

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS
DE CERÂMICA VERMELHA NO RIO GRANDE DO SUL**

– dissertação de mestrado –

Constance Manfredini

Orientador: Prof. PhD Miguel A. Sattler

Porto Alegre
abril 2003

CONSTANCE MANFREDINI

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS
DE CERÂMICA VERMELHA NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre

abril 2003

Catálogo-na-Publicação (CIP). UFRGS. Escola de Engenharia. biblioteca

M276i

Manfredini, Constance

Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul / Constance Manfredini; Miguel Aloysio Sattler. – Porto Alegre, 2003.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação.

1. Cerâmica vermelha – Construção Civil – Impacto Ambiental – Dissertação. I. Sattler, Miguel Aloysio. II. Título.

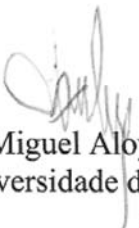
CDU 691.4(043)

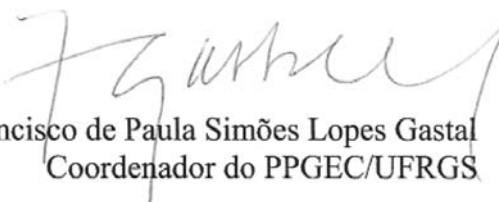
CONSTANCE MANFREDINI

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS
DE CERÂMICA VERMELHA NO RIO GRANDE DO SUL**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 22 de abril 2003


Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD pela Universidade de Sheffield
Orientador


Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Vanderley M. John (USP)
Doutor (Dr.) pela Escola Politécnica da USP

Prof.a Ivana Suely dos Santos (UNISINOS)
Doutora (Dra.) pela Escola Politécnica da USP

Prof. Heitor da Costa Silva (UFRGS)
PhD pela Architectural Association, Londres

Prof. Carlos Perez Bergmann (UFRGS)
Doutor (Dr.) pela Universidade de Aachen

Dedico este trabalho aos meus avós.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES pela bolsa de estudos que me possibilitou a total dedicação aos estudos.

A FAPERGS e SIOCERGS pelo apoio financeiro, que possibilitou a realização do trabalho de campo e ao RHAE/CNPq pelas bolsas concedidas a auxiliares deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pela atenção dedicada.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil por contribuírem na minha formação acadêmica.

Aos funcionários do CPGEC por garantirem o funcionamento da estrutura necessária ao Curso de Pós-Graduação.

Ao DNPM, especialmente ao geólogo Alberto Antônio Muller, a FEPAM, e ao Dr. José Carlos Duarte Pereira da EMBRAPA Florestas, pela atenção recebida.

Aos Municípios no Rio Grande do Sul que gentilmente responderam aos e-mails.

Aos proprietários de indústrias cerâmicas que cederam parte de seu tempo de trabalho respondendo as entrevistas e viabilizando as visitas aos seus estabelecimentos.

Aos colegas e bolsistas Giane Grigoletti, Yuri Moraes, Camilo Holzmann da Silva, Marcello Guedes e Carolina Mendes.

Aos meus pais, pelo total apoio e compreensão ao longo de todo o curso de mestrado.

Ao Marco pelo carinho e apoio.

Ao amigo Juka, pela ajuda na coleta de dados.

A todos àqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e conseqüentemente contribuíram para a minha formação como pesquisadora.

Art. 225. “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 o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Constituição Federal de 05 out. 1988

RESUMO

MANFREDINI, C. Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul – RS. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A cadeia produtiva da construção civil está associada a grandes consumos de matérias-primas e energia, além de ser uma das maiores geradoras de resíduo, sendo responsável por parcela significativa dos impactos ambientais a nível global. Embora seja vasta a disponibilidade de literatura internacional a respeito de impactos ambientais causados por materiais de construção, a bibliografia nacional ainda é limitada. Este fato constitui uma barreira na determinação dos impactos ambientais causados por materiais de construção locais, e conseqüentemente os impactos causados pelas edificações e pelo setor da construção.

Os materiais cerâmicos estão entre os mais tradicionais empregados na construção civil no Brasil, onde existem aproximadamente 11.000 indústrias, principalmente de pequeno e médio porte. No entanto o setor enfrenta uma série de problemas ambientais, econômicos e de qualidade dos produtos fabricados.

Em 2000, o Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), pertencente ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), iniciou uma pesquisa visando identificar de forma qualitativa e quantitativa os impactos ambientais causados pelo processo produtivo de materiais de cerâmica vermelha, para o Estado do Rio Grande do Sul.

Este trabalho analisa os dados coletados em uma pesquisa realizada em 40 indústrias de cerâmica vermelha de diferentes escalas (com produção de 20.000 a 1.500.000 peças/mês) e utiliza a metodologia de Análise do Ciclo de Vida para obter resultados relativos a recursos naturais, fontes energéticas, geração de resíduos sólidos e emissões gasosas, relacionados a cada fase do processo produtivo. Os resultados obtidos revelam os impactos causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul, apontando os aspectos positivos e negativos do processo. São também obtidos dados quantitativos com relação à energia incorporada nos produtos, através de informações coletadas nas indústrias.

Palavras-chave: sustentabilidade; materiais cerâmicos, impactos ambientais de indústrias cerâmicas

ABSTRACT

MANFREDINI, C. Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul – RS. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The Building Construction supply chain is characterized by a high consumption of raw materials and energy and a high production of waste; being responsible for a significant share in the global environmental impact. Although being large the availability of international literature on environmental impacts determined by building materials, the existing literature on such impacts in Brazil is very limited. This constitutes a barrier to determine the environmental impact of local building materials, and consequently the impact caused by buildings and the building sector.

Ceramic products are in the roll of the most traditional construction materials used in Brazil, where there are about 11,000 industries, mostly small and medium sized. However, the sector is going through environmental, economic and product quality problems.

In 2000, NORIE, a section of the Department of Civil Engineering Department at UFRGS (Federal University of Rio Grande do Sul), started a research project aiming at identifying quantitative and qualitative environmental impacts caused by ceramic bricks, blocks and tiles production, in the State of Rio Grande do Sul, south of Brazil.

This research analyses the collected data on a survey performed at 40 ceramic industries, with different scales (producing from 20,000 to 1,500,000 bricks/month), and uses LCA methodology to obtain results related to material and energy consumption, as well as waste emissions in each process step. The obtained results reveal the environmental impacts caused by ceramic bricks, blocks and tiles industries in Rio Grande do Sul, pointing out positive and negative production aspects. In addition, it was possible to estimate the embodied energy of local ceramic materials through the collected data.

Keywords: sustainability; ceramic materials; environmental impacts of ceramic industries

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 PRESSUPOSTOS.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Principal.....	3
1.3.2 Secundários.....	3
1.4 DELIMITAÇÕES.....	4
1.5 MÉTODO DE PESQUISA.....	4
1.5.1 Revisão Bibliográfica.....	4
1.5.2 Levantamento de Dados.....	5
1.5.3 Análise de Dados.....	5
1.5.4 Considerações Finais.....	5
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	5
2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL	7
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	7
2.2 CONCEITOS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: AS AGENDAS 21.....	10
2.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE.....	16
2.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.....	19
2.4.1 Descrição das Etapas da ACV.....	21
2.4.2 Aplicações da ACV.....	23
3 A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA	25
3.1 A CERÂMICA NA HISTÓRIA.....	25
3.2 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO BRASIL.....	26
3.3 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO RIO GRANDE DO SUL.....	27
3.4 CONCEITUAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA.....	33
3.5 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO.....	35
3.5.1 Extração da Argila.....	36
3.5.2 Processos de Tratamento da Argila.....	37
3.5.3 Moldagem.....	39
3.5.4 Secagem.....	40
3.5.5 Queima.....	41

3.5.5.1 Tipos de Fornos.....	42
3.5.6 Problemas Ligados ao Processo Produtivo.....	45
3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	46
3.6.1 Licenciamento Ambiental de Atividade Industrial.....	46
3.6.2 Licenciamento Ambiental de Extração Mineral.....	47
4 IMPACTOS AMBIENTAIS LIGADOS À PRODUÇÃO DE MATERIAIS: UMA VISÃO GERAL.....	51
4.1 RECURSOS NATURAIS.....	51
4.2 CONSUMO DE ENERGIA.....	55
4.2.1 O Conceito de Energia Incorporada a Materiais de Construção.....	58
4.3 EMISSÕES GASOSAS.....	65
4.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	69
4.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	69
5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA: UMA ANÁLISE REGIONAL.....	71
5.1 METODOLOGIA UTILIZADA NO MÚLTIPLO ESTUDO DE CASO.....	71
5.2 RESULTADOS OBTIDOS.....	76
5.2.1 Dados Gerais.....	76
5.2.2 Extração de Argila e Preparação da Mistura.....	78
5.2.3 Secagem.....	84
5.2.4 Queima.....	85
5.2.5 Produto Acabado e Comercialização.....	91
5.2.6 Recursos Humanos.....	92
5.2.7 Outros aspectos.....	96
5.3 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	98
5.3.1 Recursos Naturais.....	98
5.3.2 Fontes Energéticas.....	99
5.3.3 Emissões Aéreas.....	101
5.3.4 Resíduos Sólidos.....	102
5.3.5 Recursos Humanos.....	102
5.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	103
6 ESTIMATIVA DA ENERGIA INCORPORADA AOS MATERIAS DE CERÂMICA VERMELHA: UMA ANÁLISE REGIONAL.....	105
6.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	105
6.2 RESULTADOS OBTIDOS.....	107
6.3 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS.....	115
6.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	118
7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	119

7.1 CONCLUSÕES GERAIS.....	119
7.1.1 Recursos Naturais.....	119
7.1.2 Fontes Energéticas e Energia Incorporada	120
7.1.3 Emissões Aéreas.....	122
7.1.4 Resíduos Sólidos.....	122
7.1.5 Recursos Humanos.....	122
7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
APÊNDICE A.....	130
APÊNDICE B.....	132
APÊNDICE C.....	135
APÊNDICE D.....	140
APÊNDICE E.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: modelo de produção linear.....	1
Figura 2: ciclo de produção fechado.....	2
Figura 3: o conceito de construção sustentável da Agenda 21 para a Construção Sustentável.....	11
Figura 4: questões relacionadas ao setor de edificações e as diretrizes para o seu desenvolvimento sustentável.....	12
Figura 5: etapas da Análise do Ciclo de Vida.....	21
Figura 6: fluxos de uma unidade de processo.....	22
Figura 7: distribuição pelo Estado das indústrias de cerâmica vermelha cadastradas.....	30
Figura 8: comparação do número de indústrias informado pelos próprios municípios com o número cadastrado no SIOCERGS.....	31
Figura 9: práticas das indústrias cerâmicas favoráveis e desfavoráveis ao meio ambiente.....	32
Figura 10: aptidão das massa de cerâmica vermelha, segundo a composição granulométrica, conforme diagrama de Winkler.....	35
Figura 11: fluxograma do processo produtivo brasileiro.....	36
Figura 12: extração de argila com sistema rotativo, realizada por indústria de pequeno porte, em Nova Hartz.....	37
Figura 13: jazida de extração de argila, pertencente à indústria de grande porte, em Gravataí.....	37
Figura 14: depósito de argila.....	38
Figura 15: fase de alimentação, trituração, homogeneização, laminação e na etapa seguinte, de extrusão.....	38
Figura 16: fase de extrusão manual, em indústria de pequeno porte, Barão.....	39
Figura 17: fase de extrusão automatizada, em indústria de grande porte, Esteio.....	39
Figura 18: corte da barra extrudada, para a fabricação de telhas.....	40
Figura 19: fase de prensagem, Bom Princípio.....	40
Figura 20: secagem natural, em Vila Flores.....	41
Figura 21: secagem artificial, em Candelária.....	41
Figura 22: forno tipo intermitente.....	42
Figura 23: retirada das peças do forno.....	42
Figura 24: corte e planta baixa esquemáticos de forno tipo Hoffmann.....	43
Figura 25: corte esquemático de forno tipo túnel.....	44
Figura 26: forno tipo túnel.....	44
Figura 27: painel de controle de forno tipo túnel.....	44
Figura 28: consumo médio de energia por milheiro por tipo de forno.....	44
Figura 29: exigências para obtenção de Licenciamento Ambiental Mineral.....	48
Figura 30: caracterização de impactos ambientais de jazida de argila.....	49

Figura 31: classificação de alguns materiais de construção quanto a abundância.....	52
Figura 32: mapa com localização das reservas de argilas da Região Metropolitana de Porto Alegre.....	54
Figura 33: impactos ambientais de fontes energéticas.....	56
Figura 34: consumo de energia nas etapas do processo produtivo de uma edificação.....	56
Figura 35: participação, em percentual, da demanda de energia, no setor cerâmico, no RS, período de 1991 a 2000.....	57
Figura 36: componentes da energia operacional e incorporada, durante o ciclo de vida de uma edificação.....	59
Figura 37: energia incorporada em alguns materiais, em MJ/Kg.....	61
Figura 38: energia incorporada em materiais para alvenaria na Índia.....	62
Figura 39: energia em diferentes tipos de alvenaria.....	62
Figura 40: diagrama do balanço de energia na fabricação de 1000 blocos de 6 furos com peso unitário de 2 kg, sem reaproveitamento do calor dos fornos.....	63
Figura 41: diagrama do balanço de energia na fabricação de 1.000 blocos de 6 furos com peso unitário de 2 kg, com recuperação do calor do forno tipo contínuo.....	64
Figura 42: resultados obtidos nas indústrias de cerâmica vermelha “Unidades de Demonstração”, no Rio de Janeiro.....	64
Figura 43: energia incorporada em materiais de cobertura.....	65
Figura 44: impactos relacionados à fase de produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicos, no Reino Unido.....	66
Figura 45: emissões atmosféricas geradas na queima dos principais combustíveis utilizados no Estado do Rio Grande do Sul.....	67
Figura 46: distribuição de MP potencial e residual e SO ₂ , por queima de combustíveis, em algumas tipologias industriais no Estado do Rio Grande do Sul.....	67
Figura 47: distribuição da emissão de material particulado e de SO ₂ , por queima de combustíveis, por setor industrial, no Estado do Rio Grande do Sul.....	68
Figura 48: impactos associados ao processo produtivo de cerâmica vermelha.....	71
Figura 49: localização das indústrias visitadas para a realização do múltiplo estudo de caso.....	74
Figura 50: municípios das indústrias pesquisadas.....	75
Figura 51: classificação das indústrias, segundo seu volume de produção.....	76
Figura 52: caracterização da amostra.....	76
Figura 53: tipo de produtos fabricados pelas indústrias pesquisadas.....	77
Figura 54: grau de automação do processo produtivo.....	77
Figura 55: produtividade das indústrias, por porte.....	78
Figura 56: quantidade de tipos de argilas utilizadas na mistura.....	78
Figura 57: distâncias entre as indústrias cerâmicas e jazidas.....	79
Figura 58: tempo de utilização das jazidas.....	81
Figura 59: área ocupada pelas jazidas de extração de argila.....	81
Figura 60: mudas para reflorestamento da jazida, Estrela.....	82

Figura 61: açude em antiga jazida de argila.....	82
Figura 62: recuperação de antiga jazida, como área de lazer aos funcionários da indústria, em Candelária.....	82
Figura 63: matérias-primas incorporadas à mistura.....	83
Figura 64: tipos de secagem utilizada pelas indústrias pesquisadas.....	84
Figura 65: reaproveitamento do calor do forno.....	84
Figura 66: tipos de fornos das indústrias pesquisadas.....	85
Figura 67: fontes energéticas utilizadas na etapa da queima e distância até o fornecedor.....	86
Figura 68: estoque de lenha.....	88
Figura 69: casca de eucalipto.....	88
Figura 70: lenha e retalhos de móveis.....	88
Figura 71: serragem.....	88
Figura 72: sabugo de milho.....	89
Figura 73: resíduos de erva-mate.....	89
Figura 74: recursos utilizados nas indústrias cerâmicas e procedências.....	89
Figura 75: resíduos das fases intermediárias.....	90
Figura 76: cacos utilizados como calçamento.....	90
Figura 77: laboratório em Candelária.....	91
Figura 78: laboratório em Santa Maria.....	91
Figura 79: utilização de embalagem nos produtos acabados.....	91
Figura 80: depósito de pallets.....	92
Figura 81: blocos embalados.....	92
Figura 82: telhas embaladas.....	92
Figura 83: transporte em caminhões.....	92
Figura 84: média de funcionários por porte das indústrias.....	92
Figura 85: auditório de indústria em Candelária.....	93
Figura 86: meios de transporte mais utilizados pelos funcionários.....	94
Figura 87: ambiente úmido, mal iluminado e funcionários sem uniforme.....	95
Figura 88: ambiente sem umidade, bem iluminado e funcionário com uniforme.....	95
Figura 89: funcionário utilizando protetor auricular, mas sem uniforme.....	95
Figura 90: quadro informativo.....	95
Figura 91: casa da indústria cedida a funcionário, em Farroupilha.....	96
Figura 92: escritório e casas da indústria cedida a funcionários, em Encantado.....	96
Figura 93: estratégias para redução do consumo de energia.....	97
Figura 94: estratégias para redução da geração de resíduos.....	97
Figura 95: principais aspectos positivos do setor.....	97
Figura 96: principais aspectos negativos do setor.....	98

Figura 97: tabela de poderes caloríficos.....	106
Figura 98: tabela de pesos.....	107
Figura 99: características das indústrias de pequeno porte.....	109
Figura 100: características das indústrias de médio porte.....	110
Figura 101: características das indústrias de grande porte.....	111
Figura 102: consumos totais de energia nas indústrias.....	112
Figura 103: consumo de energia para a fabricação de 2.000 kg de produto acabado.....	113
Figura 104: gráfico comparando consumo de energia para a fabricação de 2.000 kg de produto acabado.....	113
Figura 105: participação de cada insumo energético no total de energia consumida, para tijolos e blocos cerâmicos.....	114
Figura 106: média ponderada da participação de cada insumo energético no total de energia consumida, para tijolos e blocos cerâmicos.....	114
Figura 107: energia incorporada em tijolos, blocos e telhas cerâmicos.....	115
Figura 108: energia incorporada em tijolos, blocos e telhas cerâmicos, nas indústrias visitadas.....	103
Figura 109: gráfico comparativo entre os resultados obtidos e a bibliografia internacional.....	117
Figura 110: gráfico comparativo entre os resultados obtidos e a bibliografia nacional.....	117
Figura 111: características gerais das indústrias pesquisadas a respeito da energia incorporada aos seus produtos (tijolos e blocos).....	117

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o tema desta pesquisa, os motivos para a sua escolha, os objetivos, o método adotado, e a estrutura da dissertação.

1.1 JUSTIFICATIVA

O modelo de produção atualmente em vigor na maior parte do mundo é um modelo linear, tal como esquematizado na figura 1: produtos são projetados, construídos, utilizados e são sucateados no lixo. Isto é válido tanto para bens de consumo não duráveis, quanto para edifícios e estradas. Sendo que este processo de produção é alimentado, em grande medida, por recursos naturais não renováveis (JOHN, 1999).

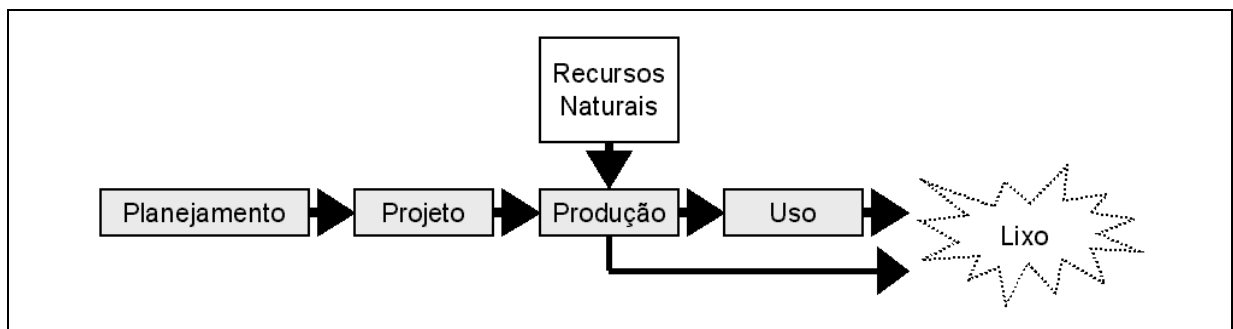


Figura 1: modelo de produção linear (fonte: CURWELL & COOPER, 1998 apud JOHN, 1999).

A cadeia produtiva da construção civil é provavelmente uma das maiores da economia e, conseqüentemente, provoca enorme impacto ambiental. É a principal consumidora de matérias-primas e energia da economia, uma das maiores geradoras de resíduo, e também colabora significativamente para a poluição ambiental, incluindo o efeito estufa. Assim, não será possível um desenvolvimento sustentável sem que toda a cadeia produtiva da construção civil sofra transformações significativas (JOHN, 2000).

Um novo modelo de produção é necessário, onde a utilização dos recursos empregados é otimizada e a geração de resíduos reduzida a um mínimo e este mínimo de resíduos, reciclados. A figura 2 apresenta uma adaptação do modelo de ciclo fechado ao caso da construção civil (JOHN, 1999).

Construir de forma sustentável significa que os princípios de desenvolvimento sustentável são aplicados ao ciclo da construção, desde a extração e beneficiamento das matérias-primas, passando

pelo planejamento, projeto e construção de edificações e infra-estrutura, até a sua desmontagem e gerenciamento dos resíduos resultantes. Desenvolvimento sustentável é o tipo de desenvolvimento que nós precisamos perseguir para atingir o estado de sustentabilidade. É um processo contínuo de manutenção de um balanço dinâmico entre as demandas das pessoas e o que é ecologicamente possível (PLESSIS, 2002).

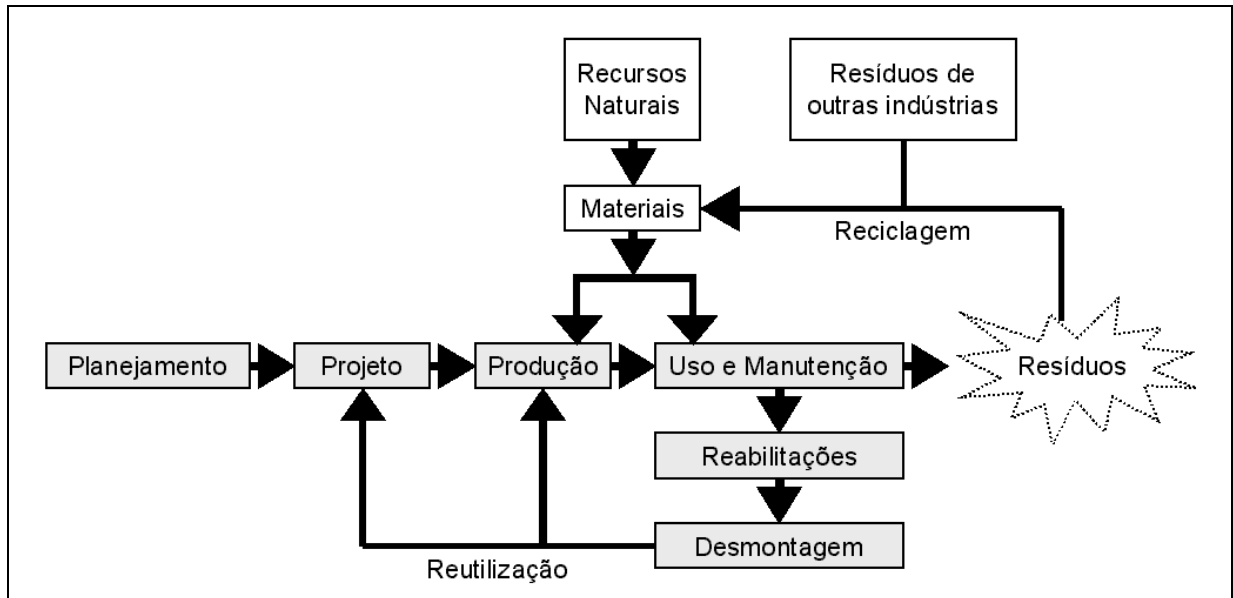


Figura 2: ciclo de produção fechado (fonte: CURWELL & COOPER, 1998 apud JOHN, 1999).

A fase de produção dos materiais de construção, bem como o seu transporte, consomem energia, além de gerar emissões relacionadas com o aquecimento global, chuvas ácidas, aumento da poluição do ar e água (KRONKA, 1999).

Segundo Sperb (2000), as referências bibliográficas que estudam os impactos ambientais especificamente para cada material de construção, quase sempre são de origem estrangeira e apresentam uma análise superficial e qualitativa dos impactos. Isto dificulta a adaptação de alguns valores de impacto ambiental para a realidade brasileira, assim como dificulta a quantificação do impacto ambiental de uma edificação, em termos dos seus vários tipos de materiais de construção, com os associados impactos ambientais, devido ao fato desses se apresentarem em sua maioria de forma superficial e qualitativa. Todas estas limitações indicam a necessidade de trabalhos nesta área.

Os materiais cerâmicos estão entre aqueles mais tradicionais empregados na construção civil (MITIDIERI & CAVALHEIRO, 1988). Porém o setor enfrenta uma série de problemas ambientais, econômicos e de qualidade dos produtos fabricados, entre eles: desconhecimento de técnicas corretas de produção de material cerâmico; uso de madeira como combustível, ocasionando problemas ambientais; desconhecimento de normas técnicas sobre a qualidade do produto cerâmico; concorrência

predatória baseada na diminuição das dimensões dos tijolos e blocos, como forma de diminuição de custo; dificuldade de obtenção de assistência técnica qualificada; irregularidade na atividade extrativa da lenha e argila usadas para a produção do material; dificuldade de gerenciamento da produção; desperdício de matéria-prima, pela exploração não planejada de argilas; desperdício de energia e inexistência de controle de qualidade racional (ROMAN & GLEIZE, 1998).

Visando contribuir para o alcance do estágio de sustentabilidade aplicado ao setor de construção, esta pesquisa pretende caracterizar os impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul, trabalho já iniciado na dissertação de Mestrado da arquiteta Giane Grigoletti (2001).

1.2 PRESSUPOSTOS

Considerando o que foi exposto anteriormente, pressupõe-se que:

- a) a indústria de materiais de construção, inclusive a de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul, é responsável por uma significativa parcela dos impactos causados ao meio ambiente;
- b) existem diferenças entre as indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul, no que diz respeito aos impactos causados ao meio ambiente, devido à forma de exploração das jazidas, às matérias-primas empregadas, às fontes energéticas utilizadas e às distâncias de transporte das matérias-primas e do mercado consumidor entre outros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Principal

Como objetivo principal pretende-se elaborar um diagnóstico ambiental dos impactos causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul, no que se refere a matéria-prima, fontes energéticas, emissões gasosas, geração de resíduos sólidos e recursos humanos.

1.3.2 Secundários

Como objetivos secundários pretende-se estimar valores de energia incorporada, baseados nas informações fornecidas nas indústrias, e compará-los aos parâmetros existentes na bibliografia. Assim, também, pretende-se sistematizar a bibliografia referente ao assunto, incluindo as exigências

ambientais contidas na legislação, a nível federal e estadual, no que diz respeito à exploração de jazidas de argila.

1.4 DELIMITAÇÕES

Devido a limitações de tempo e verbas, bem como a outros aspectos colocados posteriormente, esta pesquisa limita a sua abordagem a 40 indústrias de cerâmica vermelha, de portes variados, que produzem tijolos, blocos e telhas, e que se situam no Estado do Rio Grande do Sul.

1.5 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em diversas fases. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica através da leitura de textos pertinentes a área. Seguiu-se uma fase de levantamento de dados, onde foram incluídas visitas ao Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul (SIOCERGS), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), além das visitas realizadas a 40 indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. Por fim, os dados coletados foram analisados, dando origem às conclusões da pesquisa.

As etapas realizadas são descritas a seguir.

1.5.1 Revisão Bibliográfica

A etapa inicial foi a de revisão bibliográfica, onde foram pesquisados os seguintes assuntos:

- a) conceitos gerais de sustentabilidade, principalmente relativos ao setor da construção;
- b) conceitos relacionados a materiais de construção, presentes na Agenda 21 para a Construção Sustentável, Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento, nas metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental, e na metodologia de Análise de Ciclo de Vida, entre outros; e
- c) questões relacionadas ao setor de cerâmica vermelha, especialmente no Brasil e Rio Grande do Sul, como processo produtivo, impactos ambientais, condições de trabalho, etc. (presentes em livros, artigos, e trabalhos que vem sendo realizados pelo NORIE, entre outros).

Esta fase teve como objetivos conhecer e analisar a produção científica disponível, e definir quais seriam as variáveis avaliadas na pesquisa, bem como a formulação de um modelo inicial de questionário, testado inicialmente em 5 indústrias. As variáveis selecionadas dizem respeito a recursos naturais, fontes energéticas, emissões gasosas, resíduos sólidos e recursos humanos.

1.5.2 Levantamento de Dados

Baseando-se nos conceitos identificados no item anterior, foram buscadas informações junto ao SIOCERGS, a respeito das variáveis consideradas. Também foram buscadas informações a respeito do número de indústrias do Estado e sua distribuição pelo território, para definição de uma amostra.

Paralelamente às visitas nas indústrias, foram coletados dados a respeito das exigências ambientais, referentes à exploração de jazidas de argila empregadas no fabrico de peças de cerâmica vermelha, presentes na legislação, junto ao DNPM e a FEPAM.

1.5.3 Análise de Dados

Nesta etapa foi realizada uma análise dos dados coletados e dos dados gerados em trabalhos anteriores, com apoio na revisão bibliográfica, efetuando-se a identificação dos impactos ambientais, a partir dos itens indicados anteriormente: recursos naturais, fontes energéticas, emissões gasosas, resíduos sólidos e recursos humanos.

Nesta fase foi estimada a energia incorporada nas peças de cerâmica vermelha, através das informações obtidas nas próprias indústrias.

1.5.4 Considerações Finais

Através da realização das etapas anteriores, as considerações finais explicitam, de forma sucinta, os resultados obtidos nesta pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação apresenta-se estruturada em 7 capítulos, apresentados a seguir.

O **capítulo 1** descreve a importância do desenvolvimento do tema, os pressupostos, os objetivos e a metodologia adotados para o trabalho.

No **capítulo 2** foi realizada uma revisão bibliográfica, abordando questões relativas aos temas desenvolvimento sustentável e construção sustentável, chegando à aplicação destes conceitos ao

campo de materiais de construção. É exposta a metodologia de Análise do Ciclo de Vida, metodologia norteadora desta pesquisa

O **capítulo 3** é dedicado a aspectos ligados ao setor de cerâmica vermelha, abordando características da indústria no Brasil e no Rio Grande do Sul, a conceituação e o processo produtivo de produtos de cerâmica vermelha. Também é introduzida a legislação ambiental referente às indústrias de cerâmica.

No **capítulo 4** são descritos alguns aspectos ambientais envolvidos na produção de materiais de construção, especialmente da cerâmica vermelha.

O **capítulo 5** apresenta o resultado das entrevistas realizadas nas 40 indústrias de cerâmica vermelha, trazendo os resultados qualitativos obtidos, complementando-os e comparando-os com a bibliografia referente existente.

O **capítulo 6** apresenta os resultados quantitativos obtidos junto às indústrias, destacando o conteúdo energético dos produtos de cerâmica vermelha e comparando-os com dados nacionais e internacionais.

No **capítulo 7**, finalmente, são apresentadas as conclusões finais e são sugeridos temas para a continuidade desta pesquisa.

2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O impacto do homem sobre o meio ambiente tem variado historicamente de acordo com o modo de produção, a estrutura de classes, o aparato tecnológico e o universo cultural de cada sociedade estabelecida ao longo do tempo (LAGO & PÁDUA, 1992).

As comunidades humanas primitivas retiravam do meio, quase que exclusivamente, o necessário para sua reprodução, vivendo, basicamente, do consumo de recursos renováveis. As sociedades pré-capitalistas mais desenvolvidas, como as da Antigüidade Clássica, já apresentavam um grau considerável de avanço urbano e comercial, porém o nível de desenvolvimento produtivo e populacional era ainda pequeno o suficiente para não ameaçar de forma generalizada o equilíbrio do meio rural. Com a ruralização da economia, na Idade Média, o impacto destrutivo da ação humana não avançou em demasia. Este manteve-se em nível suportável, apesar de documentos medievais relatarem inúmeros registros de problemas ambientais, como o desflorestamento e a poluição do ar, causada pelas fundições e pela queima de carvão. Ao longo da história pré-capitalista, o baixo nível de desenvolvimento das forças produtivas permitiu que se mantivesse a falsa impressão da existência de recursos naturais em quantidade ilimitada, para suprir o crescimento permanente das sociedades humanas (LAGO & PÁDUA, 1992).

Essa impressão só foi alterada como consequência do avanço histórico de uma nova realidade, que modificou substancialmente a vida do homem na Terra e radicalizou enormemente o seu impacto sobre o meio ambiente. Esse fato novo foi a Revolução Industrial, ocorrida nos séculos XVIII e XIX, com o estabelecimento de uma economia industrializada, centrada no espaço urbano e baseada numa tecnologia altamente consumidora de energia e matérias-primas. Essa economia industrial de crescimento ilimitado, fruto do modo de produção capitalista, exerceu um impacto violentamente destrutivo sobre a natureza, a ponto de ameaçar a própria sobrevivência dos sistemas naturais, que servem de suporte para a vida na Terra (LAGO & PÁDUA, 1992).

A partir dos anos 60, e até mesmo antes, passou a existir um aumento de consciência, no interior de algumas seções da sociedade, a respeito da imensa degradação ambiental, que foi uma consequência desta industrialização e do desenvolvimento tecnológico da sociedade moderna. Tal desenvolvimento tem, freqüentemente, sido acompanhado por mudanças sociais e políticas profundas, que em conjunto

com a degradação ambiental, foi tacitamente aceito como o preço a ser pago pelo progresso (LAWSON, 1996).

Nesta mesma década, um grupo de cientistas, reunidos no chamado Clube de Roma, utilizando-se de modelos matemáticos, atentou para os riscos de um crescimento econômico contínuo, baseado em recursos naturais esgotáveis. Seu relatório *Limits to Growth*, publicado em 1972, foi um sinal de alerta que incluía projeções, em grande parte não cumpridas, mas que teve o mérito de conscientizar a sociedade para os limites da exploração do planeta (VALLE, 1995).

Os anos 70 foram a década da regulamentação e do controle ambiental. Após a Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente, em 1972, as nações começaram a estruturar seus órgãos ambientais e estabelecer suas legislações, visando ao controle da poluição ambiental. Poluir passa, então, a ser crime em diversos países (VALLE, 1995). Por exemplo, se analisarmos a legislação ambiental no Brasil, após essa década há um crescimento bastante grande do número de leis ambientais, passando estas a atuarem diretamente sobre as atividades produtivas, controlando os seus efeitos sobre o meio ambiente (SOUZA, 2000).

Souza (2000) afirma que a partir do final dos anos 60 e início dos 70, surgem em nível mundial, a Avaliação de Impactos Ambientais e o Licenciamento para projetos de investimento, como instrumentos de políticas ambientais. Estes instrumentos demonstram uma preocupação preventiva com relação aos problemas ambientais, buscando avaliá-los antes da instalação dos empreendimentos. Nos Estados Unidos esses estudos passam a ser obrigatórios a partir da década de 70, e na França, em 1976. No Brasil, a avaliação de impactos ambientais para projetos de investimento é inserida a partir da Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a política Nacional de Meio Ambiente, e posteriormente é regulamentada em resolução do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) de 1986.

Na década de 80, o CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) firmava-se como organização líder no campo de pesquisas em construção. Várias das suas Comissões de Trabalho – Ws (Working Comissions) e Grupos de Tarefa – TGs (Task Groups) de relevância direta para assuntos ambientais foram criados nos anos 80, como, por exemplo, a W067 – Conservação da Energia no Ambiente Construído e a W080 – Previsão da Vida Útil de Materiais e Componentes da Construção (DRUSZCZ, 2002).

Em 1987, a World Commission on Environment and Development (WCDE) produziu um documento intitulado *Our Common Future*, que ficou conhecido como o Relatório de Brundtland, onde é proposta uma definição para o desenvolvimento ecologicamente sustentável, que é: “o

desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” (LAWSON, 1996).

Segundo Lyle (1994) a proposta da WCED confirmou uma espécie de aceitação oficial àquilo que muitos vinham dizendo há algum tempo: o desenvolvimento industrial convencional tal como praticado por quase dois séculos é inerentemente insustentável; o esgotamento de recursos e a degradação ambiental estão embutidos no projeto da nossa paisagem do século XX, especialmente em nossas cidades.

No entanto, o conceito formulado pela WCED encontra críticas. Segundo CIB (2001), esta definição é aplicável aos países desenvolvidos, mas nos países em desenvolvimento o desenvolvimento econômico foi paralisado pela pobreza, pelas guerras e pelo exaustivo peso das dívidas, desfortalecendo-os para atender as necessidades presentes e futuras. Da maneira como é colocada, a definição de desenvolvimento sustentável do Relatório de Brundtland, faz uma generalização simplificada da humanidade. Atualmente é impossível pensar na sociedade como um todo, ou pensar em um único homem abstrato, deixando de lado as suas diferenças sociais internas, quando se tem a intenção de assegurar, por exemplo, igualdade entre pessoas diferentes.

Outro momento marcante ocorreu em junho de 1992, onde durante duas semanas, o Rio de Janeiro, abrigou o maior encontro intergovernamental de alto nível jamais realizado em nosso planeta. A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) – e o Grande Encontro da Terra foram assistidos por representantes de 180 países, incluindo 105 chefes de Estado. Ao mesmo tempo, milhares de ativistas de movimentos civis de todo o mundo congregaram no Fórum Global outros eventos paralelos, enquanto, os cientistas organizavam simpósios e debates. A presença maciça da mídia, deu à Cúpula do Rio, uma audiência de centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. O documento mais abrangente e de maior alcance que resultou da Conferência do Rio é a Agenda 21, um programa de ação em forma de recomendações (SACHS, 1993).

A década de 90 assistiu também à entrada em vigor, em 1992, das normas britânicas BS7750 – Specification for Environmental Management Systems que serviram de base para elaboração de um sistema de normas ambientais em nível mundial. A entrada em vigor dessas normas internacionais de gestão ambiental, denominadas de série ISO 14000, e sua já anunciada integração futura com as normas de gestão de qualidade ISO 9000 constituem o coroamento de uma longa caminhada em prol da conservação do meio ambiente e do desenvolvimento com bases sustentáveis (VALLE, 1995).

