycle assessment**: What it is and how to do it. Paris: UNEP. 91p.
- 18 INDUSTRY AND ENVIRONMENT. 1994. Paris, v.17, n.4, oct./dec.

- 19 INDUSTRY AND ENVIRONMENT. 1996. Paris, v.19, n.2, apr./june.
- 20 INDUSTRY AND ENVIRONMENT. 1996. Paris, v.19, n.3, july/sept.
- 21 Knijnik, R. 1994. **Energia e meio ambiente em Porto Alegre: bases para o desenvolvimento**. 309 p.
- 22 Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 1995. São Paulo: IPT: Cempre. p. 204-211
- 23 Marcuzzo, Silva Franz. 1995. "ISO-14.000: qualidade em defesa do meio ambiente. **Ecos**, Porto Alegre, v.2, n.5, p. 10-12.
- 24 NATIONAL CLEANER PRODUCTION CENTRES. 1997. **Case studies**. Vienna: UNIDO. 20p.
- 25 ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. 1995. Best practices guide for cleaner production programmes in central and eastern Europe. Paris. 39p. (OCDE/GD 95-98).
- 26 PETRUCCI, Eládio G. R. 1978. **Materiais de construção** - 3 ed. Porto Alegre: Globo. 435 p.
- 27 PICCHI, Flávio Augusto. 1993. **Sistemas de qualidade**: uso em empresas de construção. São Paulo. Tese (Doutorado em engenharia).
- 28 PIETERS, Guus. 1996. The construction industry and the environment in Europe. **Industry and Environment**. Paris, v.19, nº 2, p. 9-12, june.
- 29 PINTO, T. P. 1989. **Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos, UFSCar.

- 30 PINTO, T. P., 1993. Construction waste from ambient problem to generation of low cost materials In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS CENTROS URBANOS – ECO URBS'93, 2., 1993, São Paulo. **Resumos**. São Paulo: Sociedade Brasileira para a Valorização do Meio Ambiente-Biosfera.
- 31 PINTO, Tarcísio de Paula, DUTRA, Marilene Resende, CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. **Manejo diferenciado e reciclagem de entulhos da construção civil em Belo Horizonte** 8f. Trabalho apresentado no 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador.
- 32 PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. 1993. **Cleaner production world wide**. Paris: UNEP. 36p.
- 33 PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. 1995. **Cleaner production world wide**. V2.
- 34 RIO GRANDE DO SUL. 1997. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Promulgada aos 3 de outubro de 1989. 4ª ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 132 p.
- 35 ROUSSEAU, E. 1997. Demonstration of the reuse possibilities of recycled materials in the construction setor In: INTERNATIONAL CONFERENCE BUILDINGS AND THE ENVIRONMENT, 2, 1997, Paris.
- 36 SANTOS, A. *et al.*, 1996. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil**: manual de utilização. [Porto Alegre]: SEBRAE/RS. 97 p.
- 37 SENAI, 1998, **CNTL**: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, Porto Alegre, 31p.

- 38 SENENT, Juan. 1979. **A poluição**. Rio de Janeiro: Salvat. 144 p.
- 39 SKOYLES, E.R. SKOYLES, J.. 1987. **Waste prevention on site**. London. 208p
- 40 SOILBELMAN, Lúcio. 1993. **As perdas de materiais na construção de edificações**: sua incidência e seu controle. Porto Alegre. 127f. Dissertação (Mestrado Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
- 41 STEIN, Edward L. von. 1993. Construction and demolition debris. In: THE MCGRAW-HILL recycling handbook. New York: McGraw-Hill. ch 20.
- 42 TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento, SOUZA, Benedito Osvaldo de, BALDOCHI, Viviana Maria Zanta. Diagnóstico da coleta e destinação final de resíduos da construção civil na cidade de São Carlos – S.P. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Trabalhos técnicos**. Rio de Janeiro: ABES. P.1650-1659.
- 43 UNEP. 1994a. **Cleaner production in the asia pacific economic cooperation**.
- 44 UNEP. 1994b. **Government strategies and policies for cleaner production**.
- 45 UNEP. 1995. **Guidance materials for the UNIDO/UNEP National Cleaner Production Centres**. Viena. 55p.
- 46 UNEP. 1996. **Cleaner production in China story of successful cooperation**.
- 47 UNIDO. 1995. **Cleaner industrial production**. Viena.
- 48 VOTORANTIM CIMENTOS S.A. **Boletins internos**.

8. APÊNDICE

8.1. Check-list

1. Informações gerais

Data da visita	
Localização	<input type="checkbox"/> urbano <input type="checkbox"/> dist. Ind. <input type="checkbox"/> rural
Faturamento	
Tipo de capital	
Número de funcionários	
Regime de trabalho	
Certificações	
Contato na empresa	

2. Características do processo produtivo

Produção	
Matéria-prima	
Processo	
Fonte de água do processo	
Fontes de energia	

3. Gerenciamento da área ambiental

3.1. Existe um profissional da empresa que seja responsável pela área ambiental?

sim não

3.2. A empresa possui licenças ambientais?

sim LP LI LO não

3.3. Existem exigências atuais do órgão ambiental em relação a empresa?

sim não

3.4. A empresa tem um consultor externo para a área ambiental?

sim não

3.5. A empresa possui recursos alocados em seu planejamento estratégico para a área ambiental?

sim não

4. Água de consumo e efluentes líquidos

4.1. A empresa é abastecida pela rede pública?

sim não

4.2. A empresa utiliza outras fontes de abastecimento de água?

sim não

4.3. Existe acompanhamento do custo do metro cúbico da água?

sim não

5. Resíduos sólidos

5.1. Existe coleta seletiva de resíduos na origem de sua geração?

sim não

5.2. Resíduos são reciclados internamente pela empresa?

sim não

5.3. A empresa possui área de disposição temporária para os seus resíduos?

sim não

5.4. A empresa possui área de disposição definitiva para os seus resíduos?

sim não

5.5. Existe acompanhamento do custo de disposição e tratamento dos resíduos?

sim não

5.6. A empresa utiliza o aterro municipal para dispor os seus resíduos?

sim

não

6. Emissões atmosféricas

6.1. Existem emissões atmosféricas?

sim

não

Quais:

7. Energia

7.1. A empresa tem documentado o acompanhamento do uso de energia?

sim

não

7.2. Foi realizada alguma melhoria para a otimização do uso da energia?

sim

não

7.3. É realizado o acompanhamento do custo do kWh?

sim

não