Com relação às questões diretamente ligadas a construção civil, no final da década de 90, foi lançada a Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB,1999) e no início do novo milênio foi divulgada a Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento (CIB & UNEP- IETC,

2002), comentando os conceitos sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e construção sustentável, expostos a seguir.

Sustentabilidade – é a condição ou estado que deveria permitir a continuidade da existência humana, e que iria fornecer condições de vida segura, saudável e produtiva em harmonia com a natureza, com a cultura local e com valores espirituais.

Desenvolvimento sustentável – é o tipo de desenvolvimento que nós precisamos ter para atingir o estado de sustentabilidade. É um processo contínuo de manutenção de um balanço contínuo entre as demandas das pessoas por equidade, prosperidade e qualidade de vida e o que é ecologicamente possível. O desenvolvimento sustentável envolve aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Construção sustentável – significa que os princípios de desenvolvimento sustentável são aplicados ao ciclo da construção, desde a extração e beneficiamento da matéria-prima, passando pelo planejamento, projeto e construção das edificações e da infraestrutura, até a sua desmontagem e gerenciamento dos resíduos resultantes. É um processo holístico que objetiva restabelecer e manter a harmonia entre o ambiente natural e o construído, enquanto cria assentamentos que afirmam a dignidade humana e encoraja a equidade econômica.

2.2 CONCEITOS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: AS AGENDAS 21

A participação econômica significativa e a percepção gradativa da magnitude dos impactos ambientais provocados pelas atividades da indústria da construção civil posicionaram-na, em caráter mundial, como um setor estratégico para intervenção. Isso resultou em diversas medidas visando reduzir os impactos ambientais de edifícios, introduzidas ao longo da última década, culminando em uma releitura da Agenda 21 específica para a construção civil, que contempla, entre outros aspectos, medidas para redução de impactos através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo (SILVA, 2000).

O Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), formulou, então, a Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB, 1999), que pretende ser o intermediário global entre as Agendas existentes, como o Relatório de Brundtland e a Agenda Habitat, as Agendas nacionais/regionais requeridas e o setor de construção civil. Ela se propõe a ser a estrutura conceitual que define as conexões entre o conceito global de desenvolvimento sustentável e o setor de construção civil, capacitando outras Agendas de níveis local ou sub-setorial a serem comparadas e definindo medidas detalhadas apropriadas ao contexto local.

Os objetivos principais da Agenda 21 para a Construção Sustentável são:

- a) criar uma estrutura global e terminologia que irão adicionar valor para todas as Agendas, em nível nacional, regional ou sub-setorial;
- b) criar uma Agenda para as atividades de campo do CIB, e para a coordenação do CIB com suas organizações parceiras especializadas;
- c) fornecer um documento base para definir as atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Huovila (1999) nos apresenta, na figura 3, o conceito de construção sustentável contido na Agenda 21 para a Construção Sustentável. Este autor coloca que, tradicionalmente, os fatores de competitividade em construção eram custo, qualidade e tempo. Hoje estas palavras têm uma interpretação diferente da que elas costumavam ter. A qualidade das edificações já pode incluir aspectos de qualidade ambiental, que é, freqüentemente, entendido na forma de consumo de energia, mas, em alguns casos, também como minimização da exaustão de recursos, de emissões perigosas e da manutenção da biodiversidade. Contrastes econômicos, justiça social e herança cultural são usualmente tidas como outras dimensões de sustentabilidade em conjunto com as questões ambientais, trazendo assim um aspecto adicional no que diz respeito às implicações do conceito de tempo.

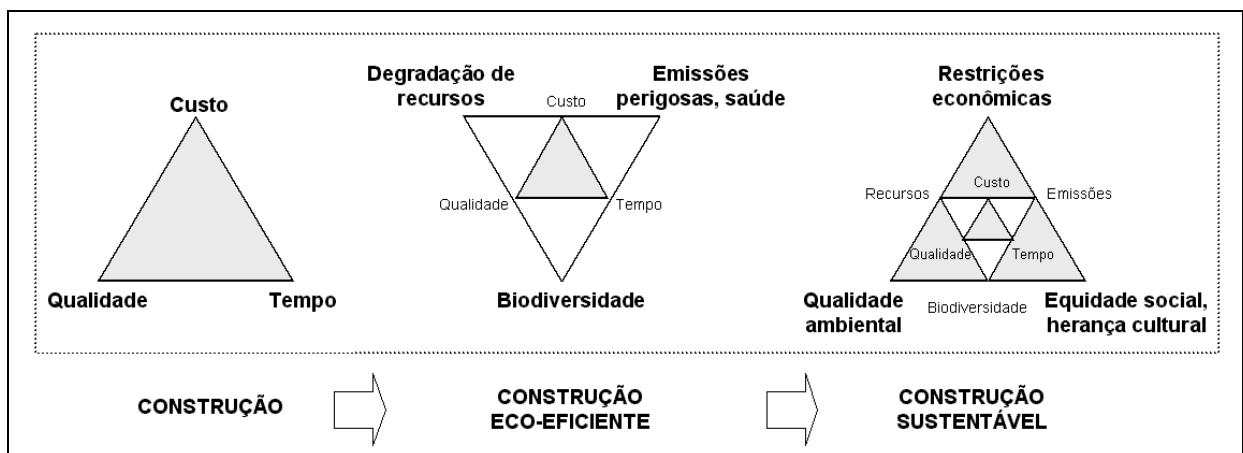


Figura 3: o conceito de construção sustentável da Agenda 21 para a Construção Sustentável (fonte: CIB, 1999).

Os elementos chave nas abordagens de construção sustentável das diversas nações são, entre outros:

- a) reduzir o uso de fontes energéticas e a exaustão dos recursos naturais;
- b) conservar áreas naturais e biodiversidade;
- c) manter a qualidade do ambiente construído e um ambiente interno saudável.

Grigoletti (2001) nos apresenta de forma simplificada, na figura 4, quais as questões relacionadas ao setor de edificações e as diretrizes para o seu desenvolvimento sustentável, conforme a Agenda 21 para a Construção Sustentável.

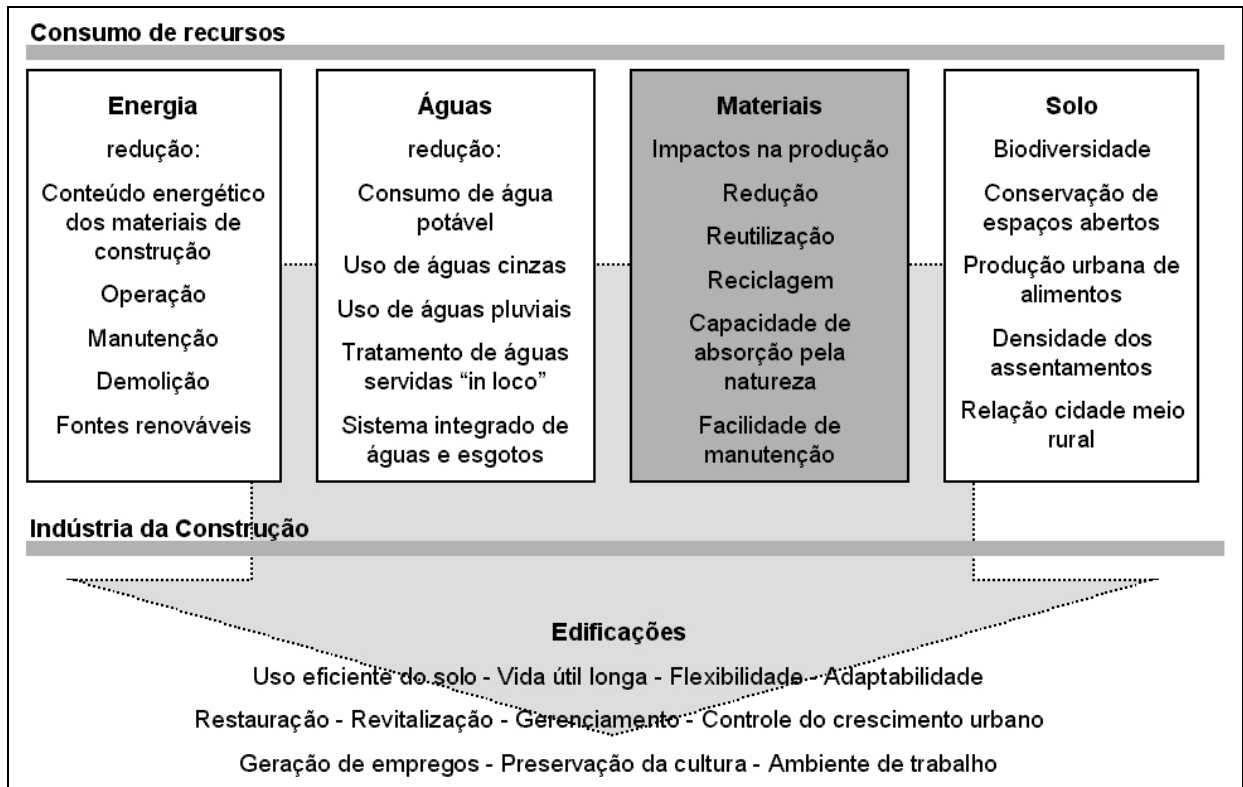


Figura 4: questões relacionadas ao setor de edificações e as diretrizes para o seu desenvolvimento sustentável (fonte: GRIGOLETTI, 2001).

Enfatizando a questão dos materiais, de acordo com o CIB (1999), as características desejadas são: a busca por materiais renováveis, recicláveis e reutilizáveis, de fácil desmontagem, de dimensões padronizadas, com baixo conteúdo energético e não tóxicos.

Complementando que, a vantagem das economias emergentes e das economias em desenvolvimento é que estas já têm uma longa história no uso de materiais tradicionais, muitos dos quais são sustentáveis. Nestes casos, a pretensão principal é continuar a tradição para prevenir problemas.

Para alcançar estes objetivos podem ser tomadas atitudes referentes as seguintes fases do processo de construção CIB (1999):

- a) **na fase inicial de projeto**, através da seleção de materiais que deve ser baseada no seu desempenho ambiental; na sua vida útil e nas suas conseqüências para a saúde; além de planejar as juntas e a montagem visando a fácil desmontagem.

- b) **na fase de construção e demolição**, os construtores devem utilizar materiais locais e reutilizar os componentes úteis de outras edificações; devem construir para desmontagem, usando abordagem modular; devem identificar os componente para facilitar a remoção seletiva e a reciclagem; devem introduzir padrões de qualidade para materiais reciclados; e devem produzir manuais de operação e manutenção para edificações e sistemas. Os demolidores devem desenvolver novas técnicas de desmontagem para facilitar a reciclagem e reuso dos materiais de construção.
- c) **em nível dos fabricantes**, através do aumento das responsabilidades dos mesmos, com relação aos seus produtos, considerando todo o seu ciclo de vida; pela redução das quantidades de materiais e do conteúdo energético dos produtos; pela utilização de produtos com baixas emissões durante a fase de uso; e pelo uso de facilidade de manutenção e possibilidades de reciclagem.

Outro ponto abordado pela Agenda 21 para a Construção Sustentável é o uso indireto do solo para a produção de materiais de construção, que pode ser considerado vasto. Escavações minerais em grande escala para a indústria de construção, em áreas densamente povoadas, devem lidar com perdas inaceitáveis de áreas naturais. O desafio, neste sentido, é melhorar o desempenho ambiental dos materiais:

- a) serem de natureza renovável e de procedência local;
- b) terem baixo custo energético durante o ciclo de vida completo;
- c) melhorar a durabilidade;
- d) apresentar baixas emissões durante o uso; e
- e) serem passíveis de reciclabilidade.

Por fim, a Agenda 21 para a Construção Sustentável complementa que para componentes que podem ser facilmente reutilizados, a primeira prioridade é a durabilidade e a vida útil longa. Para componentes que são difíceis de reutilizar, o requerimento será a facilidade de se biodegradar.

Passados alguns anos da publicação da Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB,1999), e atentando-se para a enorme diferença entre as realidades dos países desenvolvidos e dos países em desenvolvimento, que não poderia passar de forma despercebida, foi elaborada a Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento (CIB & UNEP- IETC, 2002) através de uma

parceria do CIB com a UNEP-IETC, CSIR Building and Construction Technology e a Construction Industry Development Board of South Africa, sob a coordenação de Chrisna du Plessis.

Nos países em desenvolvimento, a sociedade e o governo são confrontados com questões ligadas a sobrevivência humana, tendendo a adotar uma abordagem, para combater a crise, com poucos cuidados a respeito dos impactos a longo prazo, causados ao meio ambiente e a sociedade, por efeito de suas ações. Nestas regiões marcadas pela pobreza e por problemas econômicos, é muito difícil estabelecer o meio ambiente como prioridade nacional, conseqüentemente, as ações que levam em conta a sustentabilidade são focadas na pobreza, democracia, assentamentos humanos e conservação da natureza (CIB, 2001).

O objetivo desta Agenda de Pesquisa e Desenvolvimento é fornecer um texto base que seja utilizado (CIB & UNEP- IETC, 2002):

- a) para guiar os investimentos nacionais e internacionais em pesquisa e desenvolvimento nos países em desenvolvimento;
- b) estimular o debate e incentivar a troca de conhecimento sobre construção sustentável com os países desenvolvidos, introduzindo então os países em desenvolvimento no debate internacional como um parceiro igual.

Nos países em desenvolvimento a construção sustentável tende a ter seu foco na relação entre construção e desenvolvimento humano, freqüentemente marginalizando os aspectos ligados ao meio ambiente. Entretanto, os impactos ambientais causados pela indústria da construção são provavelmente maiores nos países em desenvolvimento do que nos países desenvolvidos, pois os primeiros estão ainda “em construção” e também possuem um baixo grau de industrialização, fazendo com que a indústria da construção seja uma das mais impactantes ambientalmente.

A Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento (CIB & UNEP- IETC, 2002) cita como barreiras para a construção sustentável:

- a) falta de capacidade do setor de construção, onde não existe um número suficiente de profissionais treinados com relação às questões ligadas à construção sustentável;
- b) um cenário de incertezas econômicas;
- c) a pobreza, os baixos investimentos na área urbana e o alto crescimento demográfico que aceleram a degradação da qualidade de vida destes centros;

- d) falta de dados precisos e a falta de informações, por exemplo a respeito do impacto de materiais ao longo do seu ciclo de vida, dificultando a obtenção de processos e políticas sustentáveis;
- e) falta de interesse na questão da sustentabilidade, principalmente da sustentabilidade biofísica, por parte de políticos, fabricantes, autoridades locais e dos profissionais ligados ao ambiente construído;
- f) inércia tecnológica, barreira criada pela aplicação inquestionável de códigos de construção e conceitos de planejamento introduzidos pelos países Ocidentais durante o período colonial;
- g) falta de integração das pesquisas sobre tecnologias construtivas e planejamento urbano, desenvolvidas por diferentes instituições e falta de troca entre as esferas teóricas e práticas.

Em contrapartida, os países em desenvolvimento oferecem algumas oportunidades que não são, freqüentemente, observadas nos países desenvolvidos, como (CIB & UNEP- IETC, 2002):

- a) a inovação em materiais e tecnologias, desenvolvidas como alternativas para substituir os materiais convencionais, devido a disponibilidade destes ser menor que a demanda. O desenvolvimento de tecnologias e materiais adequados deve levar em conta as características locais, a disponibilidade de recursos e os fatores econômicos.
- b) existe uma sólida cultura de solidariedade, ajuda mútua e uma capacidade das pessoas trabalharem juntas;
- c) existem experiências valiosas utilizando práticas tradicionais que podem ser aproveitadas, como a construção em terra crua, mas que precisam sofrer adaptações aos tempos contemporâneos;
- d) existência de relações de fraternidade e interdependência, presentes em códigos religiosos e sociais, que hoje são entendidos como características da sustentabilidade, devendo ser respeitados pelos arquitetos e planejadores urbanos;
- e) o turismo pode valorizar a cultura local, inclusive a arquitetura.

Vistos alguns dos conceitos presentes nas Agendas 21 relacionadas com construção civil, apresentam-se a seguir conceitos relacionados a materiais de construção, presentes em diversas bibliografias.

2.3 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

A seleção adequada de materiais de construção, ambientalmente sustentáveis, é a forma mais simples de dar início à incorporação de princípios de sustentabilidade ao projeto de edificações, segundo Kim & Rigdon (1998).

No entanto, o problema de decidir qual material de construção causa o menor impacto ambiental é complexo. Segundo Vale & Vale (1991), primeiramente, é necessário considerar o impacto direto ao meio ambiente, bem como, o conteúdo energético, porque este oferece um guia para a quantidade de poluição envolvido na sua fabricação. Porém, a escolha de materiais se torna mais complexa quando se considera a sua função na edificação onde vai ser inserido. Como, por exemplo, a utilização de material plástico com função de isolante, com alto conteúdo energético, mas que poderá reduzir o consumo de energia pela edificação.

Neste sentido existe uma série de autores que consideram diferentes formas de selecionar os materiais de uma edificação, destacando algumas características em detrimento de outras.

Para Anink et al. (1996) a estratégia básica para a escolha de materiais de construção sustentáveis consiste nos passos seguintes:

- a) impedimento do uso desnecessário e emprego eficiente de materiais;
- b) uso de fontes renováveis e recicláveis; e
- c) seleção de materiais com os menores impactos ambientais.

O Environmental Building News (EBN) elaborou uma lista de materiais, de forma a ser atualizada periodicamente, denominada *GreenSpec* a partir de uma série de conceitos (EBN, 2000):

- a) **produtos fabricados de materiais ambientalmente corretos:** produtos que reduzem o consumo de materiais, produtos reutilizados, produtos com conteúdo de material consumido reciclado, produtos com resíduos industriais reciclados, produtos de madeira certificada, produtos feitos a partir de resíduos da agricultura, produtos naturais ou minimamente processados;
- b) **produtos que são ambientalmente corretos pelo que não contém:** substâncias alternativas à destruição da camada de ozônio, alternativos aos produtos feitos a partir

do PVC e policarbonato, alternativos à madeira tratada com preservativos convencionais, alternativos a outros componentes considerados perigosos;

- c) **produtos que reduzem os impactos ambientais durante a construção, reforma ou demolição:** produtos que reduzem os impactos da nova construção, produtos que reduzem os impactos das reformas, produtos que reduzem os impactos da demolição;
- d) **produtos que reduzem os impactos ambientais durante o uso da edificação:** componentes da edificação que reduzem as cargas de aquecimento e resfriamento, equipamentos que conservam energia, equipamentos à base de energia renovável e células de energia, acessórios e equipamentos que armazenam água, produtos com durabilidade excepcional ou baixa necessidade de manutenção, produtos que previnem a poluição ou reduzem a quantidade de resíduos, produtos que reduzem ou eliminam os tratamentos pesticidas;
- e) **produtos que contribuem para um ambiente interno seguro e saudável:** produtos que não liberam poluentes significativos dentro da edificação, produtos que bloqueiam o desenvolvimento e proliferação de contaminantes no interior, produtos que removem poluentes do ambiente interno, produtos que alertam os ocupantes dos perigos à saúde na edificação, produtos que melhorem a qualidade da iluminação.

Baggs (1999) apresenta um sistema de eco-avaliação de materiais de construção desenvolvido para as Olimpíadas de Sydney, constituído por uma matriz onde os materiais são classificados de acordo com 13 categorias. Estas categorias foram amplamente baseadas no ‘Homebush Bay Development Guidelines da Sydney Co-ordination Authority’s (OCA) e no resumo da OCA para Construction Materials Expert Advisory Panel. São elas:

- a) **impacto ambiental**, considera o impacto total nos ecossistemas naturais durante a mineração ou formação do material e seus constituintes;
- b) **materiais escassos e não-renováveis**, avalia o conteúdo de materiais escassos e não-renováveis contidos em cada material ou requeridos pelo processo de fabricação;
- c) **uso da energia**, quantifica a energia incorporada requerida pelo material, processo ou atividade, extração, transporte e processamento da matéria-prima, manufatura e instalação do produto;

- d) **emissões de dióxido de carbono**, avalia as emissões de dióxido de carbono resultante da quantidade de energia incorporada;
- e) **final da vida útil e reciclabilidade**, avalia quanto do material pode ser prontamente reutilizado ao final da vida útil e o grau de facilidade de desmontagem;
- f) **materiais reciclados**, indica aqueles materiais que contem ou são manufaturados com materiais reciclados;
- g) **saúde humana (componentes tóxicos e reativos)**, propicia uma avaliação relativa aos impactos de um material sobre a saúde humana, incluindo emissões tóxicas e de componentes orgânicos voláteis (VOC) na sua fabricação, utilização e disposição ao final da vida útil;
- h) **ecossistema (resíduos tóxicos)**, promove uma avaliação dos impactos sobre os ecossistemas naturais pelas emissões de resíduos tóxicos de um material na sua fabricação, utilização e disposição ao final da vida útil;
- i) **conforto térmico**, indica o potencial de conforto térmico ou os benefícios em eficiência energética do material;
- j) **transporte**, o conteúdo energético do transporte e distribuição do material acabado é avaliado;
- k) **manutenção**, é avaliada pois o requerimento por manutenção referente a um material durante a sua vida útil representa um dos maiores custos e impactos energéticos;
- l) **durabilidade**, a vida útil de um material ou produto deve ser considerada pois os custos ambientais vão se diluindo, através de vida útil;
- m) **custo**, quantifica os impactos nos custos do projeto.

Kim & Rigdon (1998), analisando todas as fases do ciclo de vida de materiais de construção, descrevem as características que estes devem possuir para serem considerados ambientalmente sustentáveis. Estas características são: tomada de medidas de prevenção à poluição durante a fase de fabricação; redução de resíduos durante a fabricação dos materiais; incorporação de materiais reciclados ao produto; redução da energia incorporada; utilização de materiais naturais, pois, geralmente, possuem menor quantidade de energia incorporada e são menos tóxicos que os manufaturados; materiais que gerem menor quantidade de resíduos na fase de construção; utilização de materiais locais; materiais que favoreçam a eficiência energética da edificação; materiais que

favoreçam a conservação ou tratamento da água; utilização de materiais não-tóxicos ou com menor toxicidade; emprego de sistemas que propiciem a utilização de energia renovável; privilegiar materiais com maior durabilidade, possibilidades de reutilização; possibilidades de reciclagem; e ser biodegradável.

Além das fontes citadas, segundo Silva (2000), as metodologias de avaliação de impacto ambiental; como o Building Research Establishment Assessment Method (BREEAM) no Reino Unido, o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) nos EUA e o Green Building Challenge (CBG), um consórcio internacional, costumam incluir uma categoria de avaliação de edificações através dos materiais empregados na sua construção. Geralmente esta categoria considera o teor de resíduos e reciclados, presença de materiais danosos ao homem ou ao ambiente, reutilização de elementos e geração/reciclagem de entulho.

Rousseau (1996) afirma que muitas organizações de padronização, tanto americanas quanto internacionais, estão desenvolvendo metodologias para a avaliação de materiais de construção, levando em conta o seu ciclo de vida.

2.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Até recentemente, as questões relacionadas com o meio ambiente vinham sendo atendidas, no campo da regulamentação técnica, pela definição de padrões e de limites de emissões que deviam ser respeitados pelos geradores de impactos ambientais. Não havia uma abordagem sistêmica do problema ambiental que relacionasse causas e efeitos, de forma abrangente. Os esforços de normalização realizados pelos diversos países se restringiam, quase sempre, a métodos de ensaio e de amostragem que permitissem avaliar o atendimento aos padrões e limites legalmente estabelecidos (VALLE, 1995).

De outra parte, algumas iniciativas visando identificar e promover produtos que não agrediam o meio ambiente, começaram a ser tomadas de forma isolada, em alguns países, com a criação de símbolos ou rótulos ecológicos, os chamados selos verdes (VALLE, 1995). Muitos dos sistemas de rotulagem ambiental baseia-se na metodologia de análise do ciclo de vida dos produtos, que consiste na avaliação do impacto acumulado do produto sobre o meio ambiente, em toda a sua cadeia de produção, distribuição e consumo (SOUZA, 2000).

Um importante passo para a abordagem sistêmica das atividades relacionadas ao meio ambiente foi dado pela British Standards Institution (BSI), em 1992, com a homologação da norma BS7750, que cria procedimentos para se estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental nas empresas (VALLE, 1995).

Com a intenção de padronizar os diferentes sistemas de certificação existentes no mundo, de forma que estes tivessem a mesma interpretação e as mesmas exigências em qualquer país, a International Standards Organization (ISO) começou a formular a série de Normas ISO 14000 (SOUZA, 2000).

O processo de discussão teve início em 1991, quando o Conselho Estratégico de Meio Ambiente (Strategic Advisory Group on Environment – SAGE), que faz parte da ISO, forma um grupo de trabalho com o objetivo de estudar os sistemas de gestão ambiental já existentes em diversos países, principalmente os sistemas de rotulagem ambiental (CAVALCANTI, 1997 apud SOUZA, 2000).

Em 1992, o SAGE criou seis grupos de trabalho: sistema de gestão ambiental, avaliação e performance ambiental, rotulagem ambiental, auditoria ambiental, análise do ciclo de vida e aspectos ambientais em normas de produtos (CAVALCANTI, 1997 apud SOUZA, 2000). E, em março de 1993, propôs a criação do ISO/TC 207, Comitê Técnico com a função de elaborar a série de normas ambientais em nível mundial, que posteriormente viria a substituir o próprio SAGE (D'AVIGNON, 1995).

Essa nova série, que recebeu a denominação de ISO 14000, é um grupo de normas que fornece ferramentas e estabelece um padrão de Sistemas de Gestão Ambiental. Por meio dela, uma determinada empresa poderá sistematizar a sua gestão através de uma política ambiental, que vise a melhoria contínua em relação ao meio ambiente (D'AVIGNON, 1995), podendo ser aplicada, tanto às atividades industriais, como, às atividades extrativas, agroindustriais e de serviços (VALLE, 1995).

De acordo com D'avignon (1995), os resultados decorrentes do uso destas normas, a médio prazo, são a avaliação de riscos ambientais, a recuperação de áreas degradadas, os relatórios de auditoria ambiental, a preparação e planos de emergência ou contingenciamento, a determinação de impactos ambientais, e os projetos para o meio ambiente. Já, a longo prazo, o autor indica, como resultados, produtos e processos mais limpos, a conservação dos recursos naturais, a gestão de resíduos industriais, a gestão racional do uso da energia e a redução da poluição global.

De acordo com Ferrão (1998), na família da ISO 14000 há um conjunto de padrões especificamente baseados na Análise do Ciclo de Vida - ACV (em inglês Life Cycle Assessment – LCA), definida na ISO 14040 como: “compilação dos fluxos de entradas e saídas e avaliação dos impactos ambientais, associados a um produto ao longo do seu Ciclo de Vida.” Esta norma define ainda Ciclo de Vida como: “estados consecutivos e interligados de um produto, desde a extração de matéria-primas ou transformação de recursos naturais, até à deposição final do produto na natureza”.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma abordagem do “berço ao túmulo” para medir desempenho ambiental. Esta é baseada na crença de que todos os estágios na vida de um produto geram impactos

ambientais e, conseqüentemente, devem ser avaliados, incluindo a aquisição de matéria-prima, a fabricação do produto, o transporte, a instalação, a operação, a manutenção, a reciclagem e o gerenciamento dos resíduos (LIPPIATT, 2000).

É um instrumento importante, que gera informações sobre o uso de recursos e emissões de um determinado processo, produto ou serviço para permitir mensurar e avaliar os seus impactos potenciais sobre o meio ambiente e, finalmente, identificar meios para reduzir esses impactos (SILVA & SILVA, 2000).

De acordo com a ISO 14040, de 1996, a ACV possui quatro estágios, indicados na figura 5, que são: definição do objetivo, análise do inventário (LCI), avaliação do impacto, interpretação dos dados (FERRÃO, 1998; LIPPIATT, 2000; SILVA & SILVA, 2000,). As normas da ISO 14000 que dizem respeito a LCA são: ISO 14040 (Princípios gerais), ISO 14041 (Inventário), ISO 14042 (Análise dos impactos), e ISO 14043 (Usos e aplicações) (MOURA, 2000).

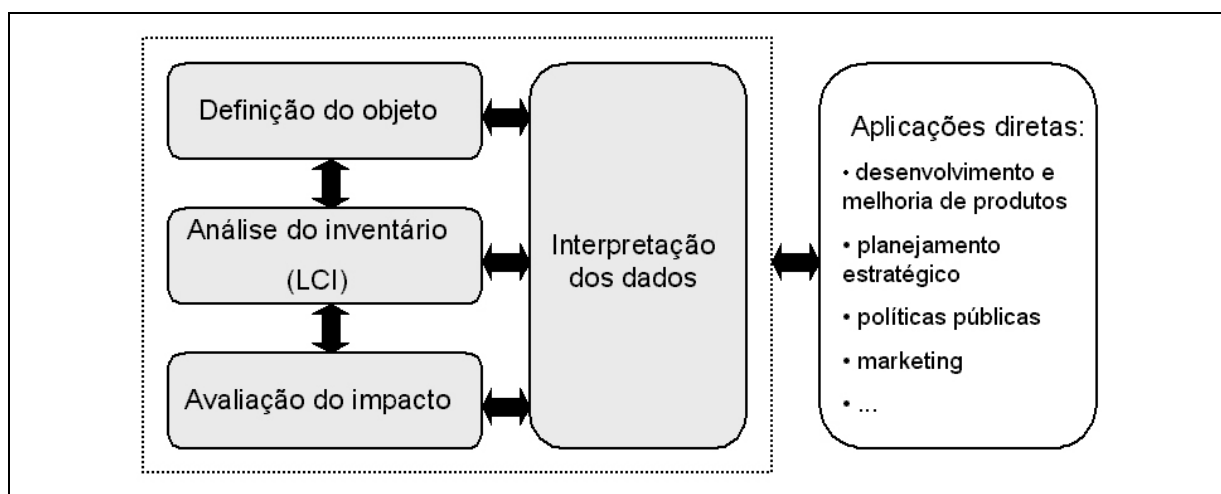


Figura 5: etapas da Análise do Ciclo de Vida (adaptado de: SILVA & SILVA, 2000).

2.4.1 Descrição das Etapas da ACV

A fase de **definição de escopo** explicita o objetivo do estudo, sua abrangência e profundidade. Esta fase envolve o estabelecimento de limites tecnológicos, geográficos e temporais necessários para garantir que a análise do sistema do produto em estudo atingirá o objetivo proposto para a avaliação (SILVA & SILVA, 2000).

No caso da aplicação da ACV para a comparação de produtos, é importante definir uma base de comparação entre diferentes alternativas. Esta base é chamada de “unidade funcional”, o que assegura que as unidades dos produtos comparados sejam equivalentes. (LIPPIATT, 2000). Por exemplo, deve-

se comparar 1 m² de parede acabada de gesso acartonado, com 1 m² de parede acabada de alvenaria, e não 1 painel de gesso com 1 bloco cerâmico (SILVA & SILVA, 2000).

A fabricação de qualquer produto envolve várias “unidades de processo”. Cada unidade de processo envolve muitos fluxos (entradas e saídas) de inventário, e algumas envolvem outras unidades de processamento subsidiárias (LIPPIATT, 2000). Assim, o número de fluxos a serem incluídos no inventário pode multiplicar-se rapidamente, podendo determinar a exclusão de fases que não gerem impactos significativos no processo. Desta forma, a coleta de dados durante a construção do inventário deve-se restringir aos fluxos que serão efetivamente utilizados na avaliação dos impactos (SILVA & SILVA, 2000).

Outra questão apontada é que os dados devem ser precisos, íntegros e representativos, para que se assegure a qualidade do resultado final da análise. Devendo, as fontes de dados e as variabilidades e incertezas na sua aquisição, serem especificadas na primeira fase do trabalho (ISO 14040 apud DRUSZCZ, 2002).

Na fase de **análise de inventário**, são estudados os fluxos de energia e materiais para a identificação e qualificação dos *inputs* (consumo de recursos naturais) e *outputs* (emissões para o ar, água e solo) ambientais, associados a um produto, durante todo o seu ciclo de vida (SILVA & SILVA, 2000). A figura 6 esquematiza como estes fluxos ocorreriam em uma unidade do processo produtivo.

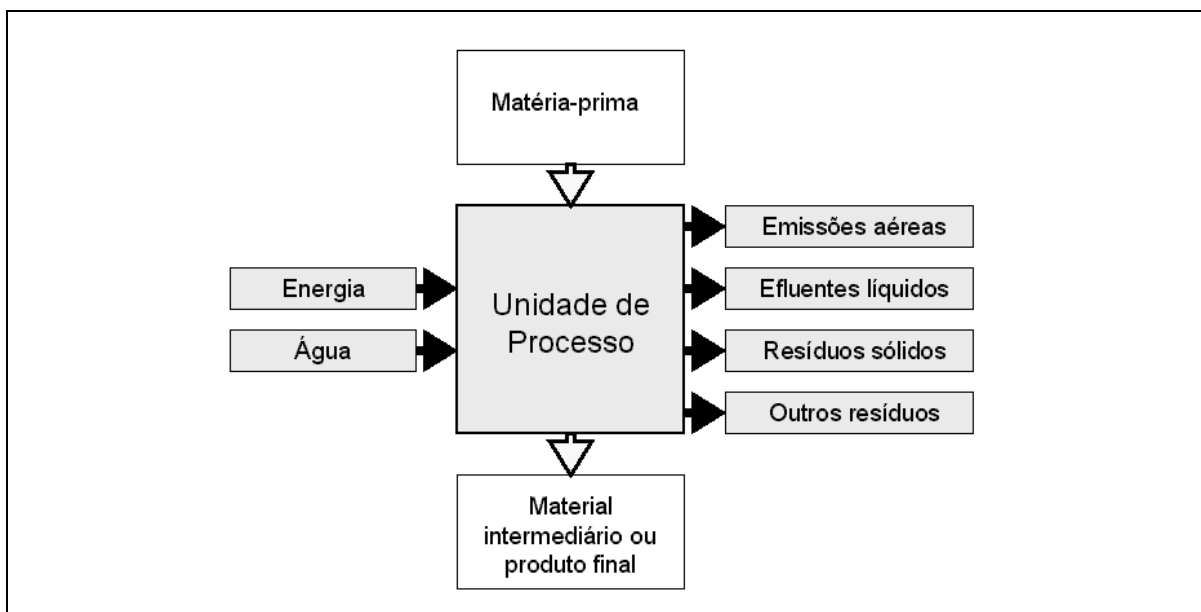


Figura 6: fluxos de uma unidade de processo (adaptado de: LIPPIATT, 2000).

Quanto à coleta de dados, Druszcz (2002) coloca que esta é a tarefa que mais consome tempo e recursos dentro de toda a ACV. Além disso, os dados podem não estar disponíveis, o que exigiria uma

suposição de valores; ou os dados existentes podem ser falhos, incompletos e não totalmente verdadeiros.

Estes dados podem ser obtidos de diversas fontes, como: normas técnicas, estatísticas ambientais, licenças ambientais, literatura técnica, informação interna das empresas, associações de classe, fornecedores reais ou potenciais e, ainda, de bancos de dados especialmente criados para fornecer informações necessárias à ACV. Druszcz (2002) coloca que a utilização de dados particulares de indústrias é uma das grandes dúvidas com que se defrontam os estudiosos da ACV. Porém, os especialistas dizem que estes dados geralmente são de melhor qualidade e mais confiáveis do que a maioria dos dados públicos disponíveis, o que conta pontos a favor desta prática.

A fase de **avaliação dos impactos** relaciona e quantifica a contribuição potencial de um fluxo, identificado na fase anterior, a uma série de impactos ambientais (LIPPIATT, 2000). Por exemplo, a etapa de avaliação de impactos deve relacionar a emissão de CO₂, um fluxo, ao aquecimento global, um impacto (SILVA & SILVA, 2000).

A fase de **interpretação de dados**, confronta os impactos resultantes com as metas definidas inicialmente (SILVA & SILVA, 2000). Esta fase acompanha todas as demais etapas, cada resultado obtido deve ser continuamente interpretado para permitir tomadas de decisão no decorrer da aplicação da ACV (GIBSON, 1997; UNEP, 2000).

2.4.2 Aplicações da ACV

A Análise do Ciclo de Vida vem sendo aplicada no setor da construção civil, tanto no Brasil como no exterior. Silva & Silva (2000) nos apresentam algumas das aplicações diretas e indiretas da ACV:

- a) avaliação de materiais de construção, para fins de melhorias de processo e produto ou informação a projetistas;
- b) certificação ambiental de produtos (eco-labelling);
- c) programas de suporte de decisão (DSS), que utilizam a ACV para medir ou comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil, como os softwares BEES (EUA) e Eco-Quantum (Holanda);
- d) esquemas de certificação ambiental de edifícios como BREEAM e BEQUEST (UK), REGENER (Europa), EcoProfile (Noruega), CBE (Suécia), BEPAC (Canadá), LEED e o Austin Green Builder Program (EUA);

- e) ferramentas computacionais de auxílio ao projeto como o TEAMTM for Buildings (França), GBC'98 (Canadá), ATHENATM (Canadá) e GBTool (EUA);
- f) instrumentos de informação aos projetistas, como The Green Building Digest (UK), Environmental Choice (EUA), Environmental Preference Method (Holanda), Catálogo, produzido pelo Politécnico de Milão (Itália).

Além dos exemplos citados, na Espanha, Carvalho Filho et al. (2002) realizaram uma análise comparativa entre dois sistemas estruturais propostos para a cobertura de um galpão industrial, um estruturado em pré-moldados de concreto protendido e outro com perfis metálicos de aço laminado. A metodologia utilizada é a ACV, através do emprego do programa computacional SimaPro.

No Brasil, já existem alguns trabalhos que se utilizam dos conceitos da ACV na construção civil, constituindo avanços no conhecimento da realidade local.

Mastella (2002) comparou os processos de produção de blocos cerâmicos e de blocos de concreto para serem utilizados em alvenaria estrutural, no Estado de Santa Catarina. A finalidade do trabalho é identificar qual dos produtos tem sua fase de produção menos impactante.

Druszcz (2002) utilizou a ACV para avaliar o desempenho ambiental do bloco cerâmico. O estudo foi feito para a cidade de Curitiba, onde foram consultadas quatro indústrias cerâmicas, uma construtora e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente. A partir da análise, foram identificadas as fases do ciclo de vida do bloco cerâmico que causam maiores impactos ambientais, destacando a importância da fase de produção dos mesmos.

A ACV, foi utilizada, também, para verificar os impactos ambientais da fase produção de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul, por Grigoletti (2001).

Barbosa & Ino (2001) baseiam-se na ACV para estabelecer indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento, avaliando diferentes aspectos (consumo de energia, produção de resíduos sólidos e emissões de CO₂), em cada etapa do processo. Segundo as autoras, a ACV permite verificar, em todos estágios da vida dos materiais, a relação do processo de produção com os impactos causados ao meio ambiente, além de possibilitar comparações entre diferentes materiais para construção.

3 A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

3.1 A CERÂMICA NA HISTÓRIA

A palavra cerâmica deriva do grego antigo, onde *keramos* significava coisa queimada (ABIKO, 1976 apud QUINTANA, 2000).

Segundo Verçoza (1987) a indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo devido à facilidade de fabricação e à abundância da matéria-prima, a argila.

Os assírios e os caldeus, com sua técnica apurada, utilizavam o tijolo cozido para obras monumentais, enquanto, na Pérsia, o tijolo era usado, principalmente, para casas populares. No Egito a pedra foi mais utilizada que o tijolo, mas, mesmo assim, os operários que trabalhavam na construção das pirâmides moravam em casas de tijolos secos ao sol. Os romanos, no período de seu domínio sobre o mundo, levaram seus conhecimentos cerâmicos a todas as partes, se bem que as alvenarias de tijolos eram, muitas vezes, recobertas e escondidas por gesso ou pedra. Porém, coube aos árabes revalorizar extraordinariamente este material, a ponto de seu uso caracterizar a arquitetura maometana (PETRUCCI, 1980).

Com o passar dos anos, os componentes cerâmicos foram assumindo formas e dimensões diversas, principalmente após a invenção da “máquina modeladora”, entre 1850 e 1860, por Frederico Schlickeysen, acionada por um cavalo e com produção de 1.500 peças por dia. A partir daí, começaram a ser produzidos os componentes cerâmicos vazados, com furos circulares, retangulares, triangulares etc., com o auxílio de uma máquina conhecida como extrusora (MITIDIERI & CAVALHEIRO, 1988).

A introdução de equipamentos mecanizados, a construção de fornos de grande capacidade de produção e melhor rendimento térmico, o aperfeiçoamento das técnicas de moldagem e a investigação científica dos fenômenos cerâmicos, foram os resultados mais importantes do século XX, onde o desenvolvimento da indústria cerâmica se caracterizou pela transição do artesanato para a produção mecanizada (GROSS, 1972).

No Brasil, a tecnologia cerâmica foi trazida pelos Portugueses na época do Império (IOSHIMOTO & THOMAZ, 1990). O processo de industrialização da cerâmica teve início no período de 1900 a 1940, com a instalação de empresas em São Paulo e Rio de Janeiro. Entre os principais produtos produzidos

por estas empresas destacam-se isoladores elétricos, louças de mesa, sanitários, azulejos, pastilhas de grês e porcelanas de mesa (PRACIDELLI, 1989 apud FERREIRA, 2002).

Com o aparecimento das estruturas metálicas e do concreto armado, o tijolo foi destituído da sua função estrutural, passando a ser utilizado como componente de vedação. O uso de blocos se desenvolveu visando a redução do peso próprio e a melhoria das qualidades de isolamento térmico da edificação. Mais tarde, na execução de lajes mistas, nas coberturas, nos pisos e recobrimento de paredes, os materiais cerâmicos foram se impondo e, em muitas destas aplicações, são ainda hoje absolutos (PETRUCCI, 1980).

Abiko (1988) coloca que os estudos arqueológicos de civilizações antigas, são, normalmente, baseados na identificação da origem e da data de fabricação de elementos cerâmicos, que, ao contrário de metais, madeiras e tecidos, permanecem praticamente com o aspecto da época de sua manufatura. E complementa que os materiais cerâmicos são largamente empregados na construção civil, devido a suas propriedades intrínsecas de resistência mecânica e durabilidade, pois são materiais quimicamente estáveis, não sendo atacados por agentes, que, normalmente, corroem e degradam os metais e os materiais orgânicos.

3.2 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO BRASIL

O segmento de cerâmica vermelha conta com cerca de 11.000 empresas, que em sua maioria são de micro ou de pequeno porte, com estrutura simples e familiar (ABC, 2002). Com uma média de 25 a 30 empregados, somam entre 250.000 a 300.000 empregados (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).

O setor de cerâmica vermelha movimenta em torno de 60 milhões de toneladas de matérias-primas ao ano, com reflexos nas vias de transporte e no meio ambiente. Seu raio médio de ação, quanto ao envio dos produtos, está em 250 km, a partir do qual o transporte se inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior, podendo estar nos 500 km, havendo casos de 700 km, para telhas especiais (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).

Calcula-se que o valor da produção anual de cerâmica vermelha pode estar ao redor de US\$ 2.500 milhões. Essa renda fica nos locais de produção, com alto significado social na criação de empregos, ao propiciar a construção em geral, principalmente moradias (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).

No Brasil há uma grande concentração de indústrias de todos os segmentos cerâmicos nas regiões Sudeste e Sul, por apresentarem maior densidade demográfica, maior atividade industrial e agropecuária, melhor infra-estrutura e melhor distribuição de renda. Associados a estes fatores, podem ser encontradas facilidades na disponibilidade de matérias-primas e energia, bem como existe a

contribuição de estudos realizados em centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas (ABC, 2002).

A fabricação de blocos e telhas cerâmicos tem sido realizada desde longa data; entretanto, as inovações tecnológicas introduzidas no processo produtivo e no controle de qualidade, ao longo do tempo, foram poucas, quando comparadas a outros setores industriais, sendo que as mudanças geralmente resultam de tentativas e erros. Nestas indústrias, a aplicação de conceitos científicos não foi muito difundida por diversas razões, sendo a pequena relação entre o custo da matéria-prima e o preço do produto acabado uma das mais determinantes. No entanto, nos últimos anos, a necessidade da racionalização no consumo de energia nessas indústrias, a necessidade cada vez maior da mecanização dos processos e também a competitividade de outros setores industriais, que produzem componentes sucedâneos aos cerâmicos, induzem a uma mudança de filosofia, de forma a aprimorar o processo produtivo e o controle da qualidade. O objetivo da produção e controle não é a qualidade individual de cada produto, mas sim a produção padronizada de artigos vendáveis em larga escala; o incentivo vem aumentando, não em decorrência do aumento do preço do produto, mas devido à manutenção de custos operacionais baixos e pela eliminação de perdas, fazendo com que aumente a produtividade na indústria (MITIDIARI & IOSHIMOTO, 1988).

3.3 CARACTERÍSTICAS DA INDÚSTRIA CERÂMICA NO RIO GRANDE DO SUL

Segundo informações obtidas junto ao Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul - SIOCERGS, estima-se que existam cerca de 1.200 indústrias no Estado, das quais apenas 729 estão cadastradas e somente 131 são realmente associadas ao Sindicato. A figura 7 mostra a distribuição das 729 indústrias pelo território estadual.

O Siocergs agrupa as indústrias do Estado em 22 regiões. O Apêndice A indica quais são estas regiões, a quantidade de indústrias cadastradas em cada uma destas, e as cidades pertencentes a cada região.

Com o intuito de esclarecer a questão a respeito do número de indústrias cerâmicas, foram enviados e-mails aos 497 municípios do Estado, pertencentes a Federação das Associações dos Municípios do Estado do Rio Grande do Sul – FAMURGS, no período de setembro a dezembro de 2002. O número de respostas obtidas foi de 78, o que corresponde a um percentual de 15,69% do universo.

Além de um cabeçalho, contendo informações sumárias a respeito desta pesquisa e da Instituição realizadora, o e-mail continha 4 questões, reproduzidas a seguir.

1- *A Prefeitura Municipal possui um cadastro das indústrias de cerâmica vermelha existentes no município?*

sim não, então passar para a questão 4

2- *Qual é o número de indústrias cerâmicas de que a Prefeitura tem conhecimento, segundo o cadastro municipal?*

3- *Se possível, qual é o porte destas indústrias cerâmicas? (Coloque entre parênteses o número de indústrias cerâmicas pertencentes a cada grupo).*

indústrias cerâmicas de pequeno porte, com produção de até 100 mil peças/mês

indústrias cerâmicas de médio porte, com produção de 100 a 300 mil peças/mês

indústrias cerâmicas de grande porte, com produção de 300 mil peças/mês a 1.000.000 peças/mês

4- *Se não existem indústrias cerâmicas no município, qual a procedência dos tijolos, blocos e telhas cerâmicos? (Informar a cidade ou distância).*

A Figura 8 compara o número de indústrias existentes nos municípios que responderam à pesquisa, com as informações cadastradas junto ao SIOCERGS. Considerando somente os municípios que responderam à pesquisa, o SIOCERGS aponta, nestes municípios, um universo de 119 indústrias. Porém, considerando as respostas obtidas junto aos municípios, chegamos a um número de 210 indústrias, uma diferença, pois, de 91 indústrias.

Além dos municípios que se encontram na figura 8, os municípios de Alecrim, André da Rocha, Barra Funda, Bom Jesus, Camargo, Capela de Santana, Coronel Barros, Floriano Peixoto, Jaguarão, Marcelino Ramos, Nova Alvorada, Nova Bassano, Nova Boa Vista, Nova Pádua, Nova Petrópolis, Passo do Sobrado, Santa Bárbara do Sul, São José do Hortêncio, São Vendelino, Sede Nova, Tapera, Torres, Três Coroas, Tucuruço, Tupandi, Unistalda, Vale Verde e Vista Gaúcha responderam à pesquisa, informando que não havia nenhuma indústria cerâmica no cadastro municipal, confirmando os dados do cadastro do SIOCERGS.

Se projetarmos estes resultados sobre o número de 729 indústrias cadastradas no SIOCERGS, chegaremos a um número estimado de 1.286 indústrias, em todo o Estado.

Os dados complementares obtidos com o envio dos e-mails, relativos ao porte das indústrias e à origem dos produtos de cerâmica vermelha, nas localidades onde não existem indústrias cerâmicas, são encontrados no Apêndice B.

Alguns estudos sobre a indústria cerâmica já foram desenvolvidos no Estado. Langhans (1991) realizou uma pesquisa onde foram consultadas 1689 indústrias do Rio Grande do Sul, onde 1442 eram micro-empresas e 247 registradas como empresas. Foram abordados aspectos referentes às matérias-primas, ao consumo de energia, organização das empresas, mercado consumidor, entre outros. Como conclusões, a autora aponta que o setor demonstra ser conservador em relação aos seus produtos e tecnologia utilizada, e o sistema organizacional, de controle e financeiro, é característico das pequenas e médias empresas, necessitando ser desenvolvido e ampliado.

Santos et al. (1995), em visita a 22 indústrias cerâmicas do Vale do Rio dos Sinos, constataram que, em geral, estas utilizavam procedimentos artesanais e equipamentos obsoletos, fazendo-se necessária a implantação de um sistema produtivo mais moderno, bem como a disseminação de treinamentos, cursos e seminários junto às empresas, para assegurar maior produtividade, competitividade e qualidade dos produtos cerâmicos.

Também o SENAI (2000) enviou questionários a cerca de 800 empresas, localizadas por todo o território gaúcho. Somente 72 retornaram os questionários, constituindo uma amostra de 9,0% do total de empresas cadastradas no SIOCERGS, na época. Foram abordados aspectos referentes a recursos humanos (porte e número de funcionários, escolaridade, existência de técnicos), características de produção (percentual de perdas, realização de sazonalidade, tipos de argila, preparação da massa, métodos de secagem, tipos de fornos e tempo de queima), nível técnico e tecnológico (utilização de ensaios laboratoriais, realização de pesquisas, auto-avaliação do desenvolvimento tecnológico, problemas do cotidiano), matérias-primas (consumo mensal e procedência) e linha de produtos.

Existem variadas pesquisas de avaliação da matéria-prima utilizada nas indústrias de cerâmica e dos produtos acabados. Santos et al. (1994) realizaram ensaios com a argila, com tijolos e com blocos de 22 indústrias cerâmicas da Região do Vale do Rio dos Sinos. Santos et al. (1996) analisaram 5 amostras de misturas de argilas, provenientes da Região Metropolitana de Porto Alegre. Quintana (2000) coletou e analisou amostras de tijolos e blocos e da matéria-prima para a sua confecção, em 38 indústrias distribuídas nos municípios de Bagé, Hulha Negra, Candiota, Pedro Osório e Cerrito. Ferreira (2002) analisou 64 amostras de produtos de cerâmica vermelha, como tabelas, blocos de vedação e estrutural, tijolos maciços e telhas, na Região de Santa Maria.

Recentemente, Grigoletti (2001) realizou uma pesquisa com 8 indústrias do Estado, onde foram caracterizados os seus impactos ambientais, identificando práticas favoráveis e desfavoráveis ao meio ambiente, relativo a extração de matéria-prima, fonte energética, geração de resíduos, emissões de CO₂, recursos humanos e produto acabado. Os resultados são apresentados, de forma resumida, na figura 9

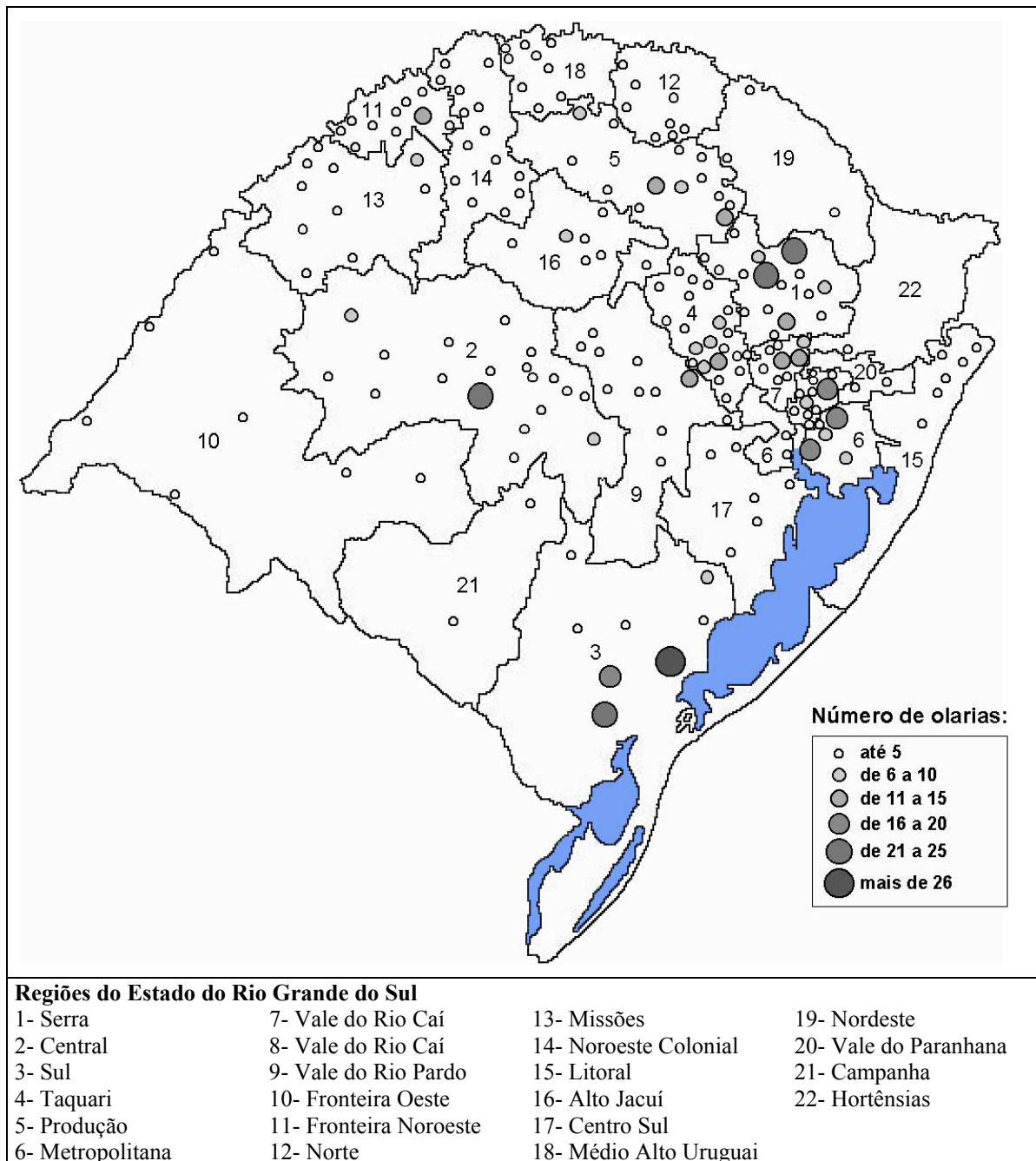


Figura 7: distribuição pelo Estado das indústrias de cerâmica vermelha cadastradas (baseado em dados fornecidos pelo SIOCERGS).

Município	nº de ind. cadastradas no SIOCERGS	nº de ind. informadas pelos Municípios	Diferença
1. Água Santa	03	05	+ 02
2. Alto Alegre	01	01	0
3. Arvorezinha	03	03	0
4. Bagé	01	01	0
5. Barros Cassal	-	01	+ 01
6. Bento Gonçalves	03	-	- 03
7. Cachoeira do Sul	06	06	0
8. Campina das Missões	01	02	+ 01
9. Carazinho	01	01	0
10. Carlos Barbosa	02	01	- 01
11. Crissiumal	01	-	- 01
12. Derrubadas	-	01	+ 01
13. Dona Francisca	-	01	+ 01
14. Fagundes Varela	02	02	0
15. Gentil	-	03	+ 03
16. Giruá	06	27	+ 21
17. Gramado	01	-	- 01
18. Ibirapuitã	-	13	+ 13
19. Ijuí	02	23	+ 21
20. Itaqui	01	-	- 01
21. Jóia	-	01	+ 01
22. Marques de Souza	01	05	+ 04
23. Mato Leitão	01	01	0
24. Não-Me-Toque	01	01	0
25. Nova Roma do Sul	01	01	0
26. Novo Cabrais	01	01	0
27. Paim Filho	-	01	+ 01
28. Panambi	01	-	- 01
29. Paraíso do Sul	01	01	0
30. Pareci Novo	01	01	0
31. Pejuçara	01	01	0
32. Porto Lucena	01	02	+ 01
33. Progresso	-	02	+ 02
34. Redentora	-	01	+ 01
35. Rio Pardo	03	07	+ 04
36. Salvador do Sul	01	-	- 01
37. Santa Rosa	05	12	+ 07
38. Santo Augusto	01	02	+ 01
39. Santo Cristo	01	02	+ 01
40. São Leopoldo	07	06	- 01
41. São Marcos	-	10	+ 10
42. São Miguel das Missões	-	01	+ 01
43. São Pedro da Serra	02	02	0
44. São Sepé	05	04	- 01
45. Segredo	03	02	- 01
46. Sinimbu	01	01	0
47. Vale Real	10	18	+ 08
48. Venâncio Aires	11	05	- 06
49. Vera Cruz	02	01	- 01
50. Vila Flores	23	27	+ 04
Total	119	210	+91

Figura 8: comparação do número de indústrias informado pelos próprios municípios com o número cadastrado no SIOCERGS.

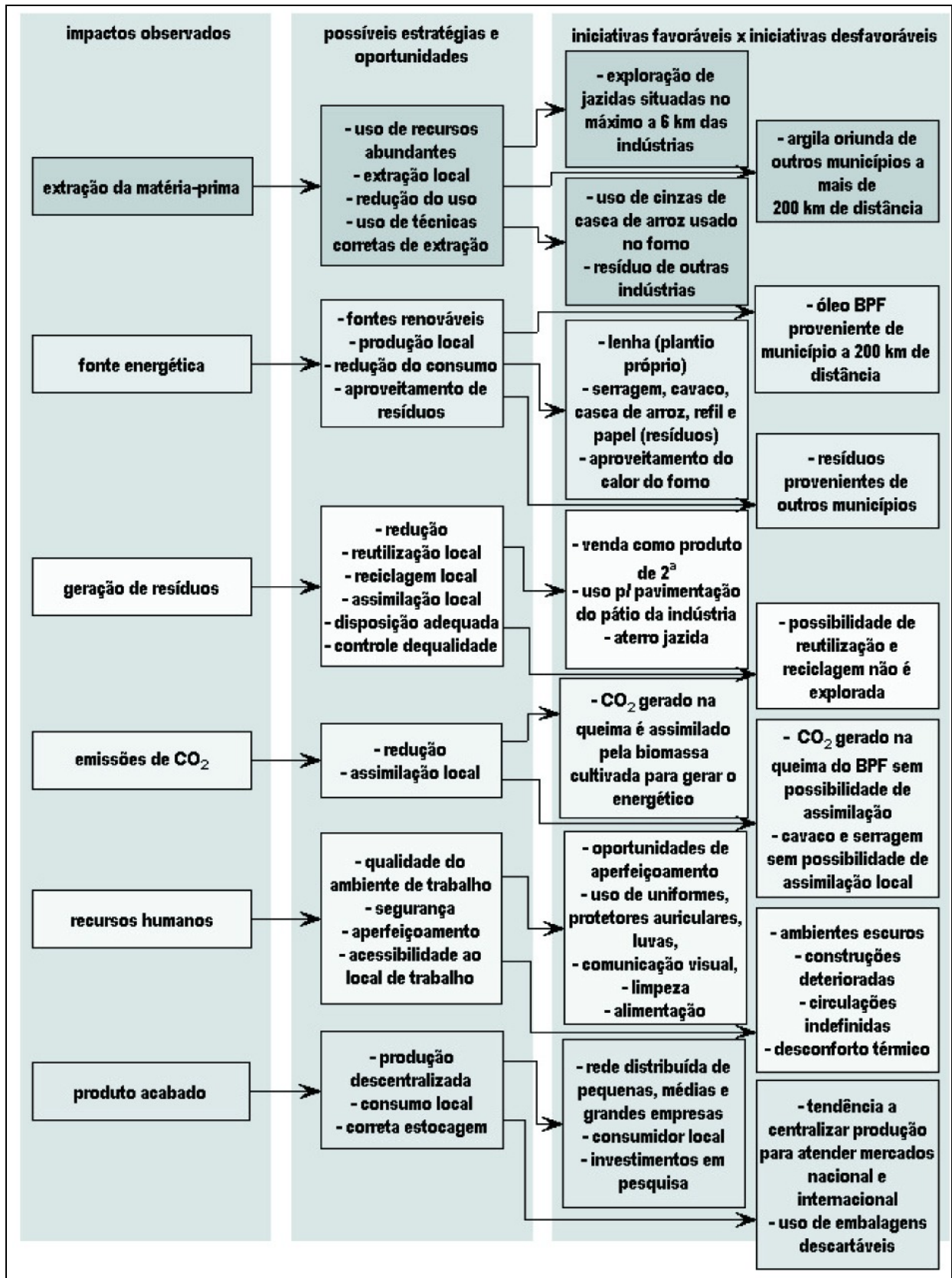


Figura 9: práticas das indústrias cerâmicas favoráveis e desfavoráveis ao meio ambiente (fonte: GRIGOLETTI, 2001).

3.4 CONCEITUAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Segundo Toffoli (1997) a definição de cerâmica adotada pela Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), baseada na American Ceramic Society, é a seguinte: “cerâmica é a arte, ciência e tecnologia de fabricar e usar peças sólidas, que têm como componentes essenciais e são constituídas em grande parte por materiais inorgânicos não-metálicos, denominados materiais cerâmicos”. Os materiais cerâmicos compreendem todos materiais inorgânicos (exceto metais e ligas), que são utilizados geralmente após tratamentos térmicos em temperaturas elevadas.

O setor cerâmico é amplo e heterogêneo, fato que favorece a sua divisão em sub-setores ou segmentos, em função de diversos fatores, como: matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, em geral, a ABC (2002) adotada a seguinte divisão: cerâmica vermelha; cerâmica ou materiais de revestimento; cerâmica branca; materiais refratários; isolantes térmicos; fritas e corantes; abrasivos; vidro, cimento e cal; cerâmica de alta tecnologia ou cerâmica avançada.

Para Toffoli (1997) a cerâmica vermelha ou estrutural, também recebe a denominação de cerâmica tradicional (clássica ou convencional), apresentando como seus produtos: tijolos maciços, tijolos furados, blocos cerâmicos, manilhas, telhas, ladrilhos e pisos de corpo vermelho. Apesar de não apresentarem função estrutural, mas por possuírem corpo vermelho, também estão incluídas na categoria da cerâmica vermelha peças utilitárias, como: talhas, maringas e filtros. Por terem um preço de venda baixo, geralmente, os produtos de cerâmica vermelha são fabricados com uma única argila, em temperaturas de queima que oscilam de 900 a 1200°C, conforme composição de argila utilizada como matéria-prima. O autor acrescenta que as características desejadas dos produtos finais são variáveis, dependendo da sua utilização. Por exemplo, os tijolos e blocos devem apresentar alguma porosidade, para melhorar a aderência da argamassa e favorecer as propriedades de isolamento termo-acústico; enquanto as telhas devem apresentar boa impermeabilidade.

Cabe ainda definir tijolos, blocos e telhas, já que esta dissertação trata dos impactos ambientais ligados à produção destes componentes.

Tijolos – A Norma NBR 7170/83 – Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria – Especificações, define tijolo maciço como aquele que possui todas as faces plenas de material, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área. São fabricados com argila, conformados por extrusão ou prensagem, queimados à temperatura que permita ao produto final atender às condições daquela Norma. Os tijolos maciços se classificam em comuns e especiais.

Blocos – A Norma NBR 7171/92 – Bloco Cerâmico para Alvenaria - Especificações, define bloco como o componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contêm. São fabricados, basicamente, com argila, conformados por extrusão e queimados

a uma temperatura que permita ao produto atender às especificações das Normas da ABNT. Os blocos podem ser:

Blocos de vedação – não têm a função de suportar outras cargas, além da do seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação (prateleiras, lavabos, etc).

Blocos estruturais – são projetados para suportarem outras cargas verticais, além da do seu peso próprio, compondo o arcabouço estrutural da edificação.

Telhas – Atualmente são normatizadas pela ABNT as telhas tipo Capa e Canal (Colonial, Paulista e Plan), Francesa ou Marselhesa, e a Romana. Segundo Petrucci (1980), as telhas devem apresentar as seguintes características de qualidade: regularidade de forma e dimensões; arestas finas e superfícies sem rugosidades (para facilitar o escoamento das águas); homogeneidade de massa, com ausência de trincas, fendas, etc.; cozimento parelho; fraca absorção de água e impermeabilidade; peso reduzido; e resistência mecânica à flexão adequada, mesmo na condição saturada de água. As telhas podem ter acabamento natural ou esmaltado (vidrado) (SANTOS & SILVA, 1995).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (NBR 6502/95), as argilas são compostas por partículas de diâmetro inferior a 0,002 mm, com alta plasticidade, quando úmidas, e que, quando secas, formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos (QUINTANA, 2000).

A composição mineralógica das argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha é uma mistura de caulinita, illita ou montmorilonita e outros minerais como quartzo, mica, compostos de ferro, piritas, sulfetos, carbonatos, sais solúveis e matéria orgânica (SANTOS, 1989).

Os argilominerais são uma mistura de caulinita, illita e/ou montmorilonita (SANTOS & SILVA, 1995), estes resultam da desagregação do feldspato, das rochas ígneas, por ação da água e gás carbônico. Como as rochas ígneas e os feldspatos são de diversos tipos, há, também, diversos tipos de argilominerais. Ocorrem, então, depósitos de natureza extremamente variada, não existindo duas jazidas de argila rigorosamente iguais. Às vezes, há diferenças acentuadas numa mesma jazida (VERÇOZA, 1987).

As argilas também contêm proporções variadas de matéria orgânica. Em pequenas quantidades este material contribui para maior plasticidade das argilas, facilitando a moldagem, e para o aumento da resistência mecânica das peças a cru. Porém, quando em excesso, pode causar trincas na secagem e na queima, devido à contração (MOTTA ET AL., 2001; MÜLLER et al., 1990 apud QUINTANA, 2000).

Segundo Motta et al. (2001), a composição granulométrica das massas, e seus respectivos campos de aplicação são, previstos no Diagrama de Winkler, na figura 10.

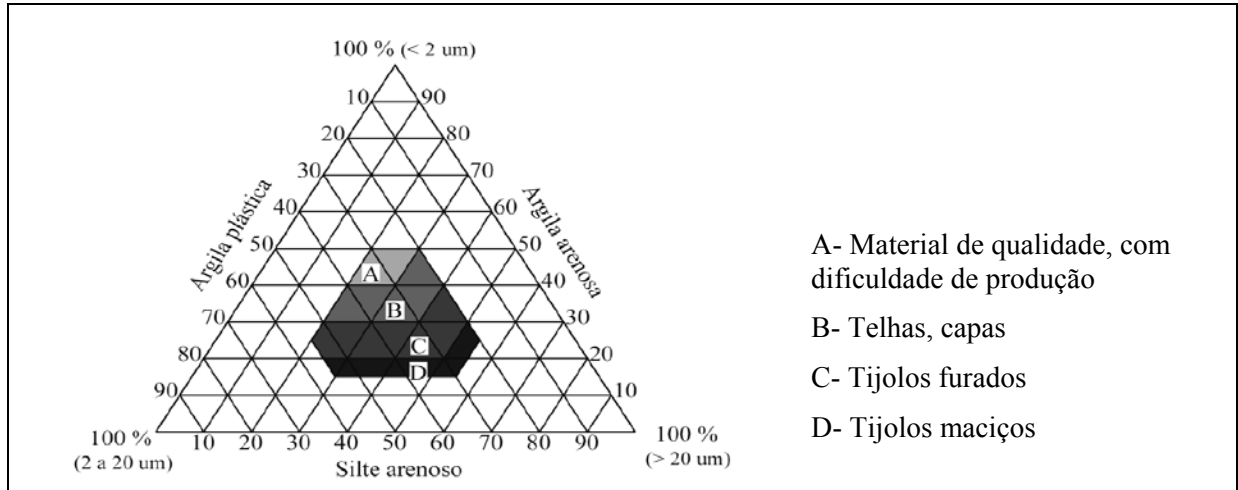


Figura 10: aptidão das massas de cerâmica vermelha, segundo a composição granulométrica, conforme diagrama de Winkler (fonte: PRACIDELLI & MELCHIADES, 1997 apud MOTTA et al., 2001)

As características essenciais das argilas são determinadas pela plasticidade, pela capacidade de absorção e cessão de água, e pelo seu comportamento ao calor: alteração de volume durante a secagem e o cozimento. As características secundárias são determinadas pela fusibilidade, porosidade e cor (PETRUCCI, 1980).

A argila a ser utilizada em uma indústria de cerâmica vermelha deve satisfazer uma série de especificações, definidas pelo seu provável uso, devendo ser realizados ensaios para conhecimento de suas características físico-químicas. Os ensaios utilizados podem ser expeditos ou tecnológicos. Os primeiros são executados na própria olaria, sem equipamentos especiais. Os resultados obtidos são mais rápidos, porém menos confiáveis. Os tecnológicos são normalizados, executados em laboratórios e são suficientes para especificar as condições de processamento da argila (SANTOS & SILVA, 1995).

Apesar de existirem métodos para realizar a mistura de forma adequada, observa-se que, na prática ceramista, a utilização da classificação granulométrica da massa é empírica, baseada na experiência do cerâmico prático, fator que dificulta a padronização e a transferência do saber cerâmico (MOTTA ET AL., 2001)

3.5 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO

O fluxograma da figura 11 mostra, de forma esquemática, o processo produtivo de fabricação de tijolos e blocos. A seguir, cada etapa é descrita.

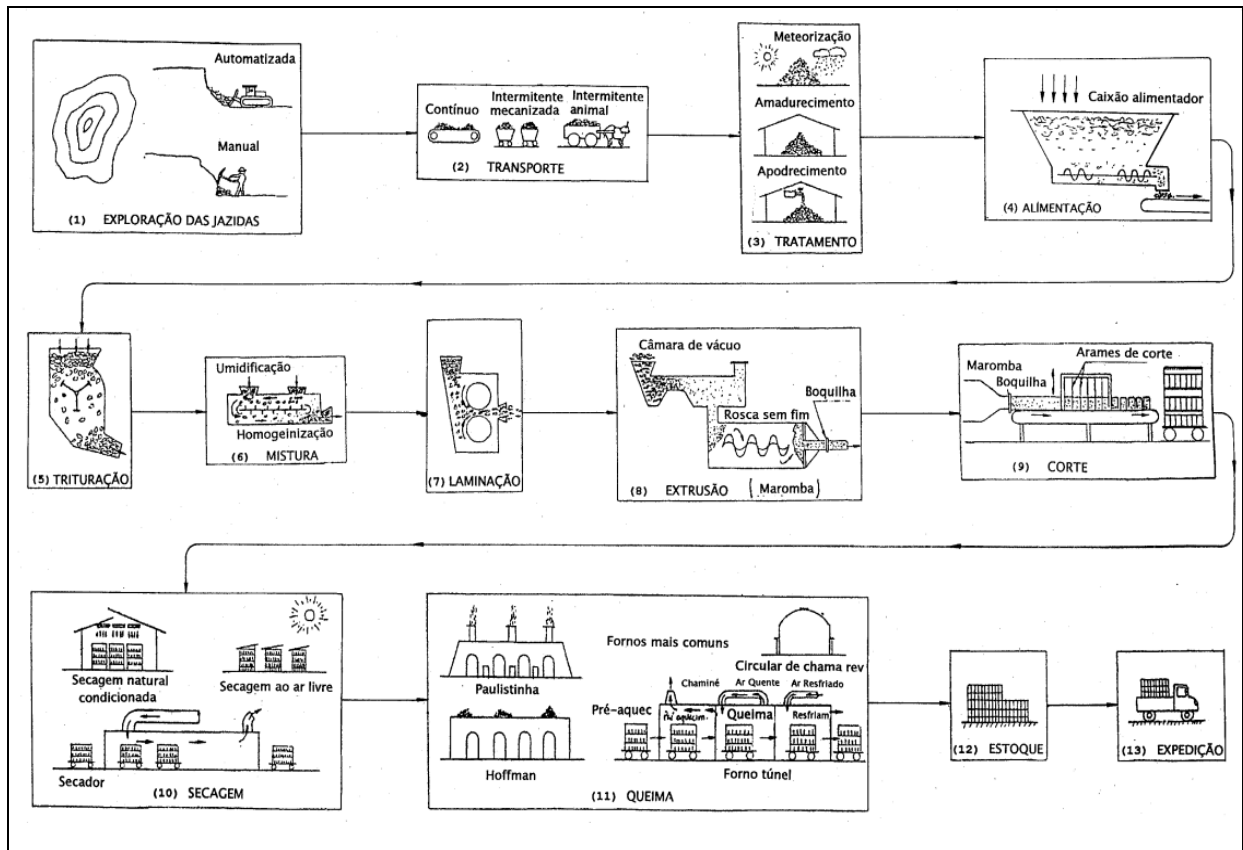


Figura 11: fluxograma do processo produtivo brasileiro (fonte: TAVARES & GRIMME, 2002).

3.5.1 Extração da Argila

Quando se tem em vista a exploração de uma jazida de argila, deve-se inicialmente fazer um estudo completo das características do material que se vai explorar e do volume de que se poderá dispor. Qualitativamente, o estudo do material será feito quanto à sua composição - teor em material argiloso - pureza e características físicas. A apreciação do material irá até o seu comportamento sob secagem e cozimento. Este estudo inicial é importante, pois dirá quais os produtos que se poderão obter com a matéria-prima, quais as eventuais correções que deverão ser feitas e, finalmente, qual o equipamento a ser empregado (PETRUCCI, 1980).

Os meios auxiliares de que se poderá dispor, para a extração das argilas, vão, desde o equipamento rudimentar como pás, picaretas, carros de mão, até equipamento mecanizado de grande produção, como retroscavadoras, tratores, etc. (PETRUCCI, 1980). As figuras 12 e 13 ilustram duas jazidas de extração de argila.

A argila é transportada para a indústria cerâmica mecanicamente ou até por tração animal (TAVARES & GRIMME, 2002).



Figura 12: extração de argila com sistema rotativo, realizada por indústria de pequeno porte, em Nova Hartz.



Figura 13: ao fundo, jazida de extração de argila, pertencente à indústria de grande porte, município de Gravataí.

3.5.2 Processos de Tratamento da Argila

Segundo Tavares e Grimme (2002), os processos de tratamento da argila mais utilizados são: meteorização, amadurecimento e apodrecimento.

Petrucci (1980) descreve estes processos naturais de tratamento da matéria-prima como:

Meteorização ou Sazonamento- o processo consiste em submeter a argila recém extraída à ação de agentes atmosféricos. A argila é disposta em camadas alternadas, com um desengordurante, cada conjunto com espessura total de 80 cm. Sob a ação das chuvas, o material sofre lavagem e desagregação, dissolvem-se e se eliminam os sais solúveis, eliminando-se as piritas, por oxidação e posterior dissolução, e desagregam-se os torrões maiores. Com isto é melhorada a qualidade das argilas. Trata-se de um processo rudimentar, de baixo custo, que exige, no entanto grandes áreas próximas à indústria cerâmica, com a conseqüente imobilização de capital.

Amadurecimento- a argila é deixada em repouso, ao abrigo das intempéries, num prazo de tempo ditado pela experiência, normalmente 24 horas, na preparação das pastas para fabricação de tijolos e telhas. O processo propicia distribuição mais uniforme da umidade na pasta.

Apodrecimento- consiste em deixar a pasta em ambientes abrigados e frios, sem circulação de ar e com pouca luz, procurando-se manter a pasta com umidade constante. Julga-se que, nestas condições, desenvolvem-se bactérias que segregam as substâncias que atuam como aglomerantes aumentando a plasticidade das argilas, facilitando, portanto, a moldagem.

A figura 14 mostra o depósito de argilas de uma indústria de grande porte em Candelária. A indústria utiliza 6 tipos de argilas, que permanecem neste local até a realização da mistura.



Figura 14: depósito de argilas.

Posteriormente se segue a fase de **alimentação**, que pode ser feita através de um único caixão alimentador, se é utilizada somente um tipo de argila ou quando a dosagem ocorre na formação das camadas em estoque. Para o caso de dois ou mais tipos de argilas estocadas isoladas, a alimentação ou dosagem é feita através de silos/caixões, com regulagem de aberturas portões e velocidade de correias, que garantem a proporção adequada de materiais (QUINTANA, 2000).

Na etapa de **trituração** são triturados os torrões e eliminados os pedregulhos. Na **homogeneização** é adicionada água à matéria-prima desintegrada, para se obter a plasticidade necessária à extrusão (TAVARES & GRIMME, 2002).

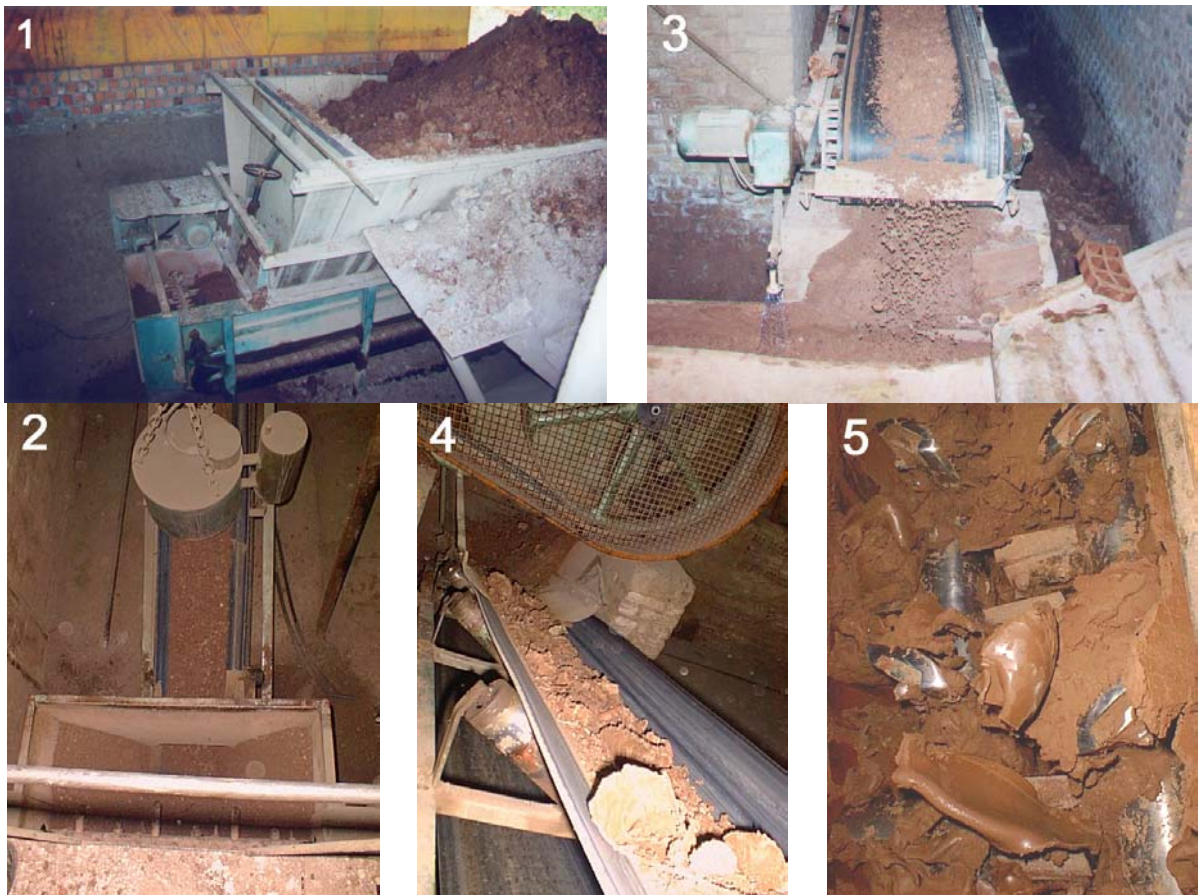


Figura 15: fase de alimentação (1), trituração (2), homogeneização (3), laminação (4) e na etapa seguinte, de extrusão (5).

Após a etapa de homogeneização, a massa é levada para um equipamento denominado laminador-desintegrador, constituído de dois cilindros de aço duro, que giram em sentidos opostos e com velocidades diferentes. A finalidade da etapa de **laminação** é fazer com que a massa seja laminada, reduzindo o tamanho dos torrões de argila e impurezas (areia, pedrisco) e, também, garantindo uma perfeita distribuição da água em todo o material, para que a massa a ser extrudada seja a mais homogênea possível (SANTOS & SILVA, 1995). As etapas descritas são ilustradas na figura 15.

3.5.3 Moldagem

A moldagem ou conformação das peças é feita em uma *maromba*, também denominada extrusora (SANTOS & SILVA, 1995). Nesta máquina a massa é forçada a passar através de uma chapa perfurada, para uma câmara a vácuo. Depois, é forçada, novamente, a passar por uma matriz de aço (boquilha) onde a massa recebe a seção da forma desejada (TAVARES & GRIMME, 2002).

Atualmente, não se concebe o uso de maromba sem vácuo. Esse é de fundamental importância para eliminar o ar da massa, melhorar a plasticidade e, principalmente, permitir a moldagem com um mínimo de água necessário (SANTOS & SILVA, 1995).

Quanto maior o teor de água de amassamento, mais demorado e oneroso é o processo de secagem e maior a contração de secagem. E quanto maior a retração, maior é a ocorrência de deformações, trincas e quebras de peças. A quantidade de água de amassamento varia em função das características das argilas e do tipo da extrusora. A faixa aceitável para as máquinas nacionais situa-se entre 18 e 25% de água em relação ao peso úmido da massa (SANTOS & SILVA, 1995).

A barra contínua de material extrudado é cortada manual (figura 16) ou automaticamente (figura 17), em dimensões padronizadas para cada tipo de produto. No caso de telhas, segue-se a etapa de prensagem, ilustradas nas figuras 18 e 19 (TAVARES & GRIMME, 2002).



Figura 16: fase de extrusão manual, em indústria de pequeno porte, Barão.



Figura 17: fase de extrusão automatizada, em indústria de grande porte, Esteio.



Figura 18: corte da barra extrudada, para a fabricação de telhas.



Figura 19: fase de prensagem, Bom Princípio.

3.5.4 Secagem

As peças saem da fase de moldagem com teor de umidade de até 30%. Assim, é fundamental baixar esta umidade para menos de 3%, para o início do processo de queima (cozimento). O ideal é levar o produto a 1%, ou menos, de umidade. Peças com umidade acima de 3% fazem com que a operação de cozimento, tenha que ser executada com extremo cuidado, principalmente no estágio inicial (aquecimento), para evitar lascamentos, quebras e deformações das peças (SANTOS & SILVA, 1995).

Durante a secagem, evapora a água livre, permanecendo no material uma umidade de equilíbrio, ou seja, aquela capaz de provocar uma tensão de vapor igual à existente no ar ambiente, nas suas condições de temperatura e grau higrométrico. O mecanismo total da secagem é exatamente uma evaporação da umidade na superfície do material, seguida de uma difusão de umidade das zonas internas, de maior concentração, para as externas, de menor concentração. Estes dois fenômenos, evaporação superficial e difusão interna através da peça, devem ser realizados simultaneamente, até que se interrompa a secagem ou até o final da mesma (PETRUCCI, 1980).

Segundo Santos & Silva (1995) o processo de secagem pode ser realizado basicamente de duas maneiras, natural e artificial.

Secagem natural – as peças são colocadas em prateleiras, em grandes galpões cobertos, sendo secas naturalmente pelo ar ambiente. Traz muitos inconvenientes, como a exigência de muita área coberta, dificuldade na movimentação de materiais, excesso de mão-de-obra, além de tornar difícil o controle da secagem, pela dependência das condições climáticas. A figura 20 mostra uma das indústrias que utiliza a secagem natural. No exemplo, as peças são colocadas e retiradas com o auxílio de esteiras.

Secagem artificial – é realizada em câmaras de alvenaria comum e pode ser realizada de forma contínua ou intermitente. Neste processo, o primeiro estágio da operação é de aquecimento das peças com ar quente e saturado de umidade. A finalidade desse estágio é aquecer as peças, sem que elas percam a água livre. A seguir, o ar quente e úmido vai paulatinamente sendo substituído por ar quente e seco, até que toda a umidade seja extraída do material. A operação dura de 24 a 30 horas, contra os vários dias, e até semanas, da secagem natural. A figura 21 ilustra a secagem artificial.

No Estado de Pernambuco, por exemplo, o secador predominantemente utilizado no setor de cerâmica vermelha é do tipo câmara, onde o ar ou os gases quentes da fornalha auxiliar ou ainda de recuperação dos fornos, é introduzido por canais, ao longo do piso ou teto, e recirculado internamente, por meio de ventiladores axiais de recirculação montados nas paredes laterais. As câmaras têm capacidade para secar de 10.000 e 30.000 tijolos, em um ciclo de 24 a 48 horas, dependendo do tipo de argila, umidade de secagem e temperatura do ar de alimentação. O consumo médio é de 0,5 m³ de lenha por milheiro, para uma umidade de enforna de 22% (SUDENE/ITEP, 1988).

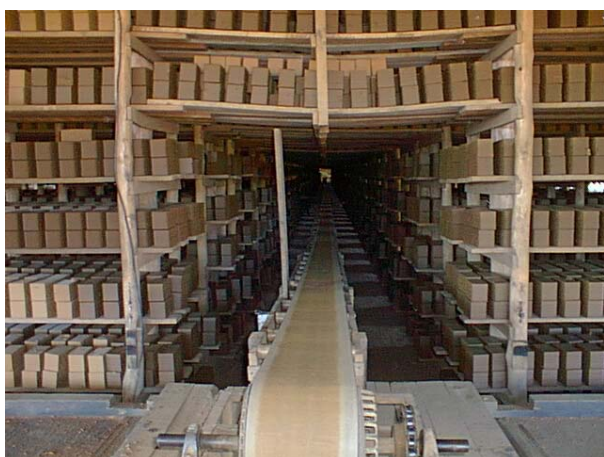


Figura 20: secagem natural, em Vila Flores.



Figura 21: secagem artificial, em Candelária.

3.5.5 Queima

A operação de cozimento é a que dá ao material as propriedades adequadas ao uso: dureza, resistência mecânica, resistência à água, às intempéries, e mesmo a agentes químicos (SANTOS & SILVA, 1995).

A seguir, são descritas as transformações que ocorrem durante o processo de queima.

Até 100°C, ou pouco mais, ocorre a eliminação da água livre (ou mecânica). Até, em torno de, 200°C dá-se a eliminação da água intersticial (dos poros), que permanece intercalada entre as partículas dos argilominerais. Entre 350°C e 600°C ocorre a combustão de substâncias orgânicas contidas na argila e a dissociação de compostos sulfurosos. Entre 450°C e 650°C dá-se a decomposição das argilas, com

liberação da água de constituição, sob forma de vapor. Em torno de 570°C dá-se a transformação do quartzo. A partir de 700°C verifica-se a reação química da sílica e alumina com os elementos fundentes, dando lugar à formação de sílico-aluminatos complexos. Entre 800°C e 950°C os carbonatos se decompõem, liberando CO₂. Acima de 1000°C ocorre a sinterização do material, proporcionando peculiar dureza e compactação (FURNATI et al., 1980 apud QUINTANA, 2000).

De acordo com Santos (1989), as temperaturas de queima oscilam entre 950°C e 1.250°C, conforme a natureza da argila, do produto cerâmico e do forno utilizado, e as condições econômicas locais. Para Motta et al.(2001), a temperatura de queima para blocos varia de 800°C a 900°C, enquanto, para telhas varia entre 900°C e 1000°C.

3.5.5.1 Tipos de Fornos

A queima de produtos de cerâmica pode ser feita em diversos tipos de fornos. No setor de cerâmica vermelha, os mais utilizados são os intermitentes (abóboda, paulistinha, plataforma, etc.), os semicontínuos (Hoffmann) e os contínuos (túnel) (TAPIA et al., 2000).

Fornos intermitentes – Podem ser de calor ascendente ou descendente, devendo ser cozido um lote de cada vez. Os fornos intermitentes apresentam muitos inconvenientes, como o elevado consumo de combustível e de mão-de-obra, e o desgaste da estrutura, devido às variações sucessivas de calor e frio, que desgastam as paredes. Apresentam, porém, vantagens como o baixo custo de instalação e a facilidade de execução (VERÇOZA, 1987). A figura 22 mostra um forno intermitente, e a figura 23 as peças prontas sendo retiradas do forno.



Figura 22: forno tipo intermitente.



Figura 23: retirada das peças do forno.

Fornos semicontínuos – O forno mais utilizado é do tipo Hoffmann, esquematizado na figura 24. Este normalmente é dividido entre 90 e 100 compartimentos, denominados poços ou câmaras, interligadas por um coletor de gases central. O aquecimento é realizado por através de maçaricos, para queima de óleo combustível, posicionados na parte superior do forno; ou alimentado com lenha, também pelas bocas dos poços no teto. A queima se dá poço a poço, isto é, enquanto um poço está queimando, os posteriores estão na fase de aquecimento, aproveitando o calor da queima e os anteriores estão resfriando com o uso de ar ambiente. Para isto, o uso de exaustores na saída dos gases de combustão permite melhor controle e aproveitamento do calor dos gases quentes para o aquecimento da carga no forno (TAPIA et al., 2000).

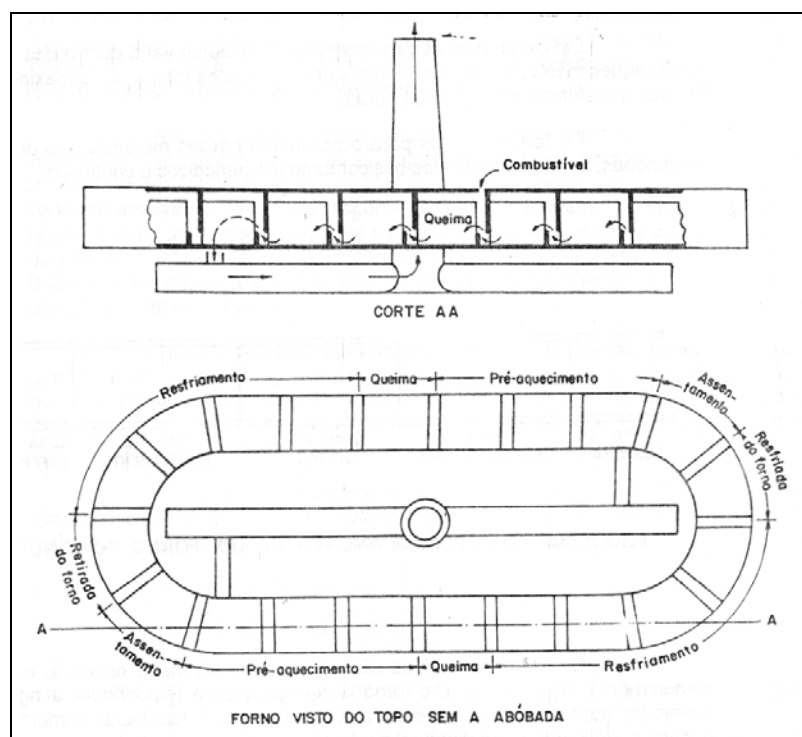


Figura 24: corte e planta baixa esquemáticos de forno tipo Hoffmann (fonte: SANTOS & SILVA, 1995).

Fornos contínuos – Existe uma grande variedade de fornos contínuos. Neste tipo de forno, esquematizado na figura 25, os ciclos de aquecimento, queima e resfriamento se fazem de forma contínua, sem interrupção para descarga ou carregamento das peças. Assim, enquanto uma vagoneta com um lote de peças está chegando ao final do ciclo, outra vagoneta, com uma quantidade igual, está iniciando o ciclo, sem descontinuidade do processo (TAPIA et al., 2000).

A figura 26 mostra o forno tipo túnel, de uma das indústrias visitadas em Vila Flores, com uma vagoneta entrando. O proprietário da indústria informou que o forno só pára de funcionar uma vez ao ano, quando os funcionários recebem férias coletivas. A figura 27 apresenta o painel de controle automatizado de um forno túnel, em Sapucaia do Sul.

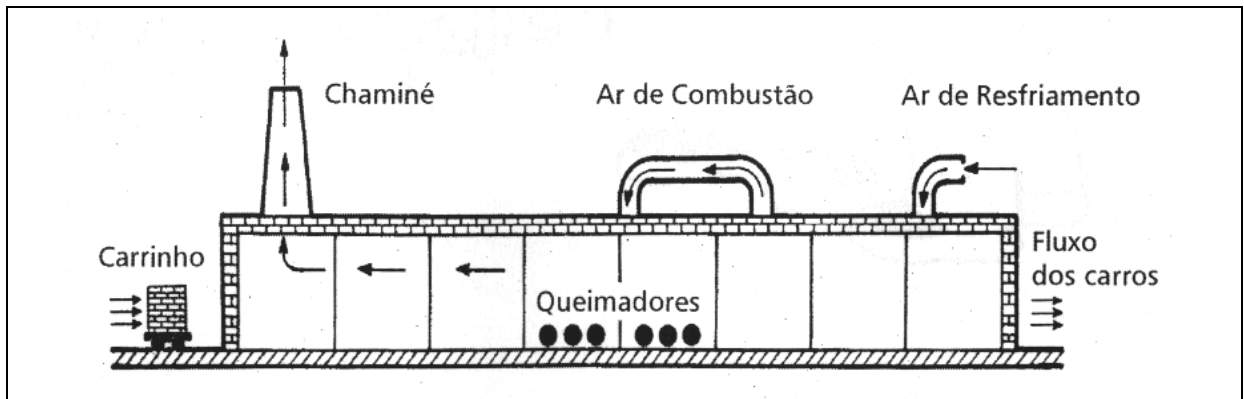


Figura 25: corte esquemático de forno tipo túnel (fonte: TAPIA et al., 2000).



Figura 26: forno tipo túnel.

Figura 27: painel de controle de forno túnel.

Cada tipo de forno apresenta diferente consumo de combustível para a queima da mesma quantidade de peças, ou seja, possuem rendimentos específicos. A figura 28 apresenta a quantidade de alguns combustíveis necessários à queima de 1000 tijolos.

Tipo de forno		Insumo Energético				Perdas (%)
		Lenha (m ³)	Óleo BPF (kg)	GLP (m ³)	Gás Natural (m ³)	
Intermitente	Abóboda ¹	2,50 a 4,00	-	-	-	-
	Abóbada ³	1,30	-	-	-	-
	Campanha ³	1,90	-	-	-	-
	Paulistinha ²	1,50 a 2,00	250 a 375	220 a 330	280 a 420	16 a 18
Semicontínuo	Hoffimman s/ secador ²	0,50	62	55	70	16 a 18
	Hoffimman c/ secador ²	0,90	103	91	116	8 a 9
	Hoffimman ¹	0,40	-	-	-	-
	Hoffimman ³	0,88	-	-	-	-
Contínuo	Túnel ¹	0,38	-	-	-	-
	Túnel ²	-	60	54	68	1

Figura 28: consumo médio de energia por milheiro por tipo de forno (adaptado de: ¹MINEROPAR, 1997; ²TAPIA et al., 2000; ³SUDENE/ITEP, 1988).

Após o processo de queima, as peças são armazenadas para serem enviadas aos consumidores. A distribuição normalmente é feita por via terrestre, utilizando caminhões com capacidades superiores a 10 toneladas (TAVARES & GRIMME, 2002).

3.5.6 Problemas Ligados ao Processo Produtivo

Ripoli Filho (1997), trabalhando na região de Santa Maria, destaca alguns dos principais problemas de produção de materiais cerâmicos:

- a) não são realizadas análises químicas ou físicas das argilas utilizadas;
- b) não há controle na moldagem. A argila é colocada próxima à máquina de moldagem, sem peneiramento para homogeneização dos grãos. A água é adicionada sem controle rígido de dosagem;
- c) quando são usados dois ou mais tipos diferentes de argilas, a mistura é realizada empiricamente, sem a determinação das quantidades exatas de cada uma;
- d) a moldagem por extrusão, geralmente, é feita em marombas horizontais de modelos obsoletos;
- e) após a moldagem, os tijolos crus são colocados para secar em galpões cobertos, na maioria abertos, sem paredes. Este fato determina a impossibilidade de controle sobre a secagem, pois fica sujeita a variações do clima, ventos, temperaturas, umidade, etc.;
- f) na secagem pode-se verificar nitidamente a falta de controle e de planejamento do processo de fabricação.

Como conseqüências destas falhas e da inadequação do sistema produtivo, o autor, citado anteriormente, aponta os seguintes problemas no setor:

- a) contribuição para o agravamento da degradação do meio ambiente;
- b) irregularidades na atividade extrativa da lenha e argila, usadas para a produção cerâmica;
- c) uso inadequado da matéria-prima;
- d) desperdício de energia;

- e) má conformação do produto;
- f) a qualidade do produto, muitas vezes, não satisfaz os padrões mínimos recomendáveis;
- g) geralmente, a qualidade fabricada não é a mesma durante todo o ano, havendo uma maior produção no verão do que no inverno, ocasionando deficiência no abastecimento;
- h) as normas brasileiras, sobre cerâmica vermelha, mesmo muito brandas, quando comparadas com outros países, não são observadas, especialmente no que se refere às dimensões do produto.

Porém Motta et al. (2001) colocam que é preocupação crescente do setor a necessidade de investimento na melhoria e produtividade, e a materialização desta tendência vem se realizando, mesmo que lentamente, através de novas técnicas de gestão e, principalmente, pela introdução de plantas mais atualizadas e eficientes, observadas em algumas fábricas de blocos cerâmicos e de telhas.

3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1996) define em seu artigo 225. que “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 o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” Para Oliveira Neto (1999) este artigo traz um importante conceito norteador da política e da filosofia de toda a legislação ambiental, introduzindo a obrigação de defender e preservar o meio ambiente, por parte de quem implementa atividade poluidora ou modificadora, e além disto, dá poder à coletividade e aos órgãos públicos para controlar e exigir, isto é, o poder de policiar para que se cumpram as medidas preservativas, controladoras e compensatórias.

Devido ao posicionamento adotado pela legislação brasileira quanto ao meio ambiente, cabe esboçar quais são as exigências legais com relação às atividades exercidas pelas indústrias de cerâmica vermelha.

3.6.1 Licenciamento Ambiental de Atividade Industrial

As indústrias cerâmicas, por serem atividades industriais, necessitam preencher o formulário de Informações para o Licenciamento de Atividades Industriais – ILAI, junto à FEPAM – Fundação

Estadual de Proteção Ambiental, como um dos requisitos para a obtenção do Licenciamento Ambiental.

No ILAI são solicitadas informações de cunho geral como: o consumo médio mensal de energia na unidade industrial, o regime de funcionamento da indústria, o número total de funcionários, a área da indústria, a localização da indústria pela Legislação Municipal (zona urbana ou rural), as fontes de abastecimento de água e a indicação para quais finalidades a água é utilizada na indústria. Quanto ao processo produtivo, são exigidos a listagem das matérias-primas e dos insumos utilizados pela sua indústria e em que quantidades, a descrição das principais etapas do processo e a identificação dos principais equipamentos, a identificação da produção dos principais produtos e subprodutos da indústria, e a indicação da forma de armazenamento de combustíveis, matérias-primas, produtos e subprodutos, insumos e outros. O ILAI ainda exige informações detalhadas a respeito dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e resíduos sólidos gerados pelas indústrias (FEPAM, 2002).

3.6.2 Licenciamento Ambiental de Extração Mineral

A matéria-prima principal das indústrias de cerâmica vermelha é a argila, uma substância mineral que faz parte do patrimônio mineral brasileiro. A Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1996) define, em seu artigo 176, que “as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais...constituem propriedade distinta do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao seu concessionário a propriedade do produto de lavra”.

Foi definido que o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM é o órgão regulador do setor mineral, ou seja, tem a responsabilidade de preparar as autorizações para a exploração dos minerais e de fiscalizar a mineração (DIÁLOGO, 2000).

Segundo informações obtidas junto ao DNPM, as áreas de extração de argilas comuns, até 50 ha, podem ser exploradas através dos Regimes de Concessão de Lavra, de Alvará de Pesquisa ou Regime de Licenciamento, sendo este último o mais solicitado. Para a localização, instalação ou ampliação e operação de qualquer atividade de mineração nos Regimes de Concessão de Lavra e Regime de Licenciamento, é obrigatória a obtenção do Licenciamento Ambiental (LA) (DNPM, 2000).

De acordo com Oliveira Neto (1999) no Brasil, a legislação mineral está interligada com a legislação ambiental, e vice-versa, não sendo possível a obtenção de um título minerário (Concessão de Lavra, Registro de Licenciamento, Alvará de Pesquisa com Guia de Utilização), sem antes obter o devido Licenciamento Ambiental no órgão ambiental competente.

O LA é regulado pelo Decreto nº 99.274/90, que dá competência aos órgãos estaduais de meio ambiente para expedição e controle das seguintes licenças: licença prévia (LP), licença de instalação

(LI) e licença de operação (LO) (DNPM, 2000). No caso do Rio Grande do Sul o órgão estadual do meio ambiente é a FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental.

O LA específico para as atividades de mineração é regulamentado pelas Resoluções 09 e 10 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, publicadas em 28/12/1990 (KOPEZINSKI, 2000). A Resolução 10 define os critérios para o Licenciamento Ambiental de extração mineral para os minerais da classe II, de uso imediato na construção civil (BRASIL, 2001).

Para a solicitação da LP, LI e LO, referentes ao Licenciamento Ambiental Mineral, junto à FEPAM, devem ser cumpridas as exigências constantes na figura 29 (FEPAM, 2002).

Tipo de Licença	Exigências
Licença Prévia	- Licença da Prefeitura Municipal da área em questão - Relatório de Controle Ambiental (RCA)
Licença de Instalação	- Licença da Prefeitura Municipal em vigor - Cópia do Requerimento de Registro junto ao DNPM - Plano de Controle Ambiental (PCA) - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de elaboração do PCA
Licença de Operação	- Licença da Prefeitura Municipal em vigor - Documento comprobatório de regularização junto ao DNPM - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) da implantação e acompanhamento das medidas mitigadoras e compensatórias, no período de vigência da licença. - Cronograma detalhado das atividades de lavra a serem realizadas.

Figura 29: exigências para obtenção de Licenciamento Ambiental Mineral (fonte: FEPAM, 2002).

O Relatório de Controle Ambiental (RCA) deve conter a descrição geral e caracterização do empreendimento, o diagnóstico ambiental (dos ecossistemas onde será implantado o empreendimento), a descrição dos impactos ambientais decorrentes das diferentes fases do projeto, a avaliação de ocorrência de acidentes, a proposição de medidas mitigadoras e compensatórias ao tipo de atividade requerida, bem como um plano de recuperação e monitoramento dos impactos ambientais definidos, e a relação da equipe técnica responsável (FEPAM, 2002).

O Plano de Controle Ambiental (PCA) deverá apresentar o Projeto Executivo das alternativas locais e da proposição de recuperação aprovado pela FEPAM, contida no RCA. O PCA deve conter a descrição geral e caracterização sucinta do empreendimento, a apresentação das medidas mitigadoras e/ou compensatórias, a documentação cartográfica necessária (como um mapa geral do empreendimento, um mapa com os diversos tipos de vegetação, um mapa demarcando os diversos tipos de solo, um mapa geológico, um mapa da direção de avanço do empreendimento, um mapa com

a configuração final e perfis representativos), a proposição básica para uso futuro, quando do esgotamento da jazida, e a relação da equipe técnica responsável (FEPAM, 2002).

Dentre as indústrias visitadas, foi possível o acesso ao Plano de Controle Ambiental, relativo a uma jazida de 2 ha, com um volume inferido em 61.350 m³, localizada na cidade de Feliz, no Vale do Rio Caí. O PCA foi confeccionado por uma empresa que presta serviços na área de Licenciamento Ambiental Mineral, e assinado por uma equipe multidisciplinar, constituída por um geólogo, um engenheiro de minas, um oceanólogo e um biólogo.

Segundo este PCA, os impactos causados pela extração de argila na área, e identificados pelos números de 1 a 11 são: processos erosivos (1); formação da praça da cava (2); desmonte da argila *in situ* (3); formação de taludes (4); manutenção da vegetação nativa remanescente (5); produção de gases, poeira e ruídos (tráfego de veículos) (6); drenagem na área da praça da cava (7); deslocamento de espécies da fauna e redução nas áreas de uso (8); aproveitamento do material mineral (9); alteração da topografia local (10) e geração de empregos (11).

A seguir estes impactos, identificados por números, são classificados, segundo vários aspectos, demonstrados na figura 30. A natureza dos impactos, representada por letras, é caracterizada da seguinte forma: negativo (N); positivo (P); direto (D); indireto (I); permanente (Pm); temporário (Tp); curto (C); longo (L); irreversível (Ir); reversível (R); local (Lc); regional (Rg); baixa (B); média (M); alta (A); pequena (Pq); grande (G); cíclico (Cc); e não cíclico (ñ-Cc).

Classificação do Impacto	Elementos de Análise										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Natureza	N	N	N	N	P	N	P	N	P	N	P
Forma de manifestação	D	D	D	D	D	D	D	I	D	D	D
Duração	Pm	Pm	Pm	Pm	Pm	Cc	Pm	Tp	Tp	Pm	Pm
Prazo de Ocorrência	C	L	L	C	C	C	L	C	C	C	L
Reversibilidade	R	Ir	Ir	Ir	R	Ir	R	Ir	Ir	Ir	Ir
Abrangência	Lc	Lc	Lc	Lc	Lc	Lc	Lc	Lc	Rg	Lc	Rg
Magnitude	B	A	A	M	B	B	B	B	A	A	A
Importância	Pq	M	M	M	M	Pq	Pq	M	G	M	M
Periodicidade	Cc	ñ-Cc	ñ-Cc	Cc	ñ-Cc	Cc	ñ-Cc	Cc	ñ-Cc	ñ-Cc	Cc
Estratégico	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim

Figura 30: caracterização de impactos ambientais de jazida de argila.

Um dos itens exigidos no PCA é a proposição de medidas mitigadoras e compensatórias, que amenizem, de alguma forma, os impactos causados pela atividade extrativa. Neste caso, foram sugeridas as medidas, descritas a seguir:

- a) **implantação de cortina vegetal:** com a finalidade de amenizar o impacto visual, os níveis de ruídos e as emissões atmosféricas. O projeto especifica que deve ser implantado um cortinamento arbóreo, ao longo dos limites da área, com as estradas municipais adjacentes, totalizando cerca de 525 unidades de espécies nativas.
- b) **implantação de bosques na área já minerada:** medida prevista para os locais onde não ocorrer mais a extração de argila e a implantação dessa medida não afetar os trabalhos de extração. Estes bosques, com 100 unidades de espécies nativas da região, servirão como primeiros indivíduos introduzidos para a regeneração da área. Caso, no futuro, a área seja utilizada para a agricultura ou pecuária, estes bosques servirão como zonas de sombra.
- c) **adensamento da mata ciliar:** que será realizado em uma área de 2.500 m², nas margens do Rio Caí, com previsão para a implantação de 750 unidades.
- d) **armazenamento do solo fértil:** o solo vegetal removido durante o decapeamento da área será armazenado dentro da própria argileira, em local adequado, para que mantenha ao máximo as suas propriedades. O local de depósito não poderá ter inclinação excessiva, para que não favoreça processos erosivos e para que não haja lixiviação de seus nutrientes. Também deverá ser coberto por galhos e lonas, para que fique bem protegido da ação de intempéries. Ao cessarem as atividades, este material será utilizado na recuperação das áreas mineradas.
- e) **sinalização da área de extração:** deverão ser implantadas placas no local, dirigidas aos motoristas de veículos, com dizeres referentes a velocidade máxima que pode ser atingida, e dirigidas aos pedestres, avisando-os que o local trata-se de uma mineração.

Atualmente a jazida, para a qual este Plano de Controle Ambiental foi elaborado, está em uso. Segundo o proprietário, as medidas mitigadoras dos impactos ambientais estão sendo implantadas de forma gradual, iniciando pelas áreas já exploradas da jazida.

4 IMPACTOS AMBIENTAIS LIGADOS À PRODUÇÃO DE MATERIAIS: UMA VISÃO GERAL

As edificações alteram o meio ambiente de maneira significativa. De acordo com o Wordwatch Institute, o setor de construção consome 40% da pedra britada, cascalho e da areia utilizados, globalmente, a cada ano e 25% da madeira. As edificações são responsáveis por 40% do consumo de energia e 16% do consumo de água, anualmente (LIPPIATT, 2000). De modo geral, estes dados evidenciam a dimensão do impacto ambiental causado pelas edificações, ao mesmo tempo que nos alertam para a importância das questões ambientais junto ao setor de construção civil.

Impactos ambientais negativos surgem da construção e renovação de edificações. A extração de matéria-prima pode levar à extinção de recursos e a perdas de biodiversidade. A fabricação de materiais de construção, e o seu transporte, consomem energia, gerando emissões ligadas ao aquecimento global e a chuva ácida (LIPPIATT, 2000).

Como foi citado anteriormente, a metodologia de Análise do Ciclo de Vida considera os impactos das edificações durante toda a sua vida útil, do “berço ao túmulo”. A seguir, são abordadas questões relativas aos impactos causados por materiais de construção. Busca-se enfatizar os impactos relacionados à fase de produção de materiais de cerâmica vermelha, foco desta pesquisa.

4.1 RECURSOS NATURAIS

O esgotamento dos recursos naturais pode ser definido como o decréscimo da disponibilidade de recursos naturais (LIPPIATT, 2000). A figura 31 mostra qual a disponibilidade, em anos, de alguns recursos naturais, utilizados na fabricação de materiais de construção. No caso de produtos de cerâmica vermelha a matéria-prima básica, a argila, é classificada como sendo abundante na natureza (PETRUCCI, 1980; VERÇOZA, 1987).

No Brasil, os minerais utilizados na construção civil representam o maior volume e o maior valor de produção de todos os minerais não-metálicos explorados, e a sua extração demanda mais mão-de-obra que qualquer outro mineral. De acordo com o DNPM, em 2000, dos 100.190 trabalhadores registrados nas minas brasileiras e nas indústrias de processamento, com exceção de petróleo, 51,2% pertenciam ao sub-setor de materiais de construção, incluindo a produção de cimento, comparado a apenas 12,5% empregados em outros segmentos de minerais não-metálicos. Estes dados são aqueles declarados pelos mineradores no Anuário Mineral do DNPM, e não incluem os empregados que trabalham no mercado

informal da mineração. Em muitos Estados brasileiros, a maioria das pessoas que trabalham nas indústrias de extração de areia, cascalho e argila (indústrias cerâmicas de pequeno porte), operam informalmente (MACEDO et al., 2003).

Recurso natural	Matérias-primas básicas	Disponibilidade do componente em destaque (em anos)	Avaliação
Aço	Minério de ferro , carbono (manganês, silício, cromo, chumbo)	231	Não abundante
Alumínio	Bauxita	257	Não abundante
Areia	Sílica	-	Abundante
Azulejo	Argila (com quartzo e feldspato), chumbo, estanho , óxidos	43 e 56	Não abundante
Brita	Aluminossilicatos, silicatos de magnésio e ferro, carbonatos, sulfatos	-	Abundante
Cal virgem ou hidratada	Calcário	-	Abundante
Cerâmica	Argila (com óxido de ferro)	-	Abundante
Cobre	Cobre	62	Não abundante
Concreto	Sílica, aluminossilicatos, silicatos de magnésio e ferro, carbonatos, sulfatos, calcário, argila, gipsita	-	Abundante
Gesso	Gipsita	-	Abundante
Vidro plano	Sílica, calcário, dolomita, feldspato	-	Abundante
Policloreto de vinila (PVC)	Eteno (petróleo , cloreto de sódio)	75	Não abundante
Zinco	Zinco	47	Não abundante

Figura 31: classificação de alguns materiais de construção quanto a abundância (adaptado de: World Energy Council apud LIPPIATT, 2000; U.S. Bureau of Mines apud LIPPIATT, 2000; PETRUCCI, 1980; SPERB,2000).

Quase toda a extração mineral, em pequena escala, para uso direto em construção civil, ocorre utilizando-se tecnologias de mineração inadequadas. Por exemplo, grandes cidades, como Manaus, são supridas de areia, que ainda é extraída manualmente e transportada com canoas ou mulas, bem como de pedras quebradas manualmente. Mesmo onde há um certo grau de mecanização, não existe a mínima avaliação mineral e controle ambiental. De fato, os impactos ambientais estão em todas as partes habitadas do país, embora, em alguns Estados, estão sendo feitos alguns esforços, por agências governamentais e associações de mineração, para melhorar as condições existentes (MACEDO et al., 2003).

Segundo Macedo et al. (2003), a mineração no Brasil é responsável pelos seguintes impactos:

- a) desflorestamento, que contribuiu para a redução da biodiversidade de plantas e animais, e a perda de fertilidade do solo;

- b) as *feridas* da mineração, às vezes com grande extensão e profundidade, são particularmente problemáticas nas zonas urbanas;
- c) minérios que continuam poluindo a água, o solo e o ar;
- d) alteração do fluxo e deterioração da qualidade das nascentes;
- e) destruição das dunas, para produção de areia utilizada na construção civil, no Nordeste, e de areia industrial no Sudeste;
- f) poluição do ar, por poeira ou gases provenientes de indústrias; e
- g) uma ampla gama de impactos sociais.

As atividades de mineração empregadas na extração de minerais utilizados na construção tem sido responsáveis por extensivos impactos ambientais. Embora, individualmente, estas operações serem, quase sempre, pequenas, os locais de escavação são, freqüentemente, abandonados, particularmente em regiões onde o controle ambiental é escasso. Em adição ao óbvio impacto visual, estas escavações têm contribuído para o assoreamento dos rios. Explosivos são utilizados, com freqüência, em escavações, gerando altos níveis de ruído e vibrações, e, em alguns casos, causando o desprendimento de fragmentos de rochas, fora da área de mineração. E a mineração ao longo das bordas dos rios, altera a sua forma (MACEDO et al., 2003). Kopezinski (2000) coloca que a exploração das jazidas de argila pode causar devastação em nível local, instabilização de áreas, alteração de cursos d'água, assoreamento e quimismo.

Além dos aspectos relatados, faz-se importante trazer para a discussão, a disponibilidade de matéria-prima no Estado do Rio Grande do Sul, passando-se a discutir, neste momento, as informações referentes à distribuição das jazidas de argila no Estado.

Para Gross (1972) é, principalmente, da decomposição dos silicatos de alumínio que resultam as grandes massas de argilas, que cobrem a superfície terrestre e enchem as depressões dos terrenos. Quando os produtos de alteração das rochas permanecem na sua posição original, as argilas são denominadas de primárias ou residuais. Nos casos em que os agentes de decomposição das rochas e outras influências transportam as partículas finais alteradas e as depositam em outros locais, estas são denominadas de argilas sedimentares ou secundárias. As argilas para produtos de cerâmica vermelha são de ocorrência muito comum, e podem ser argilas residuais ou sedimentares, sendo estas últimas mais freqüentes.

As argilas empregadas em cerâmica vermelha, como recurso mineral, apresentam alto valor locacional, ou seja, devem necessariamente estar situadas nas proximidades das cerâmicas. Desta forma, as distribuições das unidades produtoras são controladas pelas ocorrências dos depósitos de argila (MOTTA ET AL., 2001).

Para o Estado do Rio Grande do Sul não existe um estudo indicando exatamente a localização da ocorrência de argilas para cerâmica vermelha, nem uma quantificação da matéria-prima total disponível. No entanto, é possível detalhar alguns aspectos para a Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA, ilustrados na figura 32.

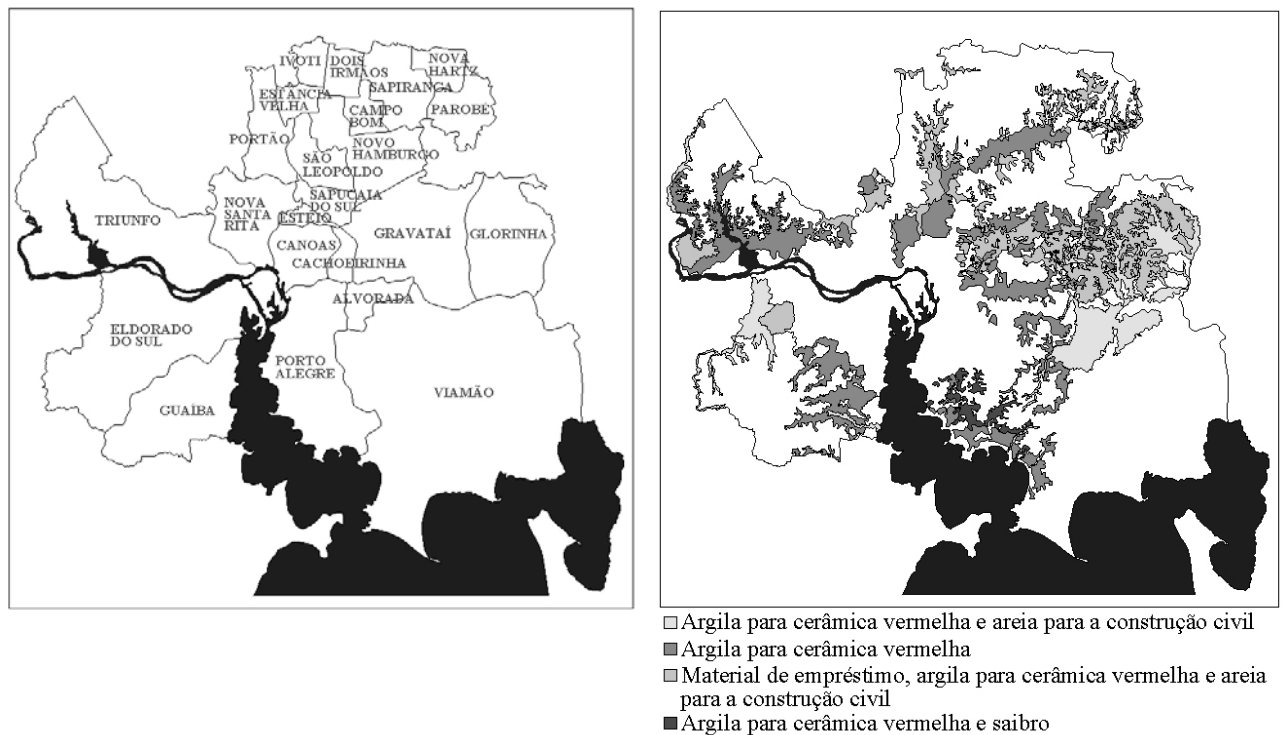


Figura 32: mapa com localização das reservas de argilas da Região Metropolitana de Porto Alegre (ZANINI, 1998).

Zanini (1998) distribuiu as argilas para uso em cerâmica vermelha em quatro ambientes geológicos, que são:

Argilas de Planície Aluvial: são os depósitos com maiores potencialidades para investimentos minerários na Região Metropolitana de Porto Alegre. Localizam-se nas planícies aluviais, ao longo do médio e baixo curso do Rio dos Sinos, na porção norte da Região. Dados estimativos, revelam reservas parciais de $51.500.000 \text{ m}^3$, equivalentes a 87.550.000 toneladas (densidade aproximada de $1,7 \text{ ton/m}^3$). Estes depósitos também são encontrados no curso inferior do Rio Gravataí, norte da RMPA, com produção mensal, das lavras em atividade, aproximadamente de 800 m^3 . Esta argila é indicada para a utilização em tijolos maciços e blocos cerâmicos. De acordo com Zanini (1994) apud Zanini

(1998), as argilas de planície aluvial formada pelos Rios dos Sinos e Paranhama, presentes no município de Parobé indicam reservas de 20.562.908 toneladas, equivalentes a 13.708.653 m³. Misturadas a outros tipos de argila, são indicadas para a fabricação de tijolos maciços, blocos cerâmicos e telhas.

Argilas de Leques Aluviais: estas argilas distribuem-se, principalmente, na região sul do município de Porto Alegre, e se prestam, basicamente, para a fabricação de tijolos maciços, devido às suas características físicas.

Argilas de Solo Residual: no município de Parobé, estas argilas são constituídas por solos da classe Podzólico Vermelho-Escuro ou Terra Roxa Estruturada, ambas desenvolvidas sobre o substrato de rocha basáltica ou na interface desta com os arenitos eólicos. Apresentam potencial de utilização na confecção de blocos cerâmicos, fazendo parte da mistura com outras argilas de composições diferentes, como, por exemplo as da planície aluvial.

Argilas de Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná: se situam principalmente na porção norte da RMPA, e podem ser utilizadas na fabricação de blocos cerâmicos, telhas de diversos tipos, pisos coloniais e blocos. Nas principais áreas de mineração, a produção mensal aproximada é de 23.290 m³, equivalentes a 39.593 toneladas. Nas duas principais áreas de extração, o cálculo estimado das reservas indica quantidades em torno de 76.500.000 toneladas, ou 45.000.000 m³.

4.2 CONSUMO DE ENERGIA

A extração de recursos a serem utilizados como fontes energéticas, seja petróleo, carvão, biomassa ou hidroeletricidade, implica em mudanças nos padrões de uso do solo, recursos hídricos, alteração da cobertura vegetal e na composição atmosférica. As atividades relacionadas com a produção e uso de energia liberam para a atmosfera, água e solo, diversas substâncias que comprometem a saúde e sobrevivência, não só do homem, mas também da fauna e flora (JANNUZZI, 2001a).

A escolha ambientalmente mais adequada de um determinado energético em relação a outro passa por uma série de critérios. A figura 33 relaciona alguns dos impactos ambientais envolvidos na produção e uso de fontes energéticas.

Segundo Mascaró (1988), a maior parte do consumo de energia na construção de edifícios apresenta-se na fase de produção dos materiais (96,41%), o que significa que, se quisermos diminuir os consumos energéticos, devemos atentar para esta fase. Os valores da figura 34, foram obtidos considerando o consumo de energia total (direta e indireta) embutida no processo de produção de um metro quadrado de um edifício habitacional padrão.

Fonte	Impactos na produção	Impactos no uso	Disponibilidade
Biogás	Particulados, CO e CO ₂		Renovável
Diesel	Particulados e CO ₂	Subprodutos tóxicos, componentes voláteis orgânicos (VOC's), SO ₂ , NO _x	Não renovável
Gás natural	CO	VOC's	Não renovável
Gasolina	SO ₂ , NO _x , HC, CO e aldeídos	Subprodutos tóxicos, VOC's, SO ₂ , NO _x	Não renovável
Hidroeletricidade		Perda de biodiversidade a nível regional	Renovável
Lenha	Particulados, CO e CO ₂	Perda de biodiversidade a nível regional	Renovável
Óleo combustível	Particulados, SO ₂ , NO _x , HC e CO	Subprodutos tóxicos	Não renovável
Termoeletricidade	SO _x , CO e CO ₂	Degradação ambiental regional (ar, solo e água), SO ₂ e NO _x	Não renovável

Figura 33: impactos ambientais de fontes energéticas (fonte: YUBA, 2001; EPA, 1995; KNIJNIK, 1994; LYLE, 1994 apud GRIGOLETTI, 2001).

Etapas do processo produtivo	Consumo de energia correspondente a 1m ² de edifício (10 ⁹ kcal/m ²)	Porcentagem (%)
Fabricação de materiais	698	96,41
Transporte dos materiais até as obras	10	1,38
Escavações e terraplanagem	7	0,57
Elevação e colocação de materiais	9	1,24
Total	724	100

Figura 34: consumo de energia nas etapas do processo produtivo de uma edificação (fonte: Mascaró, J., 1981 apud Mascaró, 1988).

Os produtos de cerâmica, tradicionalmente utilizados na construção civil, adquirem as propriedades desejadas através da aplicação de calor, ou seja, a indústria cerâmica é, por definição, uma indústria que utiliza grandes quantidades de energia, bem como a indústria de aço, cimento e vidro. Todas estas são caracterizadas pelas altas temperaturas dos fornos e fornalhas. Não apenas uma grande quantidade de energia é consumida durante o seu processo produtivo, como também o custo desta energia representa um percentual significativo no total dos custos de produção (AGRAFIOTIS & TSOUTSOS, 2001).

Conforme o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2000), para o ano base de 1999, o setor cerâmico foi responsável por um consumo de 3.494×10^3 tep/ano, 21% menos que o setor de cimento, que consumiu 4.244×10^3 tep/ano. Os dados revelam que o setor de cimento utiliza predominantemente fontes derivadas do petróleo e eletricidade, enquanto no setor cerâmico a principal fonte energética é a lenha.

No Estado do Rio Grande do Sul, analisando o ano de 1999, o setor cerâmico consumiu $106,79 \times 10^3$ tep/ano e o setor de cimento consumiu $20,02 \times 10^3$ tep/ano. Já para o ano de 2000 o consumo do setor cerâmico foi de $124,74 \times 10^3$ tep/ano e o do setor de cimento de $21,49 \times 10^3$ tep/ano.

Cabe lembrar que o total de energia consumida pelo Estado, como um todo, em 2000, foi de $23.618,2 \times 10^3 \text{ tep/ano}$ (SILVEIRA, 2002).

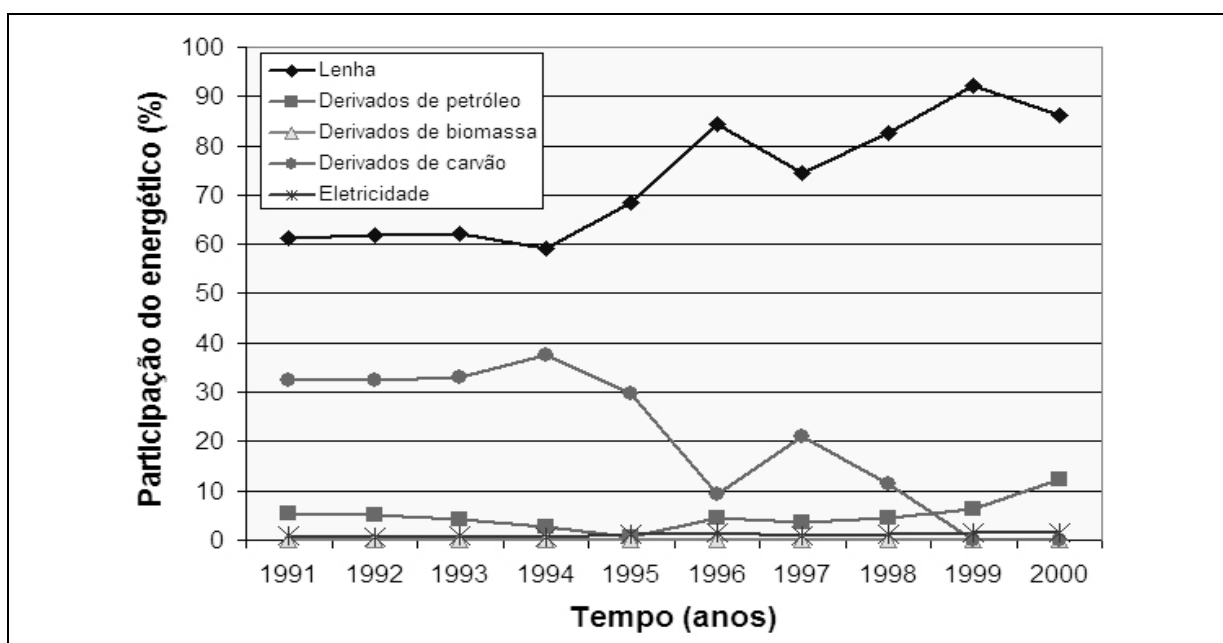


Figura 35: participação, em percentual, da demanda de energia, no setor cerâmico, no RS, período de 1991 a 2000 (adaptado de SILVEIRA, 2002).

A figura 35 mostra a participação de cada tipo de combustível utilizados no setor cerâmico, no Rio Grande do Sul, para o período de 1991 a 2000. Em todos os anos a lenha aparece como principal combustível utilizado pelo setor. No ano de 2000 representa 86,11% da energia empregada. Os derivados de petróleo, que aparecem em segundo lugar para o ano de 2000, estão representados pelo GLP, com 8,49% e pelo óleo combustível, com 3,95% do total de energia consumida. A eletricidade representa 1,37% da energia consumida, os derivados de carvão 0,05% e os derivados de biomassa (carvão vegetal) 0,04% (SILVEIRA, 2002).

A seguir são descritas algumas características das principais fontes utilizadas na produção de cerâmica vermelha.

Energia elétrica gerada em hidroelétrica - Embora a construção de reservatórios, grandes ou pequenos, tenha trazido enormes benefícios para o país, ajudando a regularizar cheias, e promovendo a irrigação e a navegabilidade de rios, elas também trazem impactos irreversíveis ao meio ambiente, especialmente no caso de grandes reservatórios. Existem problemas com mudanças na composição e propriedades químicas da água, mudanças na temperatura, concentração de sedimentos, e outras modificações, que ocasionam problemas para a manutenção de ecossistemas à jusante dos reservatórios. Esses empreendimentos, mesmo bem controlados, têm tido impactos na manutenção da

diversidade de espécies (fauna e flora) e afetado a densidade de populações de peixes, mudando ciclos de reprodução (JANNUZZI, 2001a).

Energia elétrica gerada em termelétrica – as usinas termelétricas utilizam como combustível para a geração de energia o carvão, derivados de petróleo, gás e biomassa, entre outros. Cada um destes combustíveis produz poluentes em quantidades e com características diferentes. Por exemplo, na queima de óleo e de carvão, o enxofre presente nestes combustíveis transforma-se em óxidos, principalmente dióxido de enxofre (SO₂) (ELETROBRÁS, 1986).

Biomassa – hoje chamada de energia alternativa, já foi o principal combustível do mundo, sob a forma de lenha, antes da Revolução Industrial do século XIX. A importância da lenha foi sendo diminuída, especialmente após a segunda guerra mundial, com sua rápida substituição por derivados de petróleo. No entanto, ainda hoje a biomassa representa uma parte expressiva do consumo mundial de energia primária. Uma grande vantagem da biomassa é que, quando produzida de maneira sustentável, ela é neutra do ponto de vista de emissões de carbono (JANNUZZI, 2001b).

Combustíveis fósseis – se originam de matéria orgânica transformada em bilhões de anos. Por isso são considerados não renováveis. Tem grande utilidade como materiais (petroquímicos), possuem flexibilidade de uso, são eficientes e possuem alta concentração de energia. Mas estão profundamente relacionados ao aquecimento global, poluição do ar e chuva ácida (LYLE, 1994).

4.2.1 O Conceito de Energia Incorporada a Materiais de Construção

Mesmo em um país de clima favorável, tal como a Austrália, as edificações são responsáveis por cerca de 25% de todo o consumo de energia. Nos Estados Unidos isto está em torno de 40% e no Reino Unido alcança 45%. O uso de energia em edificações é responsável por cerca de 50% das emissões de CO₂ em muitos países (SZOKOLAY, 1997).

Segundo Szokolay (1997) a energia, em uma edificação, é usada em dois níveis:

- a) **energia principal** (denominada por outros autores como energia incorporada), usada na construção da edificação. Incluindo o conteúdo energético dos materiais e componentes construtivos, a energia que foi usada desde as fontes primárias (extração) até o processo de manufatura e transporte ao local, assim como a energia usada no processo de construção.
- b) **energia operacional**, usada para aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação e serviços na edificação, usualmente expressa em termos anuais.

Para Lawson (1996), avaliar a energia incorporada de um material, de um componente ou de toda a edificação, não é uma tarefa tão direta quanto parece. Este autor apresenta duas formas distintas de cálculo, a seguir descritas.

A **Gross Energy Requirement (GER)** é a medida de todos os *input* de energia, incluindo:

- a) a energia consumida na extração, processamento e transporte da matéria-prima, para os materiais ou componentes de construção;
- b) a energia necessária para a fabricação dos componentes da edificação;
- c) a energia empregada nos serviços de suporte e transporte, até o local da obra;
- d) a energia necessária para a construção da edificação, incluindo o transporte de operários, equipamentos e materiais;
- e) a energia empregada na construção da fábrica, responsável pela extração e pelo processamento das matérias-primas;
- f) os custos energéticos do reparo aos danos causados pelo processo de fabricação dos componentes.

Mais acessível, e fornecendo uma base sólida para comparar materiais, é o **Process Energy Requirement (PER)** – que é o componente do GER que, diretamente, está relacionado com a fabricação de um material ou componente. O PER é aproximadamente 50% a 80% do GER. Geralmente o PER consiste em uma estimativa da energia necessária para obter e processar as matérias-primas, e para o transporte entre os processos de fabricação, bem como a energia consumida no próprio processo de fabricação. Essencialmente, o total de energia consumida pela indústria por ano (derivada de dados econômicos) é dividido pelo total de material produzido por ano, para obter a energia incorporada, expressa em gigajoules por tonelada (GJ/t) ou por megajoules por quilograma (MJ/kg) (LAWSON,1996).

A seguir é apresentada uma série de valores para a energia incorporada, extraída de diversas bibliografias. Como Miller (1998) coloca, em se tratando deste assunto, existe uma grande variação entre os valores publicados, e, geralmente, existe pouca informação das etapas que foram incluídas no cálculo ou de como os dados foram obtidos.

A figura 37, adaptada de Sperb (2000), nos apresenta valores de energia incorporada, em MJ/kg, de alguns materiais de construção segundo autores de vários países. Porém o método de cálculo utilizado para atingir estes valores não é explicitado.

Índice energético	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Dados referentes ao país:	Austrália	Brasil	Brasil	Canada	Suíça	Nova Zelândia	Holanda/Oeste Europeu	Austrália	Não conhecido	Holanda
Ano de referência	1996	1982	1985	1975-85	1980	1996	1988	1997	1979	1991
Poliestireno (PS)				105,00	122,80		82,70			
Polietileno (PE)				87,00	49,30		67,80	324,00		
Polipropileno (PP)							63,20			
Policloreto de vinila (PVC)	80,00	0,54	74,33				52,40	288,00		
Plásticos (em geral)	90,00								40,00	50,00-100,00
Alumínio	170,00	98,82		236,30	261,70	166,00	187,10	165,60-201,60	120,00	200,00 - 250,00
Cobre	100,00		87,65			70,60	82,80	57,60	30,00	100,00
Zinco	51,00			64,10	68,40			54,00	50,50	25,00
Aço galvanizado	38,00	41,70	32,46					37,80		
Aço	34,00	21,91	25,58	25,70	27,70	32,00	22,70	36,00	30,00	30,00-60,00
Tintas (em geral)	61,50	1,18	73,06	76,00		93,30				
Vidro plano	12,70	20,82	27,93	10,20	21,60	14,90		21,60	21,00	12,25
Madeira compensada (Hardboard)	24,10									
Madeira aglomerada (Particleboard)	8,00	5,23						7,92		
Madeira bruta serrada	3,40		3,34			2,50		1,80-3,24		0,10-5,00
Fibrocimento	7,60	3,93	3,55			13,10		7,56	5,10	
Cimento portland	5,60	3,82	4,04	5,90	4,90	7,80	3,90	7,92	6,40	5,80
Cal virgem ou hidratada		3,95	2,35					5,40	6,30	3,00-5,00
Gesso (em pasta)	2,90	0,01		7,40	1,40				3,60	1,00-4,00
Cerâmica (blocos)	2,50	3,09	3,13	4,90	3,10	2,50	3,00	3,60-4,32	4,30	2,00-7,00
Concreto (blocos)	1,40	0,43	0,60			0,86				0,80-3,50
Silico-calcáreos (blocos)							0,70	1,44-1,80	0,84	0,80-1,20
Concreto (in loco)	1,70			1,20	0,90	1,40		0,72-1,80	0,80	0,80-1,50
Areia/brita		0,03	0,07			0,10	0,10	0,04	0,10	

A: LAWSON (1996); B: BRASIL (1982); C: GUIMARÃES (1985); D: COLE E ROUSSEAU (1992); E: COLE E ROUSSEAU (1992); F: ALCORN E BAIRD (1996); G: WORRELL et al. (1994); H: SZOKOLAY (1997); I: VISVESVARAYA (1987); J: CONSTRUCTION...(1996).

Figura 37: energia incorporada em alguns materiais, em MJ/kg (fonte: SPERB, 2000).

Reddy e Jagadish (2003) colocam que as paredes de alvenaria são os componentes de uma edificação que mais consomem energia. Na Índia, são utilizados diversos materiais nas alvenarias. No caso de

tijolos, se estima que são produzidos, anualmente, aproximadamente 70 bilhões em todo o país. O tamanho comum de um tijolo é 230mm x 110mm x 60-75mm.

A figura 38 apresenta a energia incorporada a diversos materiais utilizados em alvenaria, para a realidade indiana. O processo de queima dos tijolos requer uma considerável quantidade de energia térmica. Em geral, cada tijolo necessita, durante esta etapa, de 0,20 Kg de carvão ou 0,25-0,30 Kg de madeira. Isto se traduz numa energia térmica de 3,75-4,75 MJ por tijolo.

Tipo de material	Dimensões (mm)	Energia em um tijolo/bloco (MJ)	Energia equivalente a um tijolo (MJ)*	Energia em relação ao tijolo (%)**
Bloco de pedra	180x180x180	0	0	0
Tijolo cerâmico	230x105x70	4,25	4,25	100
Bloco de solo-cimento	230x190x100	2,60 (6% cimento)	1,00	23,5
	230x190x100	3,50 (8% cimento)	1,35	31,7
Bloco de concreto vazado	400x200x200	12,30 (7% cimento)	1,32	31,2
	400x200x200	15,00 (10% cimento)	1,62	38,1

* energia equivalente a um tijolo cerâmico, de dimensões 230x105x70 mm

** percentagem de energia com relação à energia consumida para fabricar um tijolo cerâmico, de dimensões 230x105x70 mm

Figura 38: energia incorporada em materiais para alvenaria na Índia (fonte: REDDY E JAGADISH, 2003).

Reddy e Jagadish (2003) alertam que a alvenaria é uma montagem de unidades (como tijolos e blocos) e argamassa. Portanto os volumes necessários destes dois componentes na alvenaria vão depender, principalmente, do tamanho das unidades, que a constituem, e a energia contida na alvenaria deve incluir a energia contida nas unidades bem como na argamassa. A figura 39 traz os valores da energia empregada, analisando as alvenarias.

Tipo de alvenaria	Energia/m ³ de alvenaria (MJ)	Equivalente em relação à alvenaria de tijolos (%)
Alvenaria de tijolos de argila cozida	2141	100,0
Alvenaria de blocos de solo-cimento	646 (blocos 6% cimento)	30,2
	810 (blocos 8% cimento)	37,8
Alvenaria de blocos de concreto vazados	819 (blocos 7% cimento)	38,3
	971 (blocos 10% cimento)	45,4

Figura 39: energia em diferentes tipos de alvenaria (fonte: REDDY E JAGADISH, 2003).

No Brasil, a SUDENE/ITEP (1988) realizou uma pesquisa, no Estado de Pernambuco, onde foram consultadas 49 empresas de cerâmica vermelha, de um universo de 140 espalhadas por todo o território estadual. Em geral, o processo de fabricação é comum a todas elas, apresentando pequenas variações no processo de conformação mecânico devido às diferenças na matéria-prima.

A figura 40 apresenta o balanço energético daquele processo de fabricação de tijolos, sem aproveitamento do calor de recuperação dos fornos. Teoricamente, a umidade de extrusão varia de 26 a 28%. Os consumos específicos de 365 kcal/kg a 393 kcal/kg, equivalem a consumos específicos de lenha de 0,595 a 0,641 m³, por milheiro de tijolos, no caso, blocos de seis furos com peso unitário de 2kg. Este consumo de lenha pode variar de acordo com sua umidade, sendo que o teor de umidade considerado foi de 15%.

A figura 41 apresenta o balanço energético do processo de fabricação de tijolos, porém com a recuperação do calor do forno contínuo.

Fato que chama a atenção é que, sem a recuperação de calor do forno, a fase de secagem é a que mais consome energia. A percentagem de calor reaproveitada da queima é alta, reduzindo a energia gasta exclusivamente para a secagem a menos da metade.

No caso onde não é reaproveitado o calor do forno chegou-se a um resultado de 670 kcal/kg, ou seja, aproximadamente 2,80 MJ/kg. Já na situação onde existe recuperação do calor do forno o valor é de 444 kcal/kg, ou 1,86 MJ/kg. Ambos valores, abaixo dos citados para o Brasil, de 3,09 (BRASIL apud SPERB, 2000) e de 3,13MJ/kg (GUIMARÃES apud SPERB, 2000).

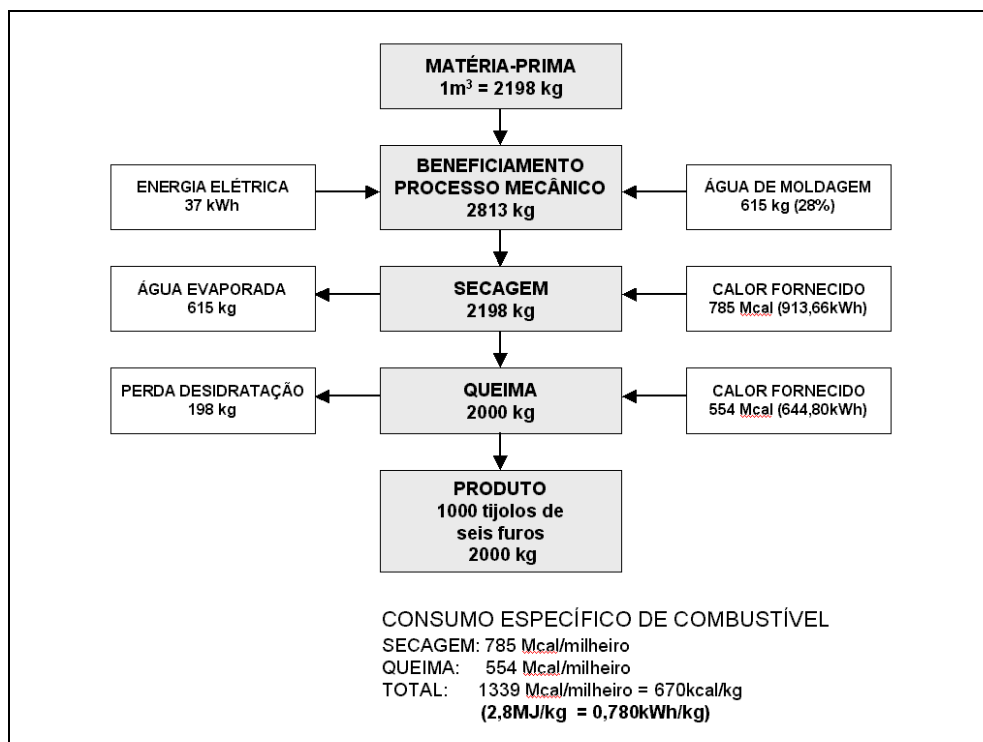


Figura 40: diagrama do balanço de energia na fabricação de 1.000 blocos de 6 furos com peso unitário de 2 kg, sem reaproveitamento do calor dos fornos (fonte: SUDENE/ITEP, 1988).

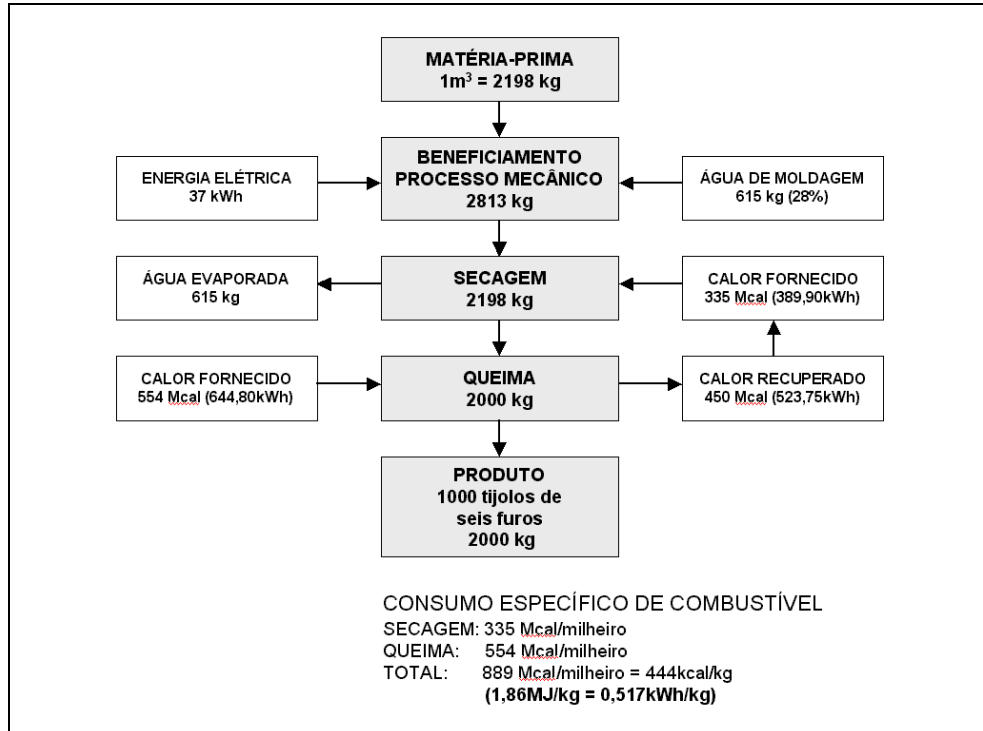


Figura 41: diagrama do balanço de energia na fabricação de 1.000 blocos de 6 furos com peso unitário de 2 kg, com recuperação do calor do forno tipo contínuo (fonte: SUDENE/ITEP, 1988).

A figura 42 nos mostra uma comparação entre alguns parâmetros da produção de cerâmica vermelha na Europa e no Brasil. Na Europa as perdas e o consumo energético são menores, e a produtividade por funcionário é maior que no Brasil. Também são mostrados os resultados obtidos em três indústrias “unidades de demonstração”, pertencentes ao “Projeto Conservação de Energia na Pequena e Média Indústria do Estado do Rio de Janeiro” (TAPIA et al., 2000).

	No Brasil	Na Europa	Nas Empresas “Unidades de Demonstração”					
			Cerâmica Argibem Ltda		RP Pesanha Cerâmica		Tijolar Indústrias Cerâmicas Ltda.	
			Antes	depois	antes	depois	antes	depois
Produção (tijolos/homem/mês)	13.300	200.000	14.888	22.357	22.357	25.114	21.454	22.500
Perdas de Produção (%)	5 a 7	1 a 2	7,5	1	20	4	6,4	1,8
Consumo específico das Plantas (kcal/kg tijolos)	500 a 800	250 a 300	658	424	326	258	478	426
Em kWh/kg tijolos	0,582 a 0,931	0,291 a 0,349	0,766	0,493	0,379	0,300	0,556	0,496
Em MJ/kg tijolos	2,09 a 3,35	1,05 a 1,26	2,76	1,78	1,37	1,08	2,00	1,78

Figura 42: resultados obtidos nas indústrias de cerâmica vermelha “Unidades de Demonstração”, no Rio de Janeiro (adaptado de: Tapia et al., 2000).

Nas unidades de demonstração nota-se um aumento de rentabilidade, que é atribuída ao menor consumo de energia por unidade de produto, à redução do índice de perdas e à maior capacidade de produção.

No caso de telhas cerâmicas a bibliografia é escassa. Na figura 43, o Green Building Digest (1996) apresenta alguns dados referentes à energia incorporada em peças de cobertura, em MJ/kg. A seguir, é apresentado o peso de cada tipo de cobertura, por m² de telhado, com valores de energia por m² de telhado.

Material	Energia (MJ/kg)	Peso do telhado (kg/m²)	Energia (MJ/m²)
Telhas de concreto	1	43-87	43-87
Telhas cerâmicas	6,3	42-68	265-428
Aço (0.7mm)	25-33	7,3-8,7	181-287
Cobre	70	2,8-6,3	197-441
Alumínio (0.9mm)	180-240	3-5,1	544-922

Figura 43: energia incorporada em materiais de cobertura (fonte: GREEN BUILDING DIGEST,1996).

Chen et al. (2001), analisando a energia incorporada de edificações residenciais em Hong Kong utilizaram valores de 5,47 MJ/kg, para as telhas cerâmicas e 2,5 MJ/kg para tijolos, porém o texto não especifica precisamente as fontes para estes valores.

Segundo a bibliografia mencionada, os valores para a energia incorporada a tijolos e blocos cerâmicos, apresentam uma variação de 1,05 a 7,00 MJ/kg ou 0,291 a 1,944 kWh/kg. Já para as telhas cerâmicas os dois valores encontrados foram de 5,27 MJ/kg e 6,30 MJ/kg ou 1,519 kWh/kg e 1,750 kWh/kg. No Capítulo 6, os valores referenciados pela bibliografia são comparados aos resultados, obtidos junto às indústrias cerâmicas do Estado do Rio Grande do Sul.

4.3 EMISSÕES GASOSAS

A fabricação de materiais de construção e seu transporte consomem energia, gerando emissões ligadas ao aquecimento global, chuva ácida e a poluição do ar por particulados (LIPPIATT, 2000).

O Green Building Digest (1995), figura 44, aponta outros impactos ambientais relacionados à fase de produção de tijolos e de blocos, no Reino Unido. Na fase de uso destes materiais, os impactos como consumo de energia, manutenção e emissões danosas à saúde, são insignificantes.

A categoria emissões tóxicas está relacionada com a fase de queima de tijolos, que freqüentemente causa gases e vapores tóxicos. Já os oxidantes fotoquímicos dizem respeito aos óxidos de nitrogênio, resultantes da queima de combustíveis, e de outras reações que ocorrem a altas temperaturas.

Material	Conteúdo energético	Exaustão de recursos (não-bio)	Aquecim. Global	Emissões tóxicas	Chuva ácida	Oxidantes fotoquímicos
Tijolo maciço	Alto	Desprezível	Desprezível	Baixo	Baixo	Baixo
Tijolo com furos	Baixo	Desprezível	Desprezível	Baixíssimo	Baixíssimo	Baixo
Tijolo reutilizado	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Telhas cerâmicas	Alto	Baixíssimo	Baixíssimo	Alto	Baixo	-

Figura 44: impactos relacionados à fase de produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicos, no Reino Unido (fonte: GREEN BUILDING DIGEST; 1995, 1996).

Segundo o Green Building Digest (1995,1996), as emissões gasosas relacionadas ao processo produtivo de blocos e telhas cerâmicos no Reino Unido são de SO₂, NO_x, CO₂, responsáveis pela chuva ácida e o aquecimento global.

A FEPAM (1997) efetuou um estudo onde é realizada uma aproximação do consumo de combustíveis para queima em indústrias e da geração das emissões atmosféricas provenientes desta queima, para o Estado do Rio Grande do Sul. Foram estimados os parâmetros: material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO₂). A pesquisa considera 47.939 atividades industriais, constantes no cadastro da Secretaria da Fazenda, tendo como referência o ano de 1996. Na mesma data o banco de dados da FEPAM contava com 10.530 atividades industriais. Segundo estes cadastros o número de indústrias no Estado consumidoras de combustíveis em fornos, fornalhas, caldeiras e secadores, era de 3.847.

Os dados necessários foram obtidos através de consultas aos processos administrativos das indústrias existentes na FEPAM. Para tanto, foram utilizados dados fornecidos pelas próprias empresas e dados de relatórios de vistoria. Para consolidação dos dados o estudo também leva em conta outras referências mais específicas, como, por exemplo, os relativos à queima de combustíveis em caldeiras, obtidos junto à Delegacia Regional do Trabalho.

Para o caso das olarias, que são atividades com elevada concentração no Estado do Rio Grande do Sul e grandes consumidoras de lenha, foram adotados procedimentos específicos para a complementação dos dados relativos à queima em fornalhas, para aqueles que não possuíam processos administrativos na FEPAM. Para tanto, as mesmas foram selecionadas do arquivo de dados, fornecido pela Divisão de Tecnologia e Informações Fiscais, da Secretaria da Fazenda, e através da avaliação dos dados existentes nos processos administrativos pertencentes ao banco de dados da FEPAM, foi possível a determinação do consumo médio por porte para esta atividade.

Para a determinação das emissões de material particulado e SO₂, foi utilizada a sugestão de fatores de emissão para os principais combustíveis utilizados no Rio Grande do Sul, formulada pela FEPAM em 1981, e explicitada na figura 45.

Combustível	Fator de emissão para material particulado (MP)	Fator de emissão para SO ₂
Óleo BPF	5,64 kg/t BPF	95 kg/t BPF
Bagaço de cana	0,6 kg/t bagaço	0
Carvão	80 kg/t carvão	38 kg/t carvão
Casca de arroz	5 kg/t casca de arroz	0
Lenha	2,5 kg/t lenha	0,75 kg/t lenha
Óleo diesel	0	19 kg/t óleo
Serragem	5 kg/t serragem	0,75 kg/t serragem

Figura 45: emissões atmosféricas geradas na queima dos principais combustíveis utilizados no Estado do Rio Grande do Sul (adaptado de FEPAM 1981 apud FEPAM, 1997).

Os resultados relativos a emissões de material particulado e SO₂ por queima de combustíveis, em algumas tipologias industriais, são apresentados na figura 46. Porém a FEPAM não especifica as indústrias que realmente estão incluídas em cada tipologia industrial.

Para os MP são apresentadas as emissões potenciais, ou seja, sem controle e as emissões residuais, após sistema de controle.

Tipologia	Emissões de MP (t/ano)		Emissões de SO ₂ (t/ano)
	Potencial	Residual	Residual
Usina Termelétrica	488.500	11.090	35.592
Fab. de prod. derivados do processamento e do petróleo	105.680	5.284	16.023
Fab. de artigos diversos de barro cozido	1.867	1.867	555
Fab. Cimento	448	233	441
Siderurgia	175	175	2.941
Serraria	88	80	26
Fab. de elaboração e beneficiamento de vidro e cristal	93	77	1.792
Fab. de chapas madeira aglomerada/prensada, mineralizada	50	44	307
Fab. Material cerâmico	30	30	2.202
Usina de asfalto	11	10	197
Fab. de tintas e correlatos	2	2	27
Fab. de estruturas e/ou esquadrias metálicas	1	1	25
Usina de produção de concreto	1	1	20
Beneficiamento de pedras	0,04	0,04	0,41

Figura 46: distribuição de MP potencial e residual e SO₂, por queima de combustíveis, em algumas tipologias industriais no Estado do Rio Grande do Sul (adaptado de FEPAM, 1997).

A figura 47 descreve as emissões de material particulado residual estimadas, por setor industrial do Estado. O setor de olarias e materiais cerâmicos ocupa o quarto lugar, sendo responsável por 10% do total anual deste tipo de emissão. Na mesma tabela são descritas as emissões de SO₂ estimadas, por setor industrial do Estado. Nesta categoria o setor de olarias e materiais cerâmicos ocupa o sexto lugar, sendo responsável por 5% do total anual deste tipo de emissão.

Através dos resultados apresentados pela FEPAM (1997) percebemos que as atividades ligadas ao setor de cerâmica têm importante contribuição, no que diz respeito às emissões de material particulado e SO₂. Porém devemos ressaltar que existe um número elevado deste tipo de estabelecimento no Estado, e que não estão descritas, por tipo de produto, as indústrias pertencentes ao setor.

EMISSÕES DE MP		EMISSÕES DE SO ₂	
Setor Industrial	MP residual (t/ano)	Setor Industrial	SO ₂ residual (t/ano)
Centrais termoelétricas	11.090	Centrais termoelétricas	35.592
Indústria petroquímica	6.199	Indústria petroquímica	24.681
Indústria alimentar	2.877	Indústria alimentar	10.878
Olarias e materiais cerâmicos	2.211	Indústria metal mecânica	5.947
Indústria química	1.353	Papel e celulose	5.383
Papel e celulose	721	Olarias e materiais cerâmicos	5.030
Indústria coureiro calçadista	622	Indústria química	4.741
Outros	601	Outros	2.743
Indústria metal mecânica	278	Indústria da borracha	2.462
Total	25.952	Total	97.457

Figura 47: distribuição da emissão de material particulado e de SO₂, por queima de combustíveis, por setor industrial, no Estado do Rio Grande do Sul (adaptado de: FEPAM, 1997).

Relatadas algumas das emissões produzidas pelas indústrias, em especial a de cerâmica, cabe descrever alguns dos impactos ambientais causados por emissões aéreas:

a) **acidificação ou chuva ácida** – causada, principalmente, por compostos de enxofre e nitrogênio. As suas principais fontes são a queima de combustíveis fósseis e a combustão de biomassa. (LIPPIATT, 2000).

b) **aquecimento global ou efeito estufa** – é o resultado do acúmulo de gases capazes de absorver radiação infravermelha na atmosfera. O CO₂ é considerado o principal gás do efeito estufa, mas outros gases, como o metano, CFCs, ozônio e os aerossóis também contribuem para o aquecimento. O crescimento da concentração de CO₂ na atmosfera vem crescendo pela queima de combustíveis fósseis e redução das áreas de florestas (JOHN, 2000).

4.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

As atividades industriais geram grandes quantidades de resíduos, que, em geral, são simplesmente descartados como lixo, constituindo problemas para sua futura gestão (DIAS, 2001).

Alguns resíduos sólidos podem causar o fenômeno da eutroficação, que é o aumento de nutrientes no solo ou na água. A adição de grandes quantidades de nutrientes minerais, como nitrogênio e fósforo, pode resultar em um aumento do número de espécies de um ecossistema e redução da diversidade ecológica (LIPPIATT, 2000).

Do ponto de vista tecnológico, os resíduos cerâmicos apresentam potencialidades de uso variado, desde como agregado para concreto, argamassa ou artefatos de cimento, onde participam como inerte, como filler e, possivelmente, com alguma atividade pozolânica e, ainda, poderiam ser reaproveitados como cargas, no próprio processo de produção da indústria cerâmica (DIAS, 2001).

Ripoli Filho (1997) realizou um estudo demonstrando a viabilidade técnica da incorporação à argila, de resíduos cerâmicos gerados na própria indústria, sendo este material denominado de chamote.

A produção de materiais cerâmicos, como tijolos, também pode absorver resíduos de outros processos, como a lama proveniente do processo de caustificação do efluente da indústria de papel, o vidro proveniente do material descartado no meio urbano, ou resíduos vegetais, como a serragem e cavacos, provenientes de desdobros e beneficiamento da madeira ou de picadores (CINCOTTO, 1988).

A reciclagem dos resíduos cerâmicos pode trazer os seguintes benefícios: eliminação das despesas com deposição dos resíduos; instalação de nova atividade produtiva, com geração de novos empregos; eliminação dos pontos de eliminação clandestina de resíduos; melhoria das condições de salubridade e visuais do entorno da cidade; geração de nova fonte de renda para as indústrias; mudança cultural na cidade e região, com a valorização das atividades sustentáveis; redução da exploração de agregados naturais na região, com preservação das áreas de terra com potencial produtivo (DIAS, 2001).

4.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Como indica a bibliografia, a fase de produção de materiais de construção provoca impactos ambientais significativos, com relação ao meio ambiente. A escolha da utilização de um determinado material, em detrimento de outro, deve passar por uma análise criteriosa. No que diz respeito à fase de produção de materiais deve-se observar aspectos relacionados à disponibilidade de recursos naturais necessários a fabricação do produto final, a quantidade e o tipo das fontes energéticas empregadas, as emissões geradas principalmente pela queima de insumos energéticos e os resíduos provenientes do processo produtivo, entre outros. Para amparar a escolha de materiais de construção em critérios

ambientais, é necessário, primeiramente, coletar e gerar dados que forneçam uma base sólida sobre o assunto.

Quanto à produção de materiais de cerâmica vermelha, foram relacionados aspectos ligados a localização e disponibilidade das jazidas de argila da Região Metropolitana de Porto Alegre, a energia consumida pelo setor a nível Nacional e Estadual, a energia incorporada em materiais cerâmicos, considerando processos produtivos de diferentes locais, as emissões geradas pelo setor em nível Estadual, e possibilidades de reaproveitamento dos resíduos gerados pelo setor.

Observados os traços gerais do setor de cerâmica vermelha, o capítulo a seguir aborda a realidade local das indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul, através de pesquisa de campo realizada em 40 estabelecimentos.

5 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA: UMA ANÁLISE REGIONAL

Este capítulo apresenta informações qualitativas relativas aos impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha visitadas, correspondentes aos resultados obtidos no múltiplo estudo de caso realizado nesta pesquisa. Estes são complementados e comparados a dados coletados junto ao SIOCERGS, na pesquisa realizada pelo SENAI (2000) “O perfil da indústria cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul” e na dissertação “Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS”, de autoria de Giane Grigoletti (2001).

5.1 METODOLOGIA UTILIZADA NO MÚLTIPLO ESTUDO DE CASO

De modo geral, como indicado na figura 48, a metodologia de caracterização dos impactos ambientais analisa as fases do processo produtivo (extração da argila, preparo da massa, moldagem, secagem, queima e produto final), observando os itens recursos humanos, recursos naturais, energia, resíduos e emissões gasosas, apoiando-se na metodologia de Análise de Ciclo de Vida. Esta abordagem já foi utilizada anteriormente por Grigoletti (2001), porém com um enfoque diferenciado.

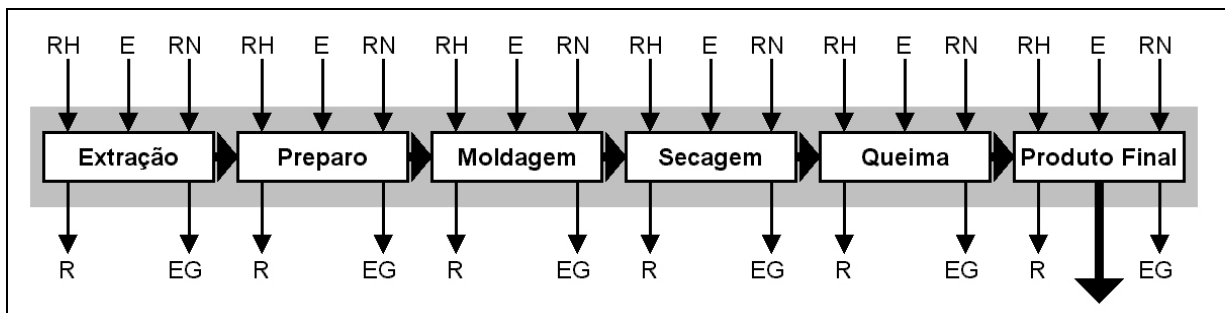


Figura 48: impactos associados ao processo produtivo de cerâmica vermelha (adaptado de: Grigoletti, 2001).

A seguir são descritas as questões abordadas em cada item:

a) **recursos naturais (RN):**

- *extração da argila*: como é feita a extração (mecânica ou manual); há quanto tempo à jazida vem sendo explorada e qual a sua vida útil; se existem outras áreas com potencial de exploração; o que será feito com a área, assim que a jazida se esgotar; o que foi feito com outras áreas que a indústria porventura já tenha explorado;

- *outras matérias-primas*: identificação de outras matérias-primas que possam ser adicionadas à argila; tipos, quantidades e origem;
 - *consumo de água*: identificação da quantidade de água empregada e sua procedência;
 - *uso do solo*: qual a área ocupada pela jazida;
- b) **fontes energéticas (E)**: identificação dos tipos de fontes utilizadas; das quantidades consumidas, de forma aproximada, da origem (no caso de lenha, resíduos de outro processo produtivo, etc.). Inclui identificação dos combustíveis gastos com transporte de insumos, para as indústrias e dos produtos acabados, para o mercado consumidor, bem como no transporte de empregados. Identificação de estratégias para a redução de consumo energético;
- c) **emissões gasosas (EG)**: origem da geração dentro da indústria e possibilidades de assimilação local;
- d) **geração de resíduos (R)**: identificação do tipo de resíduo gerado e sua destinação. Identificação de estratégias para a redução de sua geração;
- e) **recursos humanos (RH)**: busca-se identificar o número de funcionários; se existe preocupação com aperfeiçoamento técnico; quais são as condições, no que diz respeito ao ambiente de trabalho; se a indústria oferece algum benefício (plano de saúde e moradia).

Além destes aspectos, buscou-se informações relativas ao tempo de existência da empresa, tipo de produtos fabricados, custos dos produtos, mercado consumidor, vantagens e desvantagens do setor.

Por ser um setor de difícil penetração, optou-se por realizar entrevistas junto às indústrias cerâmicas, onde foi aplicado um questionário e, posteriormente, foi realizada uma visita às instalações da indústria.

A elaboração do instrumento utilizado para a realização do múltiplo estudo de caso, ou seja, do questionário, foi realizada a partir da leitura de trabalhos anteriores. Inicialmente foi formulado um modelo preliminar de questionário, aplicado a 5 indústrias, 4 na região da Serra e 1 na região Vale do Rio Caí. Após esta etapa foram feitos ajustes no instrumento, chegando-se a um questionário definitivo, apresentado no Apêndice C, aplicado a 32 indústrias. Cabe ressaltar que, em alguns casos, incluindo as indústrias cerâmicas onde o instrumento foi testado, tornou-se necessária uma

complementação dos dados, sendo esta realizada através de ligações telefônicas ou novas visitas ao local.

Devido às dificuldades, tanto em definir quantitativamente a população real de indústrias cerâmicas existentes no Estado do Rio Grande do Sul, quanto de estudá-las individualmente, o que inviabiliza de imediato a realização de um censo ou de uma amostragem aleatória, optou-se por realizar o estudo de um subconjunto da população ou amostragem não-aleatória (não-probabilística). Segundo Bêrni (2002) existem situações práticas em que a seleção de uma amostragem aleatória é muito difícil ou até mesmo impossível. Geralmente, a maior dificuldade está na obtenção de uma lista confiável dos elementos da população, ou do tempo e recursos necessários para levantar esta listagem, adequada à abrangência da pesquisa primária pretendida.

Além de não indicar o número exato de indústrias, o SIOCERGS não possui a classificação das indústrias cadastrada por porte. As informações disponíveis dizem respeito à classificação das indústrias por regiões e ao número de funcionários das indústrias, estando este último item incompleto.

Contudo, uma amostragem não-aleatória pode ser mais adequada, quando já se tenha razoável conhecimento sobre as características de uma pequena população e se pode selecionar casos representativos. A amostragem não-aleatória se insere em um universo de estudo em que o pesquisador recebe maior liberdade na obtenção de seus dados, mas diminui a credibilidade da inferência de seus resultados para toda a população (BÊRNI, 2002).

Diante deste quadro, optou-se por selecionar as empresas nas regiões onde ocorre uma concentração destas indústrias, bem como se buscou indústrias de diversas regiões do Estado e de portes variado. No entanto, o número de indústrias visitadas foi limitado por fatores como a acessibilidade ao local e o aceite dos proprietários das mesmas em participar da entrevista, além do tempo e da verba disponíveis para a realização desta pesquisa.

O estudo de caso abrange 40 indústrias de cerâmica vermelha, distribuídas geograficamente em diversas regiões do Estado do Rio Grande do Sul, conforme figura 49. Destas, 37 foram visitadas ao longo do período de realização desta dissertação e 3 foram visitadas por Grigoletti (2001), em pesquisa anterior. As visitas foram realizadas no período de maio de 2001 a dezembro de 2002, excetuando-se as 3 visitas efetuadas por Grigoletti (2001), realizadas no período de julho a dezembro de 2000.

Este estudo abrangeu 11 Regiões do Estado, e incluiu 25 diferentes municípios. A figura 50 aponta os municípios em que as entrevistas foram realizadas e a Região do Estado a que estes pertencem.

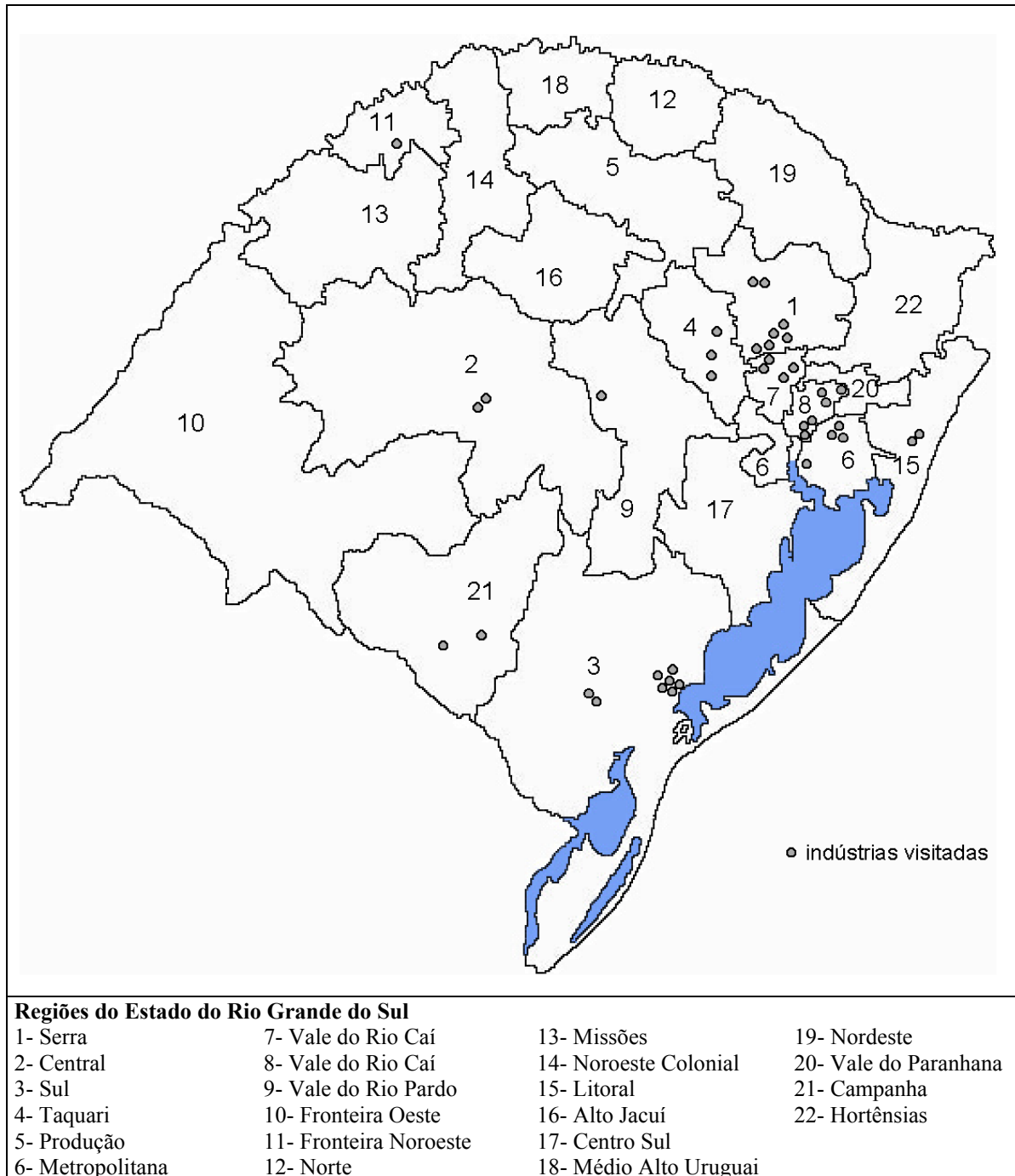


Figura 49: localização das indústrias visitadas para a realização do múltiplo estudo de caso (fonte: própria)

Região	Município	Número indústrias	Participação (%)	
			Por Município	Por Região
Serra	Farroupilha	3	7,5	17,5
	Carlos Barbosa	2	5,0	
	Vila Flores	2	5,0	
Sul	Pelotas	6	15,0	20,0
	Cerrito	2	5,0	
Central	Santa Maria	2	5,0	5,0
Vale do Rio Taquari	Arroio do Meio	1	2,5	7,5
	Encantado	1	2,5	
	Estrela	1	2,5	
Metropolitana	Gravataí	3	7,5	10,0
	Porto Alegre	1	2,5	
Vale do Rio Caí	Barão	1	2,5	10,0
	Bom Princípio	1	2,5	
	Feliz	1	2,5	
	São Pedro da Serra	1	2,5	
Vale do Rio dos Sinos	Campo Bom	2	5,0	15,0
	Canoas	1	2,5	
	Esteio	1	2,5	
	Nova Hartz	1	2,5	
	Sapucaia do sul	1	2,5	
Vale do Rio Pardo	Candelária	1	2,5	2,5
Fronteira Noroeste	Santa Rosa	1	2,5	2,5
Litoral	Osório	2	5,0	5,0
Campanha	Bagé	1	2,5	5,0
	Hulha Negra	1	2,5	
Total		40	100,0	100,0

Figura 50: municípios das indústrias pesquisadas.

Quanto ao volume de peças produzidas mensalmente pelas indústrias cerâmicas, parâmetro importante na definição do porte das indústrias, estas foram divididas em 3 grupos, ilustradas na figura 51. Dentre as indústrias do grupo de “grande porte”, 5 têm uma produção superior a 1.000.000 de peças por mês. A figura 52 resume as principais características das indústrias pesquisadas, como produção mensal, região em que se localizam e número de funcionários.

A média geral de produção das empresas foi de 397.600 peças/mês. A média de produção entre as indústrias de pequeno porte é de 65.000 peças/mês, entre as de médio porte é de 194.933 peças/mês, e entre as de grande porte é de 822.000 peças/mês. Dentre as pesquisadas, a empresa com menor produção gera 20.000 peças/mês, no município de Nova Hartz, sendo que a de maior produção é gera 1.500.000 peças/mês, no município de Vila Flores.

Porte das indústrias	Volume de produção	Número de indústrias analisadas	Participação (%)
Pequeno porte	Até 100 mil peças/mês	10	25
Médio porte	De 100 a 300 mil peças/mês	15	37,5
Grande porte	Acima de 300 mil peças/mês	15	37,5

Figura 51: classificação das indústrias, segundo seu volume de produção (adaptado de: Grigoletti, 2001).

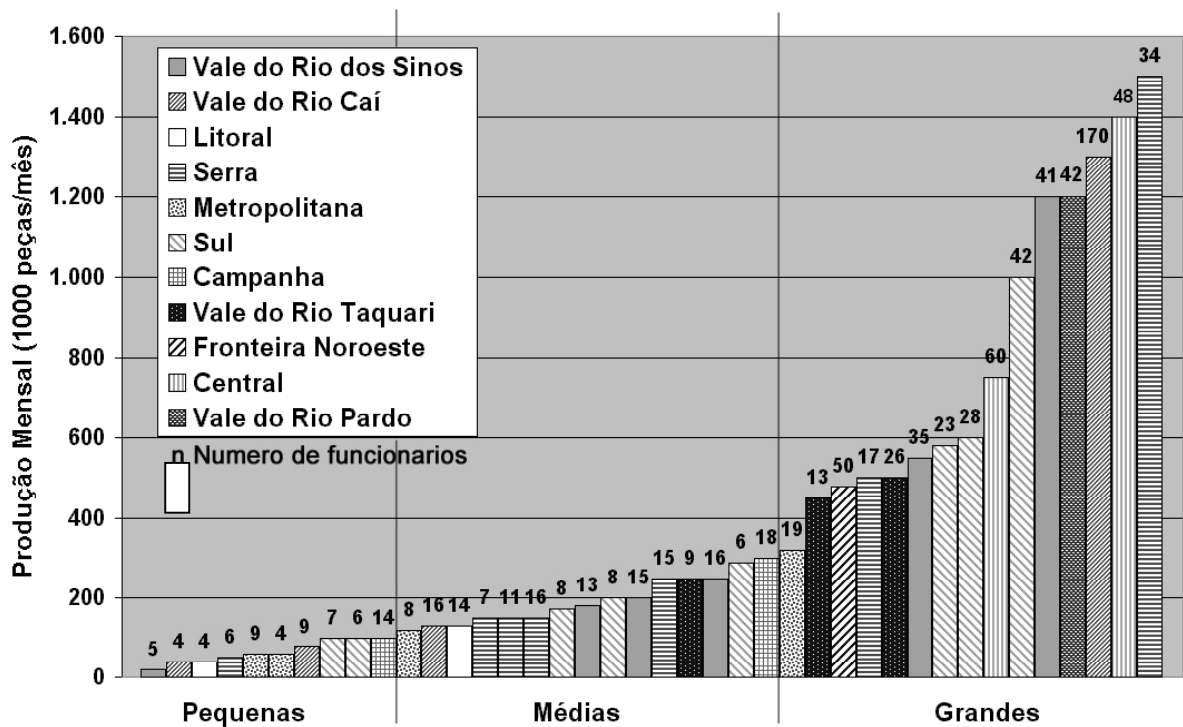


Figura 52: caracterização da amostra.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são expostos os resultados obtidos através das entrevistas realizadas nas 40 indústrias, divididos nos itens: dados gerais, extração de argila e preparação da mistura, secagem, queima, produto acabado e comercialização, recursos humanos e outros aspectos.

5.2.1 Dados Gerais

Quanto aos tipos de produtos fabricados pelas indústrias visitadas, ilustrados na figura 53, a maioria das indústrias produz tijolos maciços e blocos de dimensões variadas; apenas 2 das entrevistadas fabricam blocos estruturais. Além da produção de tijolos e blocos, 3 têm em suas linhas de produção componentes de laje mista (tabelas), outras 3 também produzem telhas e 1 cumeeiras.

Nota-se que o setor de produção de cerâmica vermelha têm tradição, devido ao fato de grande parte das indústrias estarem operando há bastante tempo no mercado. A média de idade é de 33,1 anos, sendo que a mais antiga está operando há 92 anos, na cidade de Santa Maria, Região Central, e a mais recente atua há 7 anos no município de Cerrito, Região Sul. A média de idade das indústrias de pequeno porte é de 30 anos, das de médio porte é de 31 anos e das de grande porte é de, aproximadamente, 37 anos.

Tipos de produtos	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Somente tijolos	3	3	-	6	15,0
Somente blocos	2	7	9	18	45,0
Tijolos e blocos	4	3	3	10	25,0
Blocos e telhas	1	1	1	3	7,5
Blocos e telhas	-	1	1	2	5,0
Somente telhas	-	-	1	1	2,5
Totais	10	15	15	40	100,0

Figura 53: tipo de produtos fabricados pelas indústrias pesquisadas.

Quanto ao processo produtivo, de modo geral, as indústrias consideradas de pequeno porte possuem processos artesanais, com baixo nível de mecanização, e a secagem é natural. Os fornos são do tipo intermitente (em 4 das indústrias de pequeno porte) ou semicontínuo (em 6 das indústrias de pequeno porte). Nas indústrias de médio porte geralmente o processo é semi-automatizado, a secagem é natural ou artificial (das 15 pertencentes a esta categoria, 7 indústrias utilizam somente secagem natural, e 7 utilizam os dois sistemas, sendo que apenas 1 faz somente a secagem artificial), e os fornos são do tipo intermitente ou semicontínuo (apenas 2 das 15 indústrias utilizam forno túnel). As indústrias de grande porte têm processos semi-automatizados ou automatizados, em geral, com secagem artificial (somente 2 possuem secagem exclusivamente natural) e fornos tipo túnel (apenas 1 possui forno tipo semicontínuo). A figura 54 sintetiza os tipos de processos produtivos das indústrias de portes distintos.

Processo produtivo	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Artesanal	6	2	-	8	20,0
Semi-automatizado	3	13	9	25	62,5
Automatizado	1	-	6	7	17,5
Totais	10	15	15	40	100,0

Figura 54: grau de automação do processo produtivo.

A produção total das indústrias pesquisadas é de 15.904.000 peças/mês e o total de funcionários é de 896, gerando uma produção média de 17.750 peças/funcionário/mês. Este resultado está acima da produtividade nacional, apontada por TAPIA et al. (2000), como sendo de 13.300 peças/funcionário/mês, e bem abaixo da produtividade europeia, de 200.000 peças/funcionário/mês. Das indústrias pesquisadas, 15 apresentam produtividade acima da média encontrada, sendo que 10

são de grande porte e as restantes, de médio porte. Algumas das indústrias têm produtividade bastante distinta da média encontrada. A de maior produtividade atinge 88.235 peças/funcionário/mês, sendo também a indústria que produz a maior quantidade de peças por mês, 1.500.000, localizada em Vila Flores. A de menor produtividade fabrica 714 peças/funcionário/mês e está localizada em Hulha Negra, produzindo 100.000 peças/mês.

A figura 55 apresenta a produtividade obtida por porte das indústrias. Algumas informações complementares são fornecidas no Apêndice D. Este apresenta os indicadores de eficiência das indústrias, por produto fabricado e por porte, analisando produção, número de funcionários e produtividade.

Porte das indústrias (número de indústrias)	Produção total (peças)	Número de funcionários total	Produtividade (peças/func./mês)
Pequeno (10)	650.000	68	9.558,8
Médio (15)	2.924.000	180	16.244,4
Grande (15)	12.330.000	648	19.027,8

Figura 55: produtividade das indústrias, por porte.

5.2.2 Extração de Argila e Preparação da Mistura

Na grande maioria das indústrias pesquisadas, a extração da argila é realizada com o auxílio de retroescavadeira, sendo que estas utilizam como combustível o óleo diesel. Posteriormente o material é transportado até as indústrias com caminhões caçamba, com capacidades que variam de 4 m³ a 15 m³.

Na preparação da mistura para a confecção das peças cerâmicas é comum a utilização de mais de um tipo de argila, com a finalidade de melhorar a qualidade do produto final. A figura 56 mostra os resultados obtidos nas indústrias entrevistadas, comparando-os com os resultados obtidos pelo SENAI (2000), no Rio Grande do Sul.

Quantos tipos de argila	Indústrias pesquisadas		Resultados SENAI (2000)	
	n° indústrias	%	n° indústrias	%
1 tipo	16	40,0	20	27,8
2 tipos	16	40,0	29	40,3
3 tipos	2	5,0	17	23,6
4 ou mais tipos	5	12,5	5	6,9
Não respondeu	1	2,5	1	1,4
Total	40	100,0	72	100,0

Figura 56: quantidade de tipos de argilas utilizadas na mistura (fonte: própria e adaptada de Senai, 2000).

A indústria que utiliza mais tipos de argila, faz uma mistura com 7 tipos diferentes de argila. Além de misturar tipos diferentes de argila a empresa, que produz 1.400.000 peças/mês, faz um sazonalamento de 2 anos, para garantir a qualidade de seus produtos, blocos de vedação e estruturais. A pesquisa do SENAI (2000) constatou que 54,2% dos estabelecimentos realiza sazonalamento, destes, 12,8% dos estabelecimentos realizam um sazonalamento de até 1 mês, 23,1%, de 1,1 até 3 meses, 41,0%, de 3,1 a 6 meses e 23,1%, de 6,1 a 12 meses.

Com a finalidade de obter uma mistura de melhor qualidade, as indústrias procuram argilas com características diferentes, muitas vezes sendo obrigadas a extrair de jazidas diferentes, ou, em alguns casos, comprar argila de terceiros. A figura 57 mostra as distâncias entre as jazidas de extração e as indústrias, onde são retiradas as maiores quantidades de argila para os seus processos produtivos.

Em alguns casos, além de possuírem jazidas a pequenas distâncias, as indústrias adquirem argila de terceiros, localizadas a uma distância maior. Em Vila Flores, uma das indústrias com produção de 1.500.000 peças/mês, compra de terceiros 150 toneladas (10 cargas) de argila, mensalmente, a 180 km de distância. Em Santa Maria, uma das indústrias, com produção de 1.400.000 peças/mês, extrai argila a 80 km.

Distância entre a jazida e a indústria	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
De 0 a 2 km	5	7	5	17	42,5
De 2,1 km a 5 km	1	4*	3	8	20,0
De 5,1 km a 10 km	1	4	3	8	20,0
De 10,1 km a 20 km	2	-	3	5	12,5
A 100km	1	-	-	1	2,5
Não respondeu	-	-	1	1	2,5
Total	10	15	15	40	100,0

*uma das indústrias enquadradas nesta categoria também extrai argila a 15km

Figura 57: distâncias entre as indústrias cerâmicas e jazidas.

Na Região do Vale do Rio Caí, três das empresas visitadas compram argila de terceiros, de 70 km a 100 km, nas cidades de Gravataí e Nova Santa Rita. A de menor porte, situada no município de São Pedro da Serra, com produção de 80.000 peças/mês, entre tijolos maciços e blocos cerâmicos, adquire 2 cargas de 10 m³ por mês, o que representa aproximadamente 9% do volume total de argila utilizado mensalmente. O custo é de R\$5,00/m³, sem incluir o frete. Outra indústria, situada no município de Feliz, com produção de 130.000 peças/mês distribuídas entre blocos, telhas e cumeeiras, adquire de terceiros, aproximadamente, 12,5% do volume total utilizado de argila. Também no município de Bom Princípio, uma indústria que fabrica 1.300.000 telhas por mês, compra de terceiros, aproximadamente, 50% da argila que utiliza mensalmente. Em ambos os casos, a justificativa para a compra de argila a grandes distâncias é a melhora da mistura.

Uma das indústrias em Sapucaia do Sul, com produção de 1.200.000 peças/mês, a maioria blocos estruturais, compra argila à uma distância de 40 km, em Nova Santa Rita, a um custo de R\$6,80/m³, com o frete já incluso. Uma indústria localizada em Santa Rosa busca 30 toneladas de argila, mensalmente (menos de 10% do consumo total mensal), a 500 km e produz 480.000 peças/mês, entre tijolos maciços, blocos 6 furos e telhas. Outra localizada em Osório, que produz 130.000 blocos/mês, busca 30% da argila consumida a 80 km de distância.

Quanto à propriedade da jazida, 24 indústrias (60,0%) extraem a argila de jazidas próprias, 3 (7,5%) extraem argila da jazida de terceiros e 13 indústrias (32,5%) extraem argila de jazidas próprias e também extraem ou compram argila de terceiros.

Uma situação interessante ocorre no município de Pelotas, onde existe uma cooperativa de indústrias que extrai argila de uma área de propriedade da Prefeitura Municipal, sendo que esta é responsável pela legalização da jazida e sua posterior recuperação.

Na Região da Serra, 17 indústrias constituíram uma associação com a finalidade de discutir os problemas do setor e encontrar soluções para as dificuldades do cotidiano. Os associados pagam taxas mensais a profissionais do setor, como geólogos e engenheiros, possuindo benefícios para a realização de testes tecnológicos e para a obtenção de licenciamento ambiental de uma nova área de exploração. Na Região do Vale do Rio Taquari, 50 indústrias de mineração possuem uma parceria com uma empresa que presta serviços na área de licenciamento ambiental, a quem pagam uma quantia mensalmente.

A figura 58 mostra há quanto tempo as jazidas de propriedade das indústrias vem sendo exploradas, bem como o tempo restante estimado de utilização, considerando a manutenção dos atuais níveis de extração. A jazida que vem sendo explorada há mais tempo, se situa na cidade de Campo Bom e possui 60 anos de utilização, e as jazidas mais recentes possuem poucos meses de utilização. Nota-se que, para estes itens, houve um considerável índice de indústrias que não responderam às perguntas, pois no caso do tempo de utilização das jazidas há uma falta de controle por parte dos responsáveis, e no caso do tempo restante de utilização das jazidas, é difícil de determinar a quantidade exata de material disponível.

Quando questionados a respeito da existência de outras áreas de exploração, 22 responderam que não possuem outras áreas para a exploração, 13 responderam que possuem outras áreas e 5 não sabiam informar. Das indústrias que responderam positivamente à questão, 8 são de grande porte, 4 de médio porte e apenas 1 de pequeno porte.

Tempo	Tempo que a jazida vem sendo utilizada		Tempo restante de utilização da jazida	
	n° indústrias	%	N° indústrias	%
Até 2 anos	6	15,0	1	2,5
De 2 a 5 anos	6	15,0	11	27,5
De 6 a 10 anos	5	12,5	7	17,5
De 11 a 15 anos	4	10,0	1	2,5
De 16 a 20 anos	4	10,0	4	10,0
De 21 a 25 anos	2	5,0	-	0,0
De 25 a 30 anos	2	5,0	1	2,5
De 31 a 50 anos	4	10,0	2	5,0
Mais que 50 anos	1	2,5	2	5,0
Não respondeu	6	15,0	11	27,5
Total	40	100,0	40	100,0

Figura 58: tempo de utilização das jazidas.

A figura 59 mostra a área ocupada pelas jazidas, sendo que a maioria tem menos que 10 ha. Das jazidas com mais de 20 ha, uma possui 36,5 ha e pertence a uma indústria de Santa Maria, a outra possui 75 ha e pertence a uma indústria de Campo Bom. A área média ocupada pelas jazidas é de 8,76 ha. A profundidade das mesmas é muito variável, até mesmo em uma única jazida, fato que dificulta a determinação do volume com precisão.

Área da jazida	Porte das indústrias			Total	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Até 2 ha	4	6	-	10	25,0
De 2,1 a 5 ha	2	3	6	11	27,5
De 5,1 a 10 ha	4	3	5	12	30,0
De 10,1 a 20 ha	-	1	2	3	7,5
Mais de 20 ha	-	2	2	4	10,0
Área total ocupada	42,37 ha	155,94 ha	151,94 ha	350,25 ha	
Área média por ind.	4,24 ha	10,40 ha	10,13 ha	8,76 ha	

Figura 59: área ocupada pelas jazidas de extração de argila.

Com relação à recuperação das jazidas em atividade, quando estas se esgotarem, obteve-se 20 respostas. Destas, 11 informaram que será feito o reflorestamento da área, sendo que algumas declaram que a espécie escolhida foi o eucalipto, que posteriormente será utilizado como insumo energético na própria indústria. Outras 6 tem a intenção de fazer açudes para a criação de peixes, 2 indústrias informaram que seria realizado simplesmente um aterro e 1 realizaria primeiro o aterro e depois o reflorestamento. O restante das indústrias não soube informar. E no caso de um grupo de indústrias da Região Sul, no município de Pelotas, foi informado que a recuperação da área ficaria a cargo da Prefeitura Municipal, a responsável pelo terreno. Alguns exemplos de recuperação de antigas jazidas são ilustrados pelas figuras 60, 61 e 62.

Dezesseis indústrias declararam já ter explorado outras áreas de extração de argila. A recuperação foi realizada em 9 dos casos, com o reflorestamento da área e recuperação da mata nativa. Nas outras 7, foram feitos açudes, que segundo os proprietários das indústrias cerâmicas, servem para a criação de peixes. Uma das indústrias informou que, além do açude, foi implantada uma pastagem para a criação de animais.



Figura 60: mudas para reflorestamento da jazida, Estrela.



Figura 61: açude em antiga jazida de argila.



Figura 62: recuperação de antiga jazida, como área de lazer aos funcionários da indústria, em Candelária.

Das indústrias pesquisadas, 10 incorporam outras matérias-primas à mistura, e 2 estudam a incorporação de outros resíduos. A figura 63 apresenta quais são as matérias-primas utilizadas e sua origem, a localização das indústrias que as utilizam e a distância até os fornecedores.

O transporte da serragem utilizada pelas indústrias de Vila Flores é terceirizado. Uma delas paga R\$6,00/m³, enquanto a outra paga R\$7,00/m³. A primeira, com produção de 500.000 peças/mês, compra 30 m³ do insumo mensalmente, sendo que é utilizado na proporção de 1% da massa. A segunda indústria, com produção de 1.500.000 peças/mês, adquire 150 m³ do insumo mensalmente. A indústria de Carlos Barbosa, que produz 50.000 tijolos maciços por mês, consome 1 carga de 5 m³ de serragem mensalmente, na massa, além de outra parte para a queima. O mesmo acontece na indústria de Encantado, que incorpora serragem à massa, além de utilizá-la como combustível na fase da

queima. Em geral, o motivo da utilização da serragem incorporada à massa, nestas indústrias, é que esta favoreceria a secagem e a queima, melhorando a qualidade do produto final.

Município da indústria	Matéria-prima	Origem	Distância (km)
Carlos Barbosa	Serragem	Resíduo de fábrica de sapato	8
Vila Flores		Serrarias	20 a 150
Vila Flores		Serrarias e fábrica de móveis	45
Encantado		Serrarias	2 a 5
Pelotas	Cinza de casca de arroz	Engenho secador de arroz	10
Candelária		-	-
Bagé		Produção própria	0
Santa Maria	Carvão mineral e pó de ferro (estudo)	Gerdau	350
Bom Princípio	Pó de aciaria (estudo)	Siderúrgica Rio-Grandense	60
	Chamote	Produzido na própria cerâmica	0
Porto Alegre	Cinza da queima	Produzido na própria cerâmica	0
Cerrito	Areia	Rio Piratini	7

Figura 63: matérias-primas incorporadas à mistura.

Em Pelotas, uma das indústrias utiliza 10 m^3 de cinza de casca de arroz, mensalmente, a um custo de R\$5,00/ m^3 , sendo que sua produção é de 290.000 peças/mês. A proporção em que é utilizada na mistura é de 5%, tanto para a produção de blocos, como para a de telhas. Em Bagé, é utilizada a cinza dos próprios fornos, gerada pela queima da casca de arroz. A mistura é feita na proporção de 1:2 (cinza:argila). A cinza de casca de arroz melhoraria a plasticidade, além de diminuir a retração da massa.

Em Bom Princípio, a indústria que produz exclusivamente telhas, utiliza o *chamote*, que é obtido a partir dos resíduos cerâmicos gerados na própria indústria. Além deste resíduo, existem estudos para a incorporação de pó de aciaria à massa de argila, proveniente de Sapucaia do Sul.

A indústria de Santa Maria ainda está estudando a incorporação de resíduos provenientes da indústria Gerdau, localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre. E, por fim, a indústria de Cerrito não soube informar a quantidade de areia utilizada, somente o custo, que é de R\$5,00/ m^3 .

Quanto ao consumo de água, a maioria das indústrias não soube informar, com precisão, a quantidade utilizada. Apenas 9 indústrias responderam à questão, sendo os valores indicados variáveis entre 25 e 250 litros de água, para a fabricação de 1.000 tijolos. É prática comum acrescentar a água de forma empírica, mesmo porque a quantidade necessária é variável e depende da umidade que já está incorporada à argila.

Quanto à origem da água, apenas 8 indústrias (20,0%) utilizam água proveniente da companhia local, o restante, 80,0%, utiliza água de açudes, arroios ou poços artesianos.

A fonte energética utilizada pelo conjunto extrusor é a energia elétrica. Em apenas um dos casos, na menor das indústrias visitadas, localizada em Nova Hartz, a fonte energética utilizada é o óleo diesel.

5.2.3 Secagem

Depois das etapas de extração da argila, preparação da matéria-prima e moldagem, as peças seguem para a etapa de secagem. A figura 64 apresenta o tipo de secagem utilizada, por porte das indústrias.

Tipos de secagem	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Natural	10	7	2	19	47,5
Artificial	-	1	11	12	30,0
Natural e artificial	-	7	2	9	22,5
Total	10	15	15	40	100,0

Figura 64: tipos de secagem utilizada pelas indústrias pesquisadas.

Das indústrias pesquisadas, 19 (47,5%) utilizam apenas a secagem natural, onde as peças são dispostas em prateleiras, colocadas em áreas cobertas e abertas nas laterais, para facilitar a passagem do ar. O tempo necessário para a realização da secagem natural é bastante variável. Na Região da Serra, alguns dos ceramistas informaram que o tempo necessário pode variar de 15 dias, no verão, até 3 meses, no inverno. Na Região do Vale do Caí, um dos entrevistados apontou tempos de 2 a 3 semanas, e outro apontou períodos de 2 a 6 semanas. Já na Região do Vale do Rio Taquari, um dos ceramistas afirmou que seriam necessárias de 1 a 3 semanas, situação também verificada no município de Pelotas, Região Sul, e na Região do Vale do Rio dos Sinos.

Outras 12 (30%) indústrias utilizam somente a secagem artificial, e outras 9 (22,5%) utilizam os dois tipos de secagem. A secagem artificial é realizada em estufas, ou secadores, e o tempo médio para a realização desta tarefa é de 35,6 horas. O menor tempo é de 24 horas e o maior é de 70 horas. Dentre as 28 empresas que utilizam a secagem artificial, 20 fazem o reaproveitamento do calor do forno, o que representa uma economia no consumo de energia.

As indústrias que fazem o reaproveitamento do calor do forno são de médio e grande porte, como indicado na figura 65. Considerando-se somente o grupo de grande porte, 86,7% faz o reaproveitamento, enquanto no grupo das indústrias de porte médio, a percentagem é de 46,7%.

Reaproveitamento do calor do forno	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Não	10	8	2	20	50,0
Sim	-	7	13	20	50,0
Total	10	15	15	40	100,0

Figura 65: reaproveitamento do calor do forno.

A pesquisa do SENAI (2000) aponta uma média de 306 horas (quase 13 dias) para a secagem natural, sendo que o maior tempo foi de 1.000 horas e o menor de 40 horas. Já para a secagem artificial a média é de 29 horas. O maior tempo descrito foi de 60 horas e o menor de 18 horas.

Os insumos energéticos utilizados nas estufas e secadores, em geral, são os mesmos utilizados na etapa da queima, como a lenha, cavacos e serragem. Além destas fontes energéticas, também consomem energia elétrica.

5.2.4. Queima

A queima é realizada em fornos contínuos, semicontínuos ou intermitentes. Os fornos contínuos são do tipo túnel, os semicontínuos são do tipo Hoffmann e os intermitentes são de tipos variados, como campanha, paulistinha (chama reversível) e abóboda, entre outros. A figura 66 apresenta os tipos de fornos existentes nas indústrias analisadas.

Cabe ressaltar que muitas das indústrias possuem mais de um forno, sendo que, algumas vezes, são de tipos diferentes. Pela soma da quantidade total de fornos obteremos o número de 80, ou seja, uma média de 2 fornos por indústria. Nas indústrias de pequeno porte, a média é de 1,5 fornos/indústrias; nas de médio porte, de 2,6 e nas de grande porte, de 1,7 fornos/indústrias.

Tipos de fornos	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Intermitente (tipos variados)	3	7	-	10	25,0
Semicontínuo (Hoffmann)	6	6	1	13	32,5
Contínuo (túnel)	1	2	10	13	32,5
Interminente + contínuo	-	-	3	3	7,5
Interminente + semicontínuo	-	-	1	1	2,5
Total	10	15	15	40	100,0

Figura 66: tipos de fornos das indústrias pesquisadas.

A produção das 16 indústrias que possuem fornos tipo túnel varia de 100.000 peças/mês até 1.500.000 peças/mês. Destas, 3 produzem até 300.000 peças/mês (1 de pequeno porte e 2 de médio porte). As outras 13 indústrias são classificadas como sendo de grande porte, sendo que 5 delas produzem mais de 1.000.000 de peças/mês. Três das indústrias que possuem fornos tipo túnel também possuem fornos intermitentes, sendo estes últimos mais antigos. As empresas alegam que os fornos tipo túnel aumentam a eficiência energética e a qualidade do produto final, tornando-se um elemento de competitividade da empresa, porém os custos de implantação são elevados.

A produção das 14 indústrias que possuem fornos tipo semicontínuo ou Hoffmann varia de 20.000 peças/mês até 1.000.000 peças/mês. Destas, 6 indústrias se classificam como sendo de pequeno porte, ou seja produzem até 100.000 peças/mês, outras 6 indústrias são de médio porte (de 100.000 até

300.000 peças/mês), as duas restantes são de grande porte, uma, com produção de 450.000 (mas também possui um forno intermitente) e a outra, com produção de 1.000.000 (que possui 4 fornos tipo semicontínuo).

Nas 10 indústrias que possuem fornos exclusivamente do tipo intermitente, a produção varia de 40.000 peças/mês a 250.000 peças/mês, sendo que, destas, 3 são consideradas de pequeno porte e 7, de médio porte.

A figura 67 apresenta uma listagem dos insumos energéticos utilizados na etapa da queima, e as distâncias existentes entre as indústrias e os fornecedores dos mesmos. Deve-se destacar que algumas indústrias utilizam mais de uma fonte energética em seus fornos.

Recurso	Nº de indústrias	Distância das indústrias até o fornecedor (km)						
		0 a 10	11 a 30	31 a 50	51 a 70	71 a 100	Mais de 100	Não informou
Lenha	22	3	3	6	1	5 *	2	2
Serragem	14	2	2	3	1	4 *	2	-
Cavaco	6	1	-	-	-	4 **	-	1
Retalhos de madeiras	5	2	3	-	-	-	-	-
Refil	2	-	1	-	-	1	-	-
Casca de arroz	1	1	-	-	-	-	-	-
Óleo BPF	1	-	-	-	-	-	1	-
Papel (resíduo)	1	1	-	-	-	-	-	-
Sabugo de milho	1	-	-	-	-	-	1	-

* uma das indústrias desta categoria busca matéria-prima de 20 a 150km, tendo sido enquadrada pela média destes valores.

** duas das indústrias foram enquadradas pela média das distâncias, uma, busca matéria-prima de 20 a 150km e a outra, de 25 a 150km.

Figura 67: fontes energéticas utilizadas na etapa da queima e distância até o fornecedor.

A lenha utilizada nas indústrias é, de modo geral, de eucalipto ou pinus. Somente em um dos casos a madeira utilizada é de acácia de reflorestamento. Os valores das distâncias até os fornecedores variam de 5 km a 150 km. De modo geral, o custo aproximado do pinus é de R\$10,00/m³ e do eucalipto de R\$15,00/m³, entregues no local. As reclamações com relação aos fornecedores é que estes não têm entregue a lenha nas dimensões corretas, ou seja, na verdade a quantidade recebida é menor que 1 m³.

Quanto à procedência deste insumo, 5 indústrias declararam que, além de adquirir o material de serrarias, possuem produção própria de lenha. O restante das indústrias adquire a lenha de serrarias, e 2 das indústrias, ambas localizadas no município de Osório, compram da Flosul, empresa da Região Metropolitana, que trabalha exclusivamente com madeira de reflorestamento.

A serragem é utilizada em grande parte nas indústrias que possuem forno tipo túnel. O material é obtido junto a serrarias, madeireiras e indústrias de móveis. Uma das indústrias, em Gravataí, declarou

obter o insumo junto à Riocell, além de indústrias moveleiras. O custo da serragem varia de R\$5,00 a R\$7,00, por m³. A indústria que percorre menor distância para obter o insumo está localizada em Encantado, a uma distância de 2 km a 5 km dos fornecedores. Já outra indústria, localizada em Bom Princípio, com produção de 1.300.000 telhas/mês, percorre distâncias de até 300 km para obter serragem, única fonte energética utilizada na queima.

Os cavacos são obtidos junto às serrarias e madeireiras. Uma das indústrias, localizada em Santa Maria, compra lenha a uma distância de 25 km a 150 km. Chegando na indústria esta é picada e transformada em cavacos, possibilitando a sua utilização no forno tipo túnel.

Os retalhos de madeiras referidos, utilizados em 2 indústrias de Carlos Barbosa, 2 de Farroupilha e 1 de Barão, na maior parte, são retalhos provenientes da indústria moveleira, especialmente dos municípios de Bento Gonçalves, Garibaldi, Farroupilha e Barão. Os fornecedores se situam de 2 km a 30 km das indústrias de cerâmica. A matéria-prima em si não tem custo para 4 das indústrias, pois é um resíduo da indústria moveleira, ficando a cargo dos ceramistas somente o transporte do material. E uma das indústrias compra o produto a R\$1,00/m³.

O refil é um resíduo do refilamento de peças de madeira. Possui forma de sarrafos, com comprimentos variados e são obtidos junto às serrarias. Das duas indústrias que o utilizam, uma está situada em Gravataí e outra em Campo Bom. A indústria de Gravataí adquire os resíduos na própria cidade ou em Viamão, ficando encarregada do seu transporte. Tal indústria não vê mais vantagens na utilização do refil, pois os fornecedores têm enviado cada vez mais peças que não podem ser utilizadas no forno, o que gera muitas perdas de madeira e mão de obra, já que os funcionários têm que fazer uma seleção prévia. Já a outra indústria, localizada em Campo Bom, vê vantagens na utilização deste resíduo, pois diminui o consumo de lenha de eucalipto. Esta adquire o refil em serrarias da Região da Serra, sendo também responsável pelo transporte (GRIGOLETTI, 2001).

A casca de arroz é utilizada por uma indústria no município de Bagé. O insumo tem origem local, sendo adquirido a uma distância de 7 km, em engenhos. Após a queima deste insumo em forno tipo túnel, as cinzas são incorporadas à própria massa da argila, para a fabricação de blocos e componentes de laje mista.

O óleo BPF é um resíduo da produção de diesel e gasolina, oriundo de refinaria de petróleo situada no município de Canoas. A indústria pesquisada, que utiliza o óleo BPF está situada em Santa Maria, e tem um contrato de 10 anos para a aquisição do produto. O transporte é feito em tanques térmicos, pois em temperatura ambiente ele se torna pastoso. Devido ao fato dele ter que estar em altas temperaturas, no inverno, o óleo deve ser aquecido através de uma resistência elétrica, para poder ser encaminhado ao forno.

A indústria adotou esta fonte de energia por estar liberado de parte do ICM. Também são apontados como vantagem a uniformidade de temperatura durante a combustão, homogeneidade do produto e a garantia de estar recebendo a quantidade especificada na compra. Porém, quando queimado o óleo emite enxofre, responsável pela corrosão de algumas peças do forno, da estrutura e coberturas metálicas dos pavilhões. Assim que possível, a indústria pretende substituir o óleo BPF por gás natural (GRIGOLETTI, 2001).

Além da lenha de acácia de reflorestamento, uma indústria de pequeno porte, em Nova Hartz, utiliza como fonte energética resíduos da indústria de calçados local (restos de papel rosa, usado para a fabricação da palmilha dos calçados).

Foi constatada a utilização do sabugo de milho em apenas uma indústria, no município de Encantado, no Vale do Rio Taquari. A empresa adquire este insumo a uma distância de até 120 km, em lavouras da região. O custo é de R\$75,00 a R\$80,00 , por carga (8.000 kg), não incluindo o custo do frete. No momento, a indústria está estudando a utilização de resíduos provenientes da indústria de erva-mate, como os talos das plantas, que não são aproveitados.

As figuras 68 a 73 ilustram alguns dos insumos energéticos utilizados pelas indústrias.



Figura 68: estoque de lenha.



Figura 69: casca de eucalipto.



Figura 70: lenha e retalhos de móveis.



Figura 71: serragem.



Figura 72: sabugo de milho.



Figura 73: resíduos de erva-mate.

Na pesquisa realizada pelo SENAI (2000), foi constatado que as indústrias de cerâmica vermelha utilizam as seguintes combustíveis: lenha (70%), óleo diesel (45,7%), pó de serragem (21,4%), maravalha (17,1%), casca de arroz (5,7%), gás GLP (4,3%) e óleo BPF (4,3%). A maior parte das matérias-primas citadas é utilizada como insumo energético, bem como a energia elétrica.

A figura 74 indica a origem das matérias-primas utilizadas, classificando-as em local, regional ou estadual.

Recurso	Origem dos recursos								Nº de respostas total
	Local		Regional		Estadual		Não informou		
	nº	%	nº	%	nº	%	Nº	%	
Areia	1	100,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	1
Argila	56	80,0	19	27,1	2	2,9	7	10,0	70
Casca de arroz	3	75,0	-	0,0	-	0,0	1	25,0	4
Gás GLP	1	33,3	0	0,0	0	0,0	2	66,7	3
Lenha	17	34,7	16	32,7	1	2,0	14	28,6	49
Maravalha	4	33,3	6	50,0	0	0,0	3	25,0	12
Óleo BPF	0	0,0	0	0,0	1	33,3	2	66,7	3
Óleo diesel	9	28,1	4	12,5	2	6,3	16	50,0	32
Pó de serragem	7	46,7	9	60,0	1	6,7	3	20,0	15

Figura 74: recursos utilizados nas indústrias cerâmicas e procedências (adaptado de SENAI, 2000).

Segundo a pesquisa do SENAI (2000) para o Rio Grande do Sul, o percentual médio de perdas (quebra) do processo de fabricação é de 3,7%, enquanto que o percentual médio de perdas (quebra) do produto queimado é de 3,4%.

As peças descartadas, após as fases de moldagem e secagem natural, podem ser reincorporadas ao processo. A figura 75 mostra os resíduos destas fases, numa indústria em Encantado. Segundo o

técnico responsável, neste caso a perda foi excessiva e anormal, devido a problemas na dosagem de argila.

Os resíduos procedentes da etapa de queima são os *cacos* e as *cinzas*. Com relação aos *cacos*, 21 indústrias (52,5%) responderam que encaminham estes resíduos para aterros, 9 indústrias (22,5%) os utilizam para fazer calçamentos (figura 76), muitas vezes da própria indústria, e 6 delas (15%) destinam parte dos resíduos para calçamentos e o restante para aterros. Outras 3 indústrias (7,5%) doam ou vendem os resíduos para terceiros. E somente 1 das indústrias (2,5%), localizada em Bom Princípio, que produz 1.300.000 telhas/mês, reincorpora o material ao próprio processo produtivo. Estes resíduos cerâmicos são moídos, recebendo a denominação de *chamote*, sendo novamente incorporados à massa.

Com relação às *cinzas*, 9 das indústrias (22,5%) vendem ou doam a terceiros, para utilização em lavouras de hortaliças, ou são utilizadas pelos funcionários das cerâmicas nas suas próprias hortas. Outras 2 indústrias (5%) reincorporam este resíduo ao próprio processo produtivo. A primeira, que está localizada em Porto Alegre, é uma indústria de pequeno porte com produção de tijolos maciços e blocos de dimensões variadas, utilizando lenha na queima. A segunda está localizada em Bagé. É uma indústria de porte médio, com produção de blocos e componentes de laje mista, e utiliza casca de arroz como fonte energética para a queima. O restante das indústrias costuma dar às *cinzas* a mesma destinação dada aos *cacos* (aterros). E muitas delas, as que possuem forno túnel, não responderam à pergunta, pois a quantidade de cinzas gerada é quase nula.



Figura 75: resíduos das fases intermediárias.



Figura 76: cacos utilizados como calçamento.

Quanto a realização de ensaios tecnológicos, apenas 2 das empresas pesquisadas montaram laboratórios próprio para a realização de testes expeditos: uma localizada em Candelária (figura 77) e outra em Santa Maria (figura 78), ambas de grande porte, com produção de 1.200.000 e 1.400.000 peças/mês, respectivamente.



Figura 77: laboratório em Candelária.



Figura 78: laboratório em Santa Maria.

A pesquisa do SENAI (2000) indicou que das 72 indústrias pesquisadas, 76,4% não realiza ensaios para controle de produção, e apenas 23,6% realiza. Das que realizam testes laboratoriais, 59% realiza os ensaios com frequência e 41% os realiza eventualmente. Também foi contatado que apenas 16,7% realiza pesquisas no campo tecnológico.

5.2.5 Produto Acabado e Comercialização

Após a etapa de queima as peças são selecionadas e, geralmente, são estocadas em pilhas, até serem transportadas. Quanto à utilização de embalagens, 29 indústrias não utilizam nenhum tipo de embalagem e 11 indústrias utilizam embalagens, como ilustra a figura 79. Uma destas indústrias, de grande porte, produz 1.300.000 telhas/mês, que são embaladas de 8 em 8 com plástico termo-encolhível (figura 82 e 83). As outras 10 indústrias produzem tijolos e blocos de dimensões variadas, que são empilhados sobre pallets de madeira, e envolvidos com plástico e cintas plásticas (figura 80 e 81). Após serem transportados, os pallets retornam às indústrias.

Das 11 indústrias que utilizam embalagens, 9 são de grande porte (sendo que 6 produzem mais de 1.000.000 de peças/mês) e estão localizadas nos municípios de Bom Princípio, Candelária, Esteio, Estrela, Pelotas, Santa Maria (2), Sapucaia do Sul e Vila Flores; 1 de médio porte, localizada em Canoas e 1 de pequeno porte, localizada em Gravataí.

Produto Embalado	Porte das indústrias			Total de indústrias	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
Não	9	14	6	29	72,5
Sim	1	1	9	11	27,5
Total	10	15	15	40	100,0

Figura 79: utilização de embalagem nos produtos acabados.



Figura 80: depósito de pallets.



Figura 81: blocos embalados.



Figura 82: telhas embaladas.



Figura 83: transporte em caminhões.

5.3.6 Recursos Humanos

As 40 indústrias pesquisadas empregam, no total, 896 funcionários, gerando uma média de 22,4 funcionários por empresa, estando abaixo da média nacional estimada por Bustamante & Bressiani (2000), que é de 25 a 30 empregados por indústria. A figura 84 apresenta a média de funcionários por porte das indústrias, demonstrando que, quanto maior é o porte da indústria, maior a média de empregados por indústria.

Porte das indústrias	Número de indústrias	Número de funcionários total	Média de funcionários por indústrias
Pequeno	10	68	6,8
Médio	15	180	12,0
Grande	15	648	43,2

Figura 84: média de funcionários por porte das indústrias.

As 3 indústrias com menor número de funcionários possuem 4 funcionários, duas delas produzem 40.000 peças e uma 60.000 peças, estando localizadas em Barão, Osório e Porto Alegre. A indústria

com maior número de funcionários, 170, está localizada em Bom Princípio e produz 1.300.000 telhas por mês.

A pesquisa realizada pelo SENAI aborda a questão do nível de escolaridade dos colaboradores ou funcionários, destacando que 64,7% possui de 1ª a 4ª série, 20,4% de 5ª a 8ª série, 7,2% possui 2º grau, também há um percentual significativo de não alfabetizados de 5%, e apenas 1,8 possui curso superior; 0,9% não informou o nível de escolaridade. Além destas informações, foi constatado que apenas 4 estabelecimentos (5,6%) dispõem em seu quadro de pessoal, de técnicos com habilitação em cerâmica, em nível de 2º grau.

Na pesquisa realizada com as 40 indústrias, foi questionado se estas proporcionavam a realização de aperfeiçoamento técnico dos funcionários. Constatou-se que 32 (80%) não proporciona aperfeiçoamento técnico e apenas 8 (20%) responderam positivamente à pergunta. Verificou-se que as indústrias que oferecem cursos de aperfeiçoamento técnico são de grande porte, exceto uma que é de médio porte, com produção de 300.000 peças/mês. Dentre este grupo destaca-se o caso de uma indústria, localizada em Candelária, com produção de 1.200.000 blocos por mês, onde foi construído um pequeno auditório, dentro da própria indústria, com a finalidade de oferecer palestras e cursos aos funcionários (figura 85).

Com relação a planos de assistência médica e social, 23 (57,5%) das indústrias não possuem planos e 13 (32,5%) possuem, sendo que 4 (10%) não responderam à questão. Das indústrias que possuem planos de assistência médica e social, 9 são de grande porte e 4 de médio porte.



Figura 85: auditório de indústria em Candelária.

As indústrias foram questionadas a respeito dos meios de transporte utilizados pelos funcionários, onde se constatou que os mais utilizados são o transporte a pé e de bicicleta. Nas indústrias de pequeno e médio porte, estes dois meios de transporte também ocupam as primeiras posições. Já nas indústrias de grande porte, há uma diversidade maior de meios de transporte. Cabe ressaltar que o

transporte de ônibus geralmente aparece predominantemente nas indústrias de grande porte, e somente em uma, de pequeno porte, localizada em Porto Alegre. A figura 86 mostra o número de vezes com que os mesmos foram citados.

Meio de transporte	Porte das indústrias			Número de vezes citado	Participação (%)
	Pequeno	Médio	Grande		
A pé	5	10	6	21	35,0
Bicicleta	6	8	8	22	36,7
Motocicleta	-	-	2	2	3,3
Automóvel	1	2	5	8	13,3
Ônibus	1	-	6	7	11,7
Total	13	20	27	60	100,0

Figura 86: meios de transporte mais utilizados pelos funcionários.

Durante as visitas algumas questões ligadas às condições do ambiente de trabalho foram observadas. De modo geral, não são oferecidas condições adequadas de segurança no trabalho, quadro típico das indústrias de pequeno porte e de muitas das indústrias de médio porte. Já nas indústrias de grande porte as condições de trabalho e organização são melhores.

Das pesquisadas, 12 possuíam ambientes classificados como limpos, as restantes apresentavam ambientes desorganizados, como por exemplo, sem lugares definidos para a estocagem de insumos energéticos e cacos cerâmicos espalhados pela indústria.

A maioria das indústrias não possui iluminação adequada. Geralmente, a iluminação artificial é insuficiente ou inexistente e as indústrias dependem, basicamente, da iluminação natural, num ambiente onde este fator não foi levado em conta no projeto da edificação. São pouquíssimos os casos que merecem destaque neste item. A indústria com melhores condições de iluminação se localiza em Candelária, a edificação possui estrutura metálica, sendo que a cobertura com telhas metálicas dá lugar a telhas transparentes, que permitem uma boa iluminação natural. Além disto é possível complementá-la com a iluminação artificial quando necessário.

Somado à falta de limpeza e a má iluminação dos ambientes, outro fator que contribui para as más condições de trabalho é a presença de umidade, pois nas indústrias de pequeno porte e também em algumas de médio porte, o piso é de terra batida. Das indústrias visitadas, 11 foram classificadas como não apresentando ambientes úmidos.

As figuras 87 e 88 mostram duas situações distintas, que ilustram os extremos das condições de trabalho existentes no setor de cerâmica vermelha, aos quais os funcionários são submetidos.



Figura 87: ambiente úmido, mal iluminado e funcionários sem uniforme.



Figura 88: ambiente sem umidade, bem iluminado e funcionário com uniforme.

O uso de uniformes foi verificado em 7 indústrias. Porém, muitas vezes, estes se resumem ao uso de camisetas e bonés da empresa, não sendo adequados às condições de trabalho exigidas. Existem áreas das indústrias com níveis de ruído elevados, como nas proximidades do conjunto extrusor, porém o uso de protetores auriculares foi verificado em apenas uma das indústrias, na ocasião da visita, localizada em Santa Maria (figura 89).

Também em apenas 7 das indústrias, todas de grande porte, foi verificada a presença de quadros informativos, contendo dados a respeito da produção e informações úteis aos funcionários (figura 90).

Quanto à racionalidade da planta, 17 indústrias foram classificadas como adequadas. Nas restantes o caminho percorrido, desde a preparação da massa até o produto acabado, não é lógico, dificultando o andamento do processo produtivo.



Figura 89: funcionário utilizando protetor auricular, mas sem uniforme.



Figura 90: quadro informativo.

Nas entrevistas foi possível levantar informações adicionais com relação a benefícios oferecidos aos funcionários. Em 5 indústrias da Região da Serra (4 de porte médio e uma de grande porte), em 2 da

Região do Vale do Rio Taquari (1 de médio e outra de grande porte), e em 2 do Vale do Rio dos Sinos (médio porte) as empresas oferecem moradias aos funcionários, muitas vezes assumindo o pagamento de água e de luz (figuras 91 e 92). Em apenas dois dos casos, em Vila Flores e Encantado, os funcionários pagam uma espécie de aluguel, com valor simbólico. Porém, além de oferecer moradia, a empresa de Vila Flores oferece uma cesta com alimentos mensalmente.

Um exemplo interessante é dado por uma indústria em Candelária, onde são oferecidas moradias e áreas de lazer aos funcionários. Estas áreas antigamente eram jazidas de extração de argila, localizadas junto a indústria, sendo recuperadas com a introdução de açudes, quiosques, churrasqueiras, etc. Além destes benefícios são oferecidos palestras e cursos de aperfeiçoamento técnico, em auditório próprio, conforme mencionado anteriormente.



Figura 91: casa da indústria cedida a funcionário, em Farroupilha.



Figura 92: escritório e casas da indústria cedida a funcionários, em Encantado.

Três das empresas oferecem o transporte até o local de trabalho, nas cidades de Vila Flores, de Gravataí e Bom Princípio, todas empresas de grande porte. Outra empresa, localizada em Santa Maria, oferece vale transporte, plano de assistência médica e odontológica e possui um refeitório próprio.

Além de oferecer transporte, a indústria de Bom Princípio, possui refeitório e tem um sistema onde os funcionários têm participação nos lucros. Quanto maior é a produtividade, mais os funcionários ganham. O entrevistado afirmou que o sistema é muito bom, trazendo benefícios, tanto para o proprietário, quanto para os empregados.

5.2.7 Outros Aspectos

Com o intuito de identificar práticas favoráveis, ou seja, que amenizem os impactos causados pelas indústrias, foram abordadas, na entrevista, questões relacionadas às estratégias utilizadas para reduzir

o consumo de energia e reduzir a geração de resíduos. O número de respostas obtidas foi baixo, pois a maioria das indústrias não adota este tipo de estratégia.

Das indústrias pesquisadas, 19 responderam que adotam estratégias para reduzir o consumo de energia, sendo estas apresentadas na figura 93 (cada indústria poderia citar mais de um item). Dos entrevistados, 3 responderam que utilizam gerador para reduzir o consumo de energia elétrica, porém, cabe lembrar, que estes consomem óleo diesel.

Quando questionadas a respeito de estratégias para redução da geração de resíduos, apenas 9 empresas responderam. As respostas são apresentadas na figura 94.

Estratégias para redução do consumo de energia	nº de respostas
Não trabalhar no horário de pico	9
Investimento em maquinário mais eficiente	7
Contratação de empresa que presta assessoria em economia de energia	3
Utilização de gerador no horário de pico	3

Figura 93: estratégias para redução do consumo de energia.

Estratégias para redução da geração de resíduos	nº de respostas
Cuidados no processo produtivo	3
Controle da argila	2
Manutenção de equipamentos	1
Utilização de equipamentos mais eficientes	1
Instrução correta dos funcionários	1
Reutilização como <i>chamote</i>	1

Figura 94: estratégias para redução da geração de resíduos.

Foi pedido aos entrevistados que apontassem os principais aspectos negativos e positivos do setor, sendo possível indicar mais de um aspecto em cada questão. Do total de indústrias visitadas, 16 apontaram os pontos positivos, ilustrados na figura 95, e 34 apontaram os pontos negativos, ilustrados na figura 96.

Cabe ressaltar que entre os pontos negativos apontados pelos ceramistas figuram as exigências efetuadas pelos órgãos ambientais, bem como os custos dos processos administrativos junto aos mesmos.

Principais aspectos positivos do setor	nº de respostas
Continua no setor por tradição familiar	7
O mercado é garantido	6
É um setor lucrativo	2
Estar em contato com a natureza	1

Figura 95: principais aspectos positivos do setor.

Principais aspectos negativos do setor	n° de respostas
Baixo preço do produto acabado	11
Má qualidade da mão-de-obra (baixo nível de escolaridade)	6
Exigências dos órgãos ambientais (principalmente FEPAM)	6
Impostos elevados	3
A concorrência dos produtos de Santa Catarina	3
Custos dos processos administrativos (FEPAM, DNPM)	2
Falta de incentivo	2
A concorrência com empresas clandestinas	2
Leis trabalhistas	1
Dificuldade em encontrar argila de boa qualidade	1
As condições climáticas	1
Dificuldades na extração de argila e o consumo de energia elétrica	1
A falta de maquinário	1
Dificuldades de manutenção do maquinário	1
Retração do mercador consumidor	1

Figura 96: principais aspectos negativos do setor.

5.3 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta etapa da pesquisa, os resultados obtidos são comentados a partir do ponto de vista de seus impactos ambientais.

5.3.1 Recursos Naturais

Nos estudos realizados não foram possíveis visitas às jazidas de extração de argila, a não ser nos poucos casos em que as jazidas se encontravam nas proximidades das indústrias cerâmicas. Apesar da argila ser considerada um recurso abundante na natureza, a sua extração provoca danos ao meio ambiente. A princípio, todas as áreas de extração de argilas devem seguir o processo de licenciamento ambiental junto aos órgãos estaduais e federais responsáveis, onde é exigido um planejamento para a recuperação das áreas degradadas.

Durante a realização das entrevistas notou-se que muitos dos entrevistados não sabiam exatamente que cuidados deveriam ser tomados durante a fase de extração e após o esgotamento das jazidas. Porém, também foi possível observar bons exemplos de recuperação de antigas jazidas, como é o caso de uma indústria em Candelária, que recuperou esta área para o uso dos empregados; ou da indústria de pequeno porte em Nova Hartz, que utiliza um sistema rotativo de extração em pequenas áreas.

A maioria das indústrias extrai ou compra argila a distâncias inferiores a 10 km, fato que diminui os impactos causados pelo transporte. No entanto, em alguns casos, além de possuírem jazidas a pequenas distâncias, as indústrias adquirem argila de terceiros, localizadas a distâncias maiores (até 500 km), com a finalidade de melhorar a mistura. Fato favorável é que, geralmente, as argilas

adquiridas a grandes distâncias constituem uma fração pequena da mistura total, sendo misturadas a argilas de origem local.

O tempo de utilização das jazidas é variável, e depende basicamente do tamanho da jazida e da quantidade utilizada mensalmente pela indústria que a explora. As indústrias pesquisadas não demonstraram uma preocupação quanto ao esgotamento de suas reservas de argila. Menos da metade, 13 indústrias, já adquiriram outras áreas para extração, quando as atuais jazidas se esgotarem. Destas 13, 8 são de grande porte, 4, de médio porte e apenas 1, de pequeno porte.

Como o uso do solo é um dos fatores ligados a avaliação dos impactos ambientais causados por determinada atividade, buscaram-se informações relativas à extensão das jazidas e indústrias cerâmicas. A maioria das jazidas ocupa áreas inferiores a 10 ha, sendo que 25,0% das jazidas possuem até 2 ha, 27,5%, de 2,1 ha a 5 ha e 30%, de 5,1 ha a 10 ha.

A utilização de outras matérias-primas residuais, após comprovada a sua viabilidade técnica, econômica, e ambiental é uma prática favorável, já que absorve os resíduos de outros processos produtivos, bem como diminui o uso de argila, reduzindo impactos e custos relativos a sua extração e transporte. Porém foi constatada a utilização de outras matérias-primas em apenas 10 das indústrias visitadas. Como verificado, as distâncias percorridas por estes resíduos são variáveis, alcançando até 350 km. Destacam-se os casos da utilização do *chamote* e das *cinzas* gerados no forno, que, por serem resíduos do próprio processo produtivo, geram gastos energéticos quase nulos com transporte.

No caso das indústrias cerâmicas, a quantidade de água utilizada é variável, e depende, fundamentalmente, da umidade com que a argila se encontra no momento da preparação da massa. Considera-se favorável a prática de 82,5% destes estabelecimentos, que utilizam água de açudes, arroios ou poços artesianos, ou seja, uma água que não passou por um processo de tratamento.

5.3.2 Fontes Energéticas

As indústrias utilizam diversas fontes energéticas. De modo geral, utilizam a energia elétrica no conjunto extrusor, em esteiras que auxiliam o transporte dos produtos entre as etapas do processo produtivo, nos secadores e estufas, onde é realizada a secagem artificial (ventiladores), e em fornos tipo túnel, além dos usos cotidianos, como lâmpadas. Observando todo o processo produtivo, a energia elétrica é utilizada em pequena escala. Esta é considerada uma energia limpa, quando de origem hídrica. Porém é preciso atentar para os impactos ambientais causados na implantação das hidrelétricas.

A extração de argila, geralmente, é realizada com o auxílio de retroescavadeiras, que consomem óleo diesel. O transporte da argila, bem como, de insumos energéticos, de outras matérias-primas e do próprio produto acabado é realizado por caminhões, que utilizam óleo diesel. Este insumo energético também é, muitas vezes, utilizado em geradores, ligados nos horários quando a energia elétrica é mais cara. O óleo diesel sendo um derivado de petróleo, é um recurso não renovável, e estima-se que se esgotará em aproximadamente 75 anos (LIPPIATT, 2000).

Na etapa de queima são utilizados insumos energéticos variados, porém a maior parte destes pode ser classificado como biomassa (lenha, serragem, cavaco, retalho de móveis, refil, casca de arroz, resíduo de papel, e sabugo de milho). A utilização de biomassa para a produção de calor é favorável ao controle ambiental, pois estas constituem fontes renováveis de energia. No entanto, algumas fontes, como retalhos de móveis e resíduo de papel, apesar de serem resíduos de outros processos produtivos, e de estarem disponíveis a pequenas distâncias (até 30 km e 10 km, respectivamente) podem possuir outras substâncias nocivas à saúde, incorporadas quando da sua manufatura, merecendo serem estudadas mais detalhadamente. Caso emitam gases tóxicos ou poluentes o seu uso é desaconselhado.

Os proprietários das cerâmicas visitadas consideram a lenha um ótimo energético, porém alguns não se mostraram satisfeitos com o custo e com os fornecedores, que entregam quantidades menores que as especificadas. Quanto à origem da lenha, as indústrias declararam que esta é proveniente de serrarias e madeireiras, e, em alguns casos, de plantações próprias. Neste caso, a procedência é um ponto favorável, por ser lenha originária de florestas plantadas e não de mata nativa.

A lenha é obtida a distâncias variadas. Das 22 indústrias que utilizam esta fonte energética, 12 indústrias adquirem o insumo a até 50 km, 8 indústrias a mais de 50 km e 2 não responderam. Uma das indústrias citou que adquire o insumo a uma distância de 150 km.

A serragem, os cavacos e o refil também são obtidos junto a serrarias e madeireiras, sendo que as observações que devem ser feitas são as mesmas já citadas para o caso da lenha. Todos são recursos renováveis, devendo-se verificar a sua procedência. Um ponto favorável é que são resíduos de outro processo produtivo.

A serragem é obtida a distâncias variadas, sendo que das 14 indústrias que a utilizam, 7 percorrem até 50 km e 5 indústrias percorrem de 51 a 100 km. No entanto, duas das indústrias de grande porte, localizadas em Estrela e Bom Princípio, adquirem serragem a grandes distâncias, superiores a 100 km, sendo que uma delas percorre até 300 km para obtê-la. E das 6 indústrias que utilizam o cavaco, 4 o obtém a distâncias de 71 a 100 km.

A indústria que utiliza casca de arroz obtêm o resíduo localmente, a uma distância de 7 km. Já a indústria que utiliza o sabugo de milho o adquire junto a lavouras da região, localizadas a até 120 km de distância. Uma iniciativa favorável por parte desta indústria é que esta está pesquisando outros resíduos de lavouras, que podem ser queimados, como o caso dos resíduos das plantações de erva-mate.

O óleo BPF, que é um resíduo da produção de diesel e gasolina, oriundos de refinaria de petróleo, é um recurso não renovável. Além deste fator, a empresa que o utiliza percorre uma distância de aproximadamente 350 km para obtê-lo, elevando os níveis adversos de impactos ambientais causados pelo transporte.

Cabe ressaltar que os gastos e impactos com transporte muitas vezes são amenizados, pois quando as indústrias fazem uma entrega de produto acabado, geralmente retornam trazendo matéria-prima para o seu próprio funcionamento.

De modo geral, a diminuição dos impactos ambientais causados pela queima está associada ao uso de fontes energéticas renováveis e não poluentes, de preferência com origem local (podendo ser resíduos de outro processo), no reaproveitamento do calor do forno para a secagem, e na eficiência dos equipamentos adotados.

5.3.3 Emissões Aéreas

A energia elétrica consumida no Rio Grande do Sul provém de hidrelétricas e termelétricas. No caso das termelétricas, existe geração de gases na fase de produção de energia, devido à queima de carvão.

Na queima de lenha, serragem, cavaco e refil há, entre outros, liberação de CO₂. No entanto, este é um gás absorvido pela biomassa, ou seja, faz parte de um ciclo, sendo necessário ao crescimento das plantas. Martins (1980) coloca que a madeira combustível possui a vantagem de ser renovável, ter baixo teor de cinzas e quantidade ínfima de enxofre.

Os energéticos, resíduo de papel e retalhos de madeira, merecem um estudo mais detalhado para determinar quais as emissões provenientes da sua queima. No caso dos retalhos de madeira, provavelmente estes emitam gases tóxicos, pois constituem resíduos da indústria moveleira, que já tinham sofrido algum tipo de tratamento (aplicação de fórmica, compensados, laminados, etc).

O óleo diesel e o óleo BPF, por serem derivados de petróleo, emitem CO₂, principal gás causador do aquecimento global, e emitem também NO_x e SO₂, responsáveis pela chuva ácida.

5.3.4 Resíduos Sólidos

Durante as fases de moldagem e secagem natural são gerados resíduos, ou melhor, descartadas as peças com defeito. Porém, todas podem ser incorporadas novamente ao processo. Estas são agregadas à argila que foi extraída, onde permanecem por determinado período e, posteriormente, reutilizadas sendo incorporadas à massa.

Já os resíduos gerados após a queima não podem sofrer este processo. Como foi dito anteriormente, os cacos cerâmicos são destinados ao calçamento de estradas ou encaminhados para aterros. Um uso favorável é aquele onde os cacos, depois de triturados, dão origem ao *chamote*, sendo este reincorporado a massa. Este processo diminui o consumo de matéria-prima, a argila, e apresenta mínimo impacto com transporte.

As *cinzas* da queima de biomassa são destinadas a aterros, ao uso em lavouras ou são reincorporadas à massa. Nos dois últimos casos a sua utilização é favorável. No caso do seu uso em lavouras, ela está sendo incorporada a outro processo produtivo, e quando é incorporada à própria massa cerâmica, oferece os mesmos benefícios proporcionados pelos cacos.

A indústria cerâmica não utiliza grandes quantidades de água, sendo utilizada, quase que exclusivamente, na hidratação da argila, para facilitar a moldagem. Esta água evapora nas etapas de secagem e queima, não causando impactos. A água também é utilizada, eventualmente, para lavar o maquinário e posteriormente é descartada, não representando impactos significativos.

As perdas durante o processo produtivo podem ser reduzidas através de alguns cuidados como: a correta dosagem dos tipos de argila, a manutenção dos equipamentos, e o treinamento de mão-de-obra.

5.3.5 Recursos Humanos

A média de funcionários por empresa obtida é de 22,4. Se multiplicarmos este número pelo número de empresas estimadas pelo SIOCERGS, que é de 1.200, obtemos 26.880 empregados no setor. No entanto, se considerarmos o número de indústrias cadastradas, 729, o resultado é de aproximadamente 16.330 empregados.

Os meios de transporte mais utilizados pelos funcionários são a bicicleta e o deslocamento a pé, meios que não implicam em impactos ao meio ambiente. No entanto, estas condições possuem uma certa limitação na distância a ser percorrida. Para distâncias maiores, recomenda-se o transporte coletivo.

Em geral, o nível de escolaridade dos trabalhadores da indústria de cerâmica vermelha é baixo e existem poucos técnicos em cerâmica trabalhando na área, o que ocasiona uma série de problemas que

se refletem no produto final. Este fato é agravado porque 80% das indústrias não oferecerem cursos de aperfeiçoamento técnico.

Das indústrias pesquisadas, 57,5%, não oferecem planos de assistência médica e social aos funcionários. Entretanto existem casos em que os funcionários são beneficiados, através de moradia, por vezes incluindo o pagamento de água e luz, de áreas sociais na empresa, de cestas alimentares, de sistemas de participação nos lucros e com refeitórios na própria empresa.

Nas indústrias de pequeno e, em algumas de médio porte, as condições de trabalho são insalubres, com presença de umidade, ruído, pouca iluminação e um ambiente sujo. A estas condições são agregados a falta de uso de uniforme ou uniformes inadequados, e a não utilização de equipamentos de segurança, como protetores auriculares. Já em indústrias de grande porte e algumas de médio porte, as condições de trabalho são melhores, os ambientes são mais bem iluminados, menos úmidos e mais limpos, quase sempre há utilização de uniformes (mesmo que inadequados) e, em algumas, verificou-se a presença de quadros informativos.

5.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O grau de desenvolvimento das indústrias que atuam no setor de cerâmica vermelha é extremamente variado, apresentando desde processos produtivos rudimentares até automatizados. Estas diferenças também se refletem em questões relacionadas aos tipos e à qualidade dos produtos acabados, à organização do ambiente de trabalho, às condições de trabalho e benefícios aos funcionários, entre outros.

Pelos parâmetros descritos, percebe-se que o grupo das indústrias de grande porte, com produção acima de 300.000 peças/mês, é o mais heterogêneo. Em estudos futuros cabe estudar a hipótese de subdividi-lo em categorias, para melhor qualificação.

Do ponto de vista dos impactos ambientais causados pelas indústrias, estas apresentam semelhanças e diferenças. Os pontos semelhantes estão representados nos danos causados pela extração da argila; no uso de energia elétrica considerada uma fonte limpa de energia; no uso de fontes energéticas renováveis provenientes de biomassa (utilizada na maioria dos estabelecimentos); na utilização de óleo diesel, recurso não renovável; na geração de cacos e cinzas, entre outros.

As diferenças são representadas na prática de algumas indústrias incorporarem resíduos de outros processos produtivos; na proveniência da água utilizada; nas distâncias de transporte de argila, insumos energéticos e mercados consumidores; nas emissões geradas pelos diversos insumos energéticos; e na destinação dos resíduos, entre outros.

Enfim, esta etapa da pesquisa permitiu uma visão geral do processo produtivo de materiais de cerâmica vermelha no Estado, bem como revelou aspectos positivos e negativos com relação aos impactos ambientais produzidos. No próximo capítulo é apresentada uma estimativa da energia incorporada a materiais cerâmicos, analisando os aspectos quantitativos obtidos nas visitas as indústrias.

6 ESTIMATIVA DA ENERGIA INCORPORADA AOS MATERIAIS DE CERÂMICA VERMELHA: UMA ANÁLISE REGIONAL

Este capítulo apresenta informações quantitativas, relativas aos impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha, através de uma estimativa da energia incorporada a tijolos, blocos e telhas. Os resultados obtidos são comparados à bibliografia, nacional e internacional, anteriormente mencionada.

6.1 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Uma das grandes dificuldades, apontadas pela bibliografia estudada, é a carência de dados quantitativos, tanto em nível nacional, bem como em nível local, a respeito dos impactos causados pelos materiais de construção. Com relação à indústria de cerâmica vermelha, o quadro se repete. Apesar de existirem alguns dados, muitas das informações, necessárias para uma avaliação criteriosa dos materiais de cerâmica vermelha, no âmbito ambiental, não estão disponíveis ou são incompletas.

Visando gerar dados, para auxiliar as pesquisas relacionadas a esta área de conhecimento, procurou-se coletar dados quantitativos nas visitas realizadas às indústrias cerâmicas pesquisadas, no Estado do Rio Grande do Sul.

As informações aqui apresentadas foram obtidas nas próprias indústrias, através da aplicação do questionário, que continha perguntas diretas e indiretas referentes ao consumo de energia elétrica, lenha, serragem, cavaco e óleo diesel, entre outros. Assim, os cálculos para estimar a energia incorporada, apresentados neste capítulo, consideram as informações obtidas através de entrevistas, sendo, portanto, dependentes da qualidade dos dados fornecidos pelos entrevistados.

No processo de cálculo, foram considerados: os gastos com energia elétrica, utilizada principalmente nas fases de preparação de matéria-prima, extrusão, e secagem artificial; com biomassa (lenha, serragem, cavaco, etc.) ou com outras matérias-primas utilizadas na fase de queima e secagem artificial; e a energia gasta em geradores, que, geralmente, consomem óleo diesel, e são ligados nos horários em que a energia elétrica é mais cara. Também foram estimados os gastos com extração e transporte de argila, transporte de insumos energéticos e outras matérias-primas utilizadas na massa. Enfim, buscou-se avaliar todos os gastos energéticos com o processo produtivo em si.

Após o levantamento de dados, a energia estimada, gerada a partir dos insumos energéticos, foi convertida em poder calorífico. Esta conversão foi realizada adotando os valores da figura 97. As

conversões de unidades, de kcal para kWh e de kWh para MJ, foram realizadas com o auxílio do software “ESB Unit Conversion Utility v1.4.2” (2000).

Energético	Poder calorífico	Fonte
Óleo diesel	9.159 kcal/l	Brasil, 2000 Silveira, 2002
Lenha	3.000 kcal/kg	Silveira, 2002
Lenha de eucalipto	4.166 kcal/kg	Pereira et al., 2000
Serragem	2.500 kcal/kg	Ferreira, 1977 Redenergia, 2002
Cavacos	2.500 kcal/kg	Ferreira, 1977 Redenergia, 2002
Sabugo de milho	2.900 kcal/kg	Redenergia, 2002

Figura 97: tabela de poderes caloríficos (adaptado de: BRASIL, 2000; SILVEIRA, 2002; PEREIRA et al., 2000; FERREIRA, 1977; REDENERGIA, 2002).

No caso da lenha, os poderes caloríficos apresentam uma grande variação, dependendo de uma série de fatores, como, por exemplo, a espécie das árvores e o teor de umidade da madeira. Brown et al. apud Vale et al. (2000) afirmam que o poder calorífico superior para folhosas, caso do eucalipto, pode variar de 4.600 a 4.800 kcal/kg, enquanto Brito apud Vale et al. (2000) colocam que este valor, para folhosas tropicais, pode variar de 3.500 a 5.000 kcal/kg. Pereira et al. (2000) realizaram a caracterização de exemplares de eucalipto, encontrando para o *Eucalyptus saligna*, um poder calorífico superior de 4.633 kcal/kg e para o *Eucalyptus grandis*, um poder calorífico superior igual a 4.340 kcal/kg.

Finalmente, em correspondência com o Dr. José Carlos Duarte Pereira, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Unidade Florestas, recebemos indicações para adotar os valores médios para *Eucalyptus grandis*. Segundo Pereira 1m³ estereo, com uma percentagem de 17% de casca, produz 1.262.735 kcal e pesa 303,1 kg (261,45 kg de madeira seca e 41,65 kg de casca), obtendo-se um poder calorífico de 4.166 kcal/kg.

Nas indústrias que não informaram o tipo da lenha utilizada, ou que utilizam tipos variados, foram utilizados os valores empregados no Balanço Energético Consolidado do Estado do Rio Grande do Sul 1999-2000 (SILVEIRA, 2002), que adota para 1m³ de lenha comercial o peso de 400 kg, sendo o seu poder calorífico de 3.000 kcal/kg.

A figura 98 apresenta outras unidades de conversão utilizadas no decorrer da pesquisa. Os valores adotados para 1m³ de retalhos de móveis, cavaco e serragem, foram informados pelos proprietários das indústrias cerâmicas.

Energético	Peso	Fonte
1 m ³ de óleo diesel	852 kg	Brasil, 2000
1 m ³ de lenha comercial	400 kg	Silveira, 2002
1 m ³ st de lenha de eucalipto	303 kg	Pereira et al., 2000
1 m ³ de retalhos de móveis	550 kg	Indústrias visitadas
1 m ³ de cavaco ou serragem	550 kg	Indústrias visitadas
1 m ³ de argila	1.700 kg	Zanini, 1998

Figura 98: tabela de pesos (adaptado de: BRASIL, 2000; SILVEIRA, 2002; PEREIRA et al., 2000; ZANINI, 1998).

Maiores detalhes a respeito dos cálculos realizados podem ser verificados no Apêndice E. A realização destes cálculos só foi possível em 20 indústrias cerâmicas. Nas indústrias restantes não foi possível quantificar a energia gasta no processo, pois na fase de coleta de dados quantitativos foram encontradas algumas dificuldades, como:

- a) falta de controle, pelos administradores, sobre as quantidades exatas de insumos energéticos consumidos nas indústrias cerâmicas, principalmente nas indústrias de pequeno e médio porte (muitas vezes expressa por respostas contraditórias);
- b) na maioria dos casos, não há um técnico cerâmico responsável pelo setor de produção; as quantidades de insumos energéticos necessários, bem como a mistura da argila, é realizada de forma empírica;
- c) em alguns casos existe a terceirização do transporte de argila e insumos energéticos, onde o proprietário paga pelo produto entregue na indústria, não sabendo informar, de forma precisa, os gastos com combustíveis e outros;
- d) variabilidade no número de peças produzidas durante o ano e nas quantidades de energia necessárias, durante as fases ano, devido às diferenças climáticas; formato e peso variável das peças; e
- e) insegurança e desconfiança, por parte dos entrevistados, em fornecer os dados.

6.2 RESULTADOS OBTIDOS

Das 20 indústrias, onde foi possível calcular a energia incorporada aos produtos cerâmicos, 5 são de pequeno porte, 6, de médio porte e 9, de grande porte. Quanto aos produtos fabricados pelas mesmas: uma produz exclusivamente telhas, outra produz telhas e blocos, e o restante produz tijolos e blocos.

As características gerais destas 20 indústrias são apresentadas a seguir. A figura 99 descreve as indústrias de pequeno porte, a figura 100, as de médio porte e a figura 101 descreve as indústrias de grande porte.

Cada indústria recebeu um código com uma letra e um número. A letra diz respeito ao porte da indústria, podendo ser pequena (P), média (M) ou grande (G). A numeração está em ordem crescente de produção mensal das indústrias.

Dados	Código da indústria				
	P1	P2	P3	P4	P5
Cidade	Barão	Carlos Barbosa	Cravataí	São Pedro da Serra	Pelotas
Região	Vale do Cai	Serra	Metropolitana	Vale do Cai	Sul
Nº de peças fabricadas mensalmente	40.000	50.000	60.000	80.000	100.000
Massa seca	104.000 kg	112.500 kg	126.000 kg	192.000 kg	219.500 kg
Tipo de produto	tijolos maciços	tijolos maciços	tijolos maciços, blocos de 4, 6 e 8 furos	tijolos maciços e blocos 6 furos	tijolos maciços e blocos 6 furos
Tipo de secagem	natural	natural	natural	natural	natural
Tipo de forno (número)	Intermitente (2)	intermitente (1)	semicontínuo (1)	intermitente (2)	semicontínuo (1)
Reaproveita o calor do forno?	não	não	não	não	não
Idade	mais de 21 anos	mais de 21 anos	-	16 a 20 anos	mais de 21 anos
Retrosca-veira	mais de 21 anos	mais de 21 anos	-	16 a 20 anos	mais de 21 anos
Conjunto extrusor	11 a 15 anos	6 a 10 anos	mais de 21 anos	11 a 15 anos	0 a 5 anos
Secador	não possui	não possui	não possui	não possui	não possui
Forno	-	-	mais de 21 anos	11 a 15 anos	6 a 10 anos
Energia elétrica	1.750 kWh	161 kWh	3.000 kWh	1.070 kWh	4.550 kWh
Fontes de energia	30 m ³ (retalhos móveis)	40 m ³ (retalhos móveis)	70 m ³ (lenha)	108 m ³ (lenha)	60 m ³ (lenha)
Óleo diesel (uso)	69 litros (transporte)	200 litros (transporte)	136,63 litros (transporte)	666,6 litros (transporte)	90 litros (transporte)

Figura 99: características das indústrias de pequeno porte.

Dados	Código da indústria					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Cidade	Feliz	Carlos Barbosa	Cerrito	Farrupilha	Arroio do Meio	Pelotas
Região	Vale do Cai	Serra	Sul	Serra	Vale do Taquari	Sul
Nº de peças fabricadas mensalmente	130.000	150.000	174.000	250.000	250.000	290.000
Massa seca	274.000 kg	255.000 kg	469.800 kg	538.500 kg	550.000 kg	667.000 kg
Tipo de produto	bloços 6 furos, telhas e cumeeiras	tijolos 3 furos	bloços 6 furos	tijolos maciços, bloços de 6 e 13f	tijolos maciços	bloços de 6 e 8 furos
Tipo de secagem	natural e artificial	natural	natural	natural e artificial	natural e artificial	natural e artificial
Tipo de forno (nº)	intermitente (3)	intermitente (1)	intermitente (3)	intermitente (4)	semicontínuo (3)	semicontínuo (3)
Reaproveita o calor do forno?	sim	não	não	não	sim	não
Idade	Retroescavadeira	-	6 a 10 anos	11 a 15 anos	16 a 20 anos	16 a 20 anos
	Conjunto extrusor	11 a 15 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	11 a 15 anos
	Secador	6 a 10 anos	não possui	não possui	0 a 5 anos	0 a 5 anos
	Forno	-	mais de 21 anos	6 a 15 anos	mais de 21 anos	-
Fontes de energia	Energia elétrica	9.315 kWh	800 kWh	3.000 kWh	8.000 kWh	2.700 kWh
	Volume de biomassa (origem)	175 m³ (lenha) 100 m³ (serragem)	32.000 kg (retalhos móveis)	74 m² (lenha)	104.000 kg (retalhos móveis)	180 m² (lenha)
	Óleo diesel (uso)	1.106,6 litros (transporte)	1.280 litros (extr. + transporte)	202,6 litros (transporte)	606 litros (transporte)	90,7 litros (transporte)

Figura 100: características das indústrias de médio porte.

Dados	Código da indústria									
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	
Cidade	Gravatá	Encarnado	Vila Flores	Estrela	Pelotas	Candelária	Bom Princípio	Santa Maria	Vila Flores	
Região	Metropolitana	Vale do Taquari	Serra	Vale do Taquari	Sul	Vale do R. Pardo	Vale do Caf	Central	Serra	
Nº de peças fabricadas mensalmente	320.000	450.000	500.000	500.000	600.000	1.200.000	1.300.000	1.400.000	1.500.000	
Massa seca	790.000 kg	967.500 kg	1.000.000 kg	1.132.000 kg	1.500.000 kg	3.469.000 kg	3.278.000 kg	3.000.000 kg	3.300.000 kg	
Tipo de produto	blocos 6 furos	blocos 4, 6 e 8 furos e travelas	blocos 6 e 11 furos	tijolos maciços e blocos 6 furos	blocos 6 furos	blocos variados	telhas	tijolos, blocos de vedação e estruturas	blocos variados	
Tipo de secagem	natural	artificial	natural	natural e artificial	artificial	artificial	artificial	artificial	natural e artificial	
Tipo de forno (nº)	túnel (1)	túnel (1) semicorimino (2)	túnel (1)	túnel (1) intermitente (2)	túnel (1)	túnel (1)	túnel (3)	túnel (1)	túnel (1) intermitente (1)	
Reaproveita o calor do forno?	sim	sim	não	sim	Sim	não	não	Sim	sim	
Idade	mais de 21 anos	6 a 10 anos	6 a 10 anos	16 a 20 anos	16 a 20 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	
Retrocavadeira	mais de 21 anos	11 a 15 anos	6 a 10 anos	0 a 5 anos	16 a 20 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	0 a 5 anos	6 a 10 anos	
Conjunto extrusor	não possui	0 a 5 anos	não possui	0 a 5 anos	11 a 15 anos	5 a 10 anos	6 a 10 anos	-	16 a 20 anos	
Serador	0 a 5 anos	-	0 a 5 anos	(túnel) 6 a 10 anos (intermitentes)	mais de 21 anos	5 a 10 anos	-	-	-	
Forno	12.800 kWh	29.500 kWh	17.000 kWh	24.500 kWh	40.535 kWh	126.000 kWh	50.100 kWh	77.329 kWh	69.703 kWh	
Energia elétrica	300 m ³ (cavaco) 330 m ³ (serrag.)	40 m ³ (cavaco) 650 m ³ (serrag.) 45.210 kg (sabugo de milho)	400 m ³ (serrag.)	30 m ³ (lenha) 720 m ³ (serrag.)	300 m ³ (lenha)	2.325 m ³ (serragem+ cavaco)	5400 m ³ (serra)	980 m ³ (lenha)	400 m ³ (lenha) 400 m ³ (cavaco) 500 m ³ (serrag.)	
Fontes de energia	991,6 litros (extração+ transporte)	1.140,58 litros (transporte)	1.875 litros (transporte)	9.361 litros (extração+ transporte)	2.500 litros (extração+ transporte)	16.052,67 litros (transporte)	9.488 litros (extração+ transporte) 6.300(gerador)	7.503,6 litros (transporte) 3.000(gerador)	9.866,6 litros (extração+ transporte) 1.500 (gerador)	

Figura 101: características das indústrias de grande porte.

A figura 102 compila os gastos totais de energia verificados em cada uma das indústrias. O item biomassa inclui insumos energéticos como: lenha, serragem, cavaco, retalhos de móveis e sabugo de milho. No cálculo do consumo de óleo diesel, foram considerados os gastos com transporte de matéria-prima e insumos, gastos com gerador de energia e, em alguns casos, com a extração de argila em si (ver Apêndice E).

Porte da indústria	Cód.	Produção mensal (peças/mês)	Cidade	Insumos energéticos (kWh)			Total (kWh)
				Energia elétrica	Biomassa	Óleo diesel	
Pequeno	P1	40.000	Barão	1.750	57.613	739	60.102
	P2	50.000	Carlos Barbosa	161	84.819	2.132	87.112
	P3	60.000	Gravataí	3.000	102.843	1.456	107.299
	P4	80.000	São Pedro da Serra	1.070	158.672	7.106	166.848
	P5	100.000	Pelotas	4.550	88.151	853	93.554
Médio	M1*	130.000	Feliz	9.315	404.453	11.797	425.565
	M2	150.000	Carlos Barbosa	800	111.734	13.645	126.179
	M3	174.000	Cerrito	3.000	108.720	2.234	113.954
	M4	250.000	Farroupilha	8.000	363.135	6.460	377.595
	M5	250.000	Arroio do Meio	2.700	264.453	967	268.120
	M6	290.000	Pelotas	14.000	514.214	8.034	536.248
Grande	G1	320.000	Gravataí	12.800	1.040.231	10.571	1.063.601
	G2	450.000	Encantado	29.500	1.256.842	12.159	1.298.501
	G3	500.000	Vila Flores	17.000	640.142	19.988	677.130
	G4	500.000	Estrela	24.500	1.196.331	99.789	1.320.620
	G5	600.000	Pelotas	40.535	440.755	26.650	507.940
	G6	1.200.00	Candelária	126.000	3.720.825	171.123	4.017.948
	G7**	1.300.000	Bom Princípio	50.100	8.641.916	168.302	8.860.318
	G8	1.400.000	Santa Maria	77.329	1.439.798	111.991	1.629.118
	G9	1.500.000	Vila Flores	69.703	2.027.992	121.169	2.218.864

* produz telhas entre seus produtos

** produz exclusivamente telhas

Figura 102: consumos totais de energia nas indústrias.

Para possibilitar a comparação entre os gastos de energia das indústrias analisadas, a figura 103, fornece os valores da energia consumida para a confecção de 2000 kg de produto acabado (aproximadamente 1000 tijolos). E a figura 104 expressa estes valores, graficamente.

Como pode ser observado, as indústrias que mais consomem energia, para fabricar a mesma quantidade de produto acabado, são as indústrias M1 e G7. A indústria M1 produz 130.000 peças/mês, destas, 50.000 são blocos de 6 furos redondos, 60.000 são telhas tipo francesa e 20.000 são cumeeiras. Já a indústria G7 produz exclusivamente telhas de tipos variados. Esta indústria utiliza um processo de esmaltação, porém os gastos energéticos com este processo não foram computados.

Porte da indústria	Código	Produção mensal (peças/mês)	Cidade	Insumos energéticos (kWh)			Total (kWh)
				Energia elétrica	Biomassa	Óleo diesel	
Pequeno	P1	40.000	Barão	34	1.108	14	1.156
	P2	50.000	Carlos Barbosa	3	1.508	38	1.549
	P3	60.000	Gravataí	48	1.632	23	1.703
	P4	80.000	São Pedro da Serra	11	1.653	74	1.738
	P5	100.000	Pelotas	42	803	8	853
Médio	M1*	130.000	Feliz	68	2.952	86	3.106
	M2	150.000	Carlos Barbosa	6	877	107	990
	M3	174.000	Cerrito	13	463	9	485
	M4	250.000	Farroupilha	30	1.348	24	1.402
	M5	250.000	Arroio do Meio	10	962	3	975
	M6	290.000	Pelotas	42	1.542	24	1.608
Grande	G1	320.000	Gravataí	32	2.634	27	2.693
	G2	450.000	Encantado	61	2.598	25	2.684
	G3	500.000	Vila Flores	34	1.280	40	1.354
	G4	500.000	Estrela	43	2.114	176	2.333
	G5	600.000	Pelotas	54	588	35	677
	G6	1.200.00	Candelária	73	2.144	99	2.316
	G7**	1.300.000	Bom Princípio	30	5.273	103	5.406
	G8	1.400.000	Santa Maria	52	960	74	1.086
	G9	1.500.000	Vila Flores	42	1.229	74	1.345

* produz telhas entre seus produtos

** produz exclusivamente telhas

Figura 103: consumo de energia para a fabricação de 2.000 kg de produto acabado.

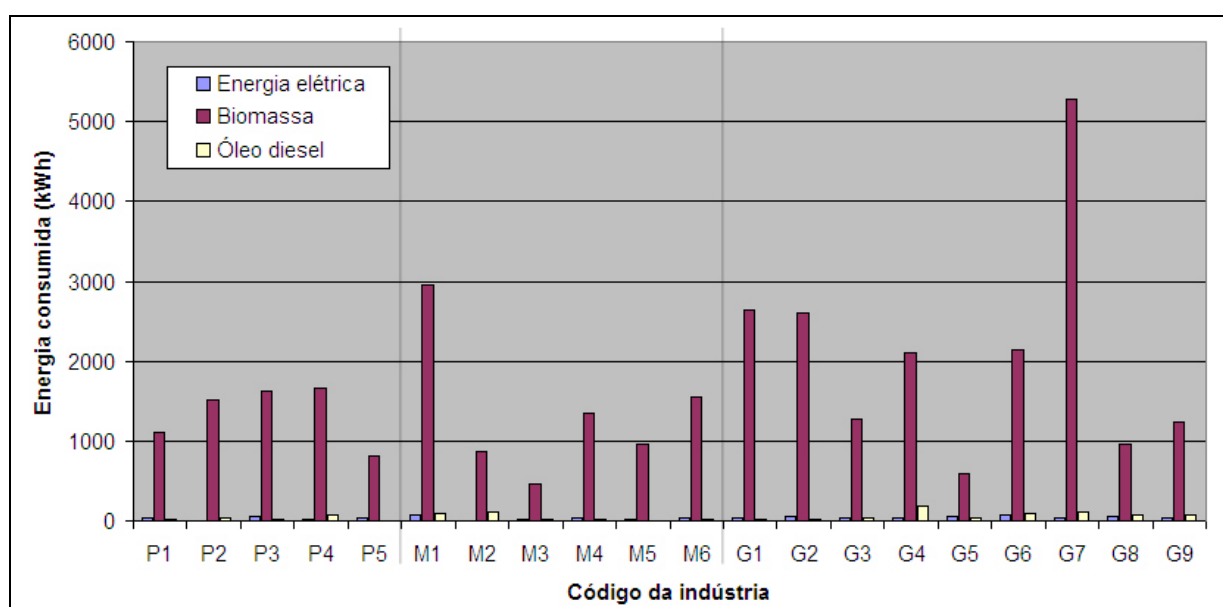


Figura 104: gráfico comparando consumo de energia para a fabricação de 2.000 kg de produto acabado.

Desdobrando-se a energia total consumida para a fabricação de materiais cerâmicos, na participação de cada insumo energético, destaca-se a utilização de biomassa. A figura 105 ressalta a participação de

cada insumo energético, nas 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos. A média simples resultante atribui que 94% da energia utilizada é gerada a partir de biomassa, 2,62%, de energia elétrica e 3,38%, de óleo diesel. Já a média ponderada pelo número de peças fabricadas mensalmente pelas indústrias, atribui que 92,15% da energia utilizada é gerada a partir de biomassa, 3,34%, de energia elétrica e 4,51%, de óleo diesel. A figura 106 expressa estes resultados graficamente.

Código	Produção mensal (peças/mês)	Insumo energético (%)			Média por porte	Média ponderada por porte*
		Energia elétrica	Biomassa	Óleo diesel		
P1	40.000	2,91	95,86	1,23	E.elétrica = 2,28% Biomassa = 95,68% Óleo diesel = 2,04%	E.elétrica = 2,52% Biomassa = 95,40% Óleo diesel = 2,08%
P2	50.000	0,18	97,37	2,45		
P3	60.000	2,80	95,85	1,36		
P4	80.000	0,64	95,10	4,26		
P5	100.000	4,86	94,22	0,91		
M2	150.000	0,63	88,55	10,81	E.elétrica = 1,80% Biomassa = 94,93% Óleo diesel = 3,27%	E.elétrica = 1,88% Biomassa = 95,50% Óleo diesel = 2,62%
M3	174.000	2,63	95,41	1,96		
M4	250.000	2,12	96,17	1,71		
M5	250.000	1,01	98,63	0,36		
M6	290.000	2,61	95,89	1,50		
G1	320.000	1,20	97,80	0,99	E.elétrica = 3,36% Biomassa = 92,36% Óleo diesel = 4,29%	E.elétrica = 3,63% Biomassa = 91,41% Óleo diesel = 4,96%
G2	450.000	2,27	96,79	0,94		
G3	500.000	2,51	94,54	2,95		
G4	500.000	1,86	90,59	7,56		
G5	600.000	7,98	86,77	5,25		
G6	1.200.00	3,14	92,61	4,26		
G8	1.400.000	4,75	88,38	6,87		
G9	1.500.000	3,14	91,40	5,46		
Média		2,62	94,00	3,38		
Média ponderada*		3,34	92,15	4,51		

* média ponderada por número de peças produzidas mensalmente pelas indústrias.

Figura 105: participação de cada insumo energético no total de energia consumida, para tijolos e blocos cerâmicos.

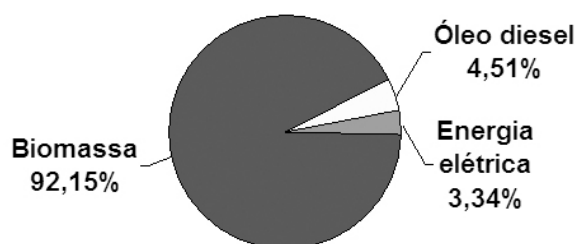


Figura 106: média ponderada da participação de cada insumo energético no total de energia consumida, para tijolos e blocos cerâmicos

Para a indústria M1, que produz blocos, telhas e cumeeiras, a participação de cada insumo no total de energia consumida é constituída por: 95,04% de biomassa, 2,19%, de energia elétrica e 2,77%, de óleo

diesel. Já na indústria G7, que produz exclusivamente telhas, o total de energia é gerado por: 97,54% de biomassa, 0,57%, de energia elétrica e 1,90%, de óleo diesel.

6.3 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

A figura 107 apresenta, de forma resumida, os diversos valores encontrados para a energia incorporada em tijolos e blocos, convertendo-os para as duas unidades mais comuns, MJ/Kg e kWh/kg.

Referência	Origem – local	MJ/kg	KWh/kg
Energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos			
Lawson (1996)	Austrália	2,50	0,694
Cole & Rousseau (1992)	Canadá	4,90	1,361
Cole & Rousseau (1992)	Suíça	3,10	0,861
Alcorn & Baird (1996)	Nova Zelândia	2,50	0,694
Worrell et al. (1994)	Holanda/Oeste Europeu	3,00	0,833
Szokolay (1997)	Austrália	3,60 - 4,32	1,000 – 1,200
Visvesvaraya (1987)	Não conhecido	4,30	1,194
Construction...(1996)	Holanda	2,00 - 7,00	0,556 – 1,944
Tapia et al. (2000)	Europa	1,05 - 1,26	0,291 - 0,349
Brasil (1982)	Brasil	3,09	0,853
Guimarães (1985)	Brasil	3,13	0,869
SUDENE/ITEP (1988)	Pernambuco – Brasil	1,86 – 2,80	0,516 – 0,778
Tapia et al. (2000)	Brasil	2,09 - 3,35	0,582 - 0,931
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro – Brasil Cerâmica Argibem Ltda	1,78 – 2,76	0,493 – 0,766
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro – Brasil RP Pesanha Cerâmica	1,08 – 1,37	0,300 – 0,379
Tapia et al. (2000)	Rio de Janeiro – Brasil Tijolar Indústrias Cerâmicas Ltda	1,78 – 2,00	0,496 – 0,556
Energia incorporada em telhas cerâmicas			
Green Building Digest (1996)	Reino Unido	6,30	1,750
Chen et al. (2001)	-	5,47	1,519

Figura 107: energia incorporada em tijolos, blocos e telhas cerâmicos.

Nota-se que existe uma grande variação entre os valores encontrados, de 1,05 a 7,00 MJ/kg ou 0,291 a 1,944 kWh/kg (TAPIA et al., 2000; CONSTRUCTION... apud SPERB, 2000). Porém, deve-se destacar que, na maioria dos casos, o processo de cálculo para a obtenção destes valores não é explicitado, dificultando o entendimento sobre as fases do processo que foram consideradas. Além disso, podem ser citados outros fatores como as diferenças existentes entre países, e, conseqüentemente, na eficiência energética nos equipamentos utilizados, na utilização de secadores ou não, nos tipos de fornos utilizados, na geometria das peças produzidas, enfim, diferenças nos processos produtivos e nos próprios produtos acabados. Para a energia incorporada às telhas, foram apontados pela bibliografia dois valores, 5,27 MJ/kg e 6,30 MJ/kg ou 1,519 kWh/kg e 1,750 kWh/kg (GREEN BUILDING DIGEST, 1996; CHEN et al., 2001). A exemplo do que foi dito anteriormente, a metodologia de cálculo adotada para a obtenção destes valores não fica clara.

Os resultados encontrados, gerados a partir dos dados fornecidos pelas indústrias visitadas, estão indicados na figura 108. Estes são explicitados em MJ/kg e kWh/kg, para possibilitar uma comparação com os valores indicados pela bibliografia.

Porte da indústria	Código indústria	Produção mensal	Cidade	MJ/kg	KWh/kg
Pequeno	P1	40.000	Barão	2,08	0,578
	P2	50.000	Carlos Barbosa	2,79	0,774
	P3	60.000	Gravataí	3,07	0,851
	P4	80.000	São Pedro da Serra	3,13	0,869
	P5	100.000	Pelotas	1,53	0,426
Médio	M1*	130.000	Feliz	5,59	1,553
	M2	150.000	Carlos Barbosa	1,78	0,495
	M3	174.000	Cerrito	0,87	0,242
	M4	250.000	Farroupilha	2,52	0,701
	M5	250.000	Arroio do Meio	1,76	0,487
	M6	290.000	Pelotas	2,89	0,804
Grande	G1	320.000	Gravataí	4,85	1,346
	G2	450.000	Encantado	4,83	1,342
	G3	500.000	Vila Flores	2,44	0,677
	G4	500.000	Estrela	4,20	1,166
	G5	600.000	Pelotas	1,22	0,338
	G6	1.200.00	Candelária	4,17	1,158
	G7**	1.300.000	Bom Princípio	9,73	2,703
	G8	1.400.000	Santa Maria	1,96	0,543
	G9	1.500.000	Vila Flores	2,42	0,672

* produz telhas entre seus produtos

** produz exclusivamente telhas

Figura 108: energia incorporada em tijolos, blocos e telhas cerâmicos, nas indústrias visitadas.

A figura 109 compara os valores obtidos nas 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos, excluindo as que produzem telhas, com os valores referenciados pela bibliografia internacional (0,291 a 1,944 kWh/kg). Apenas um dos resultados, referente à indústria M3, se situa abaixo da faixa indicada. Ainda com relação à figura 109, estão marcados alguns valores apontados para outros países: no Canadá, de 1,361 kWh/kg (COLE & ROUSSEAU apud SPERB, 2000), na Suíça, de 0,861 kWh/kg (COLE & ROUSSEAU apud SPERB, 2000), na Austrália, de 0,694 kWh/kg (LAWSON, 1996) e na Nova Zelândia, que também é de 0,694 kWh/kg (ALCORN & BAIRD apud SPERB, 2000).

A figura 110 compara os resultados obtidos com relação à bibliografia nacional, que varia em uma faixa de 0,300 kWh/kg a 0,931 kWh/kg. Dos 18 valores obtidos, 5 se situam fora da faixa indicada. Somente um dos valores se situa abaixo da faixa, obtido em uma indústria de médio porte. Os 4 valores superiores à faixa indicada foram obtidos em indústrias de grande porte.

Por fim, a figura 111, resume os valores de energia incorporada por porte das indústrias, bem como fornece os valores gerais, excluindo as indústrias que produzem telhas.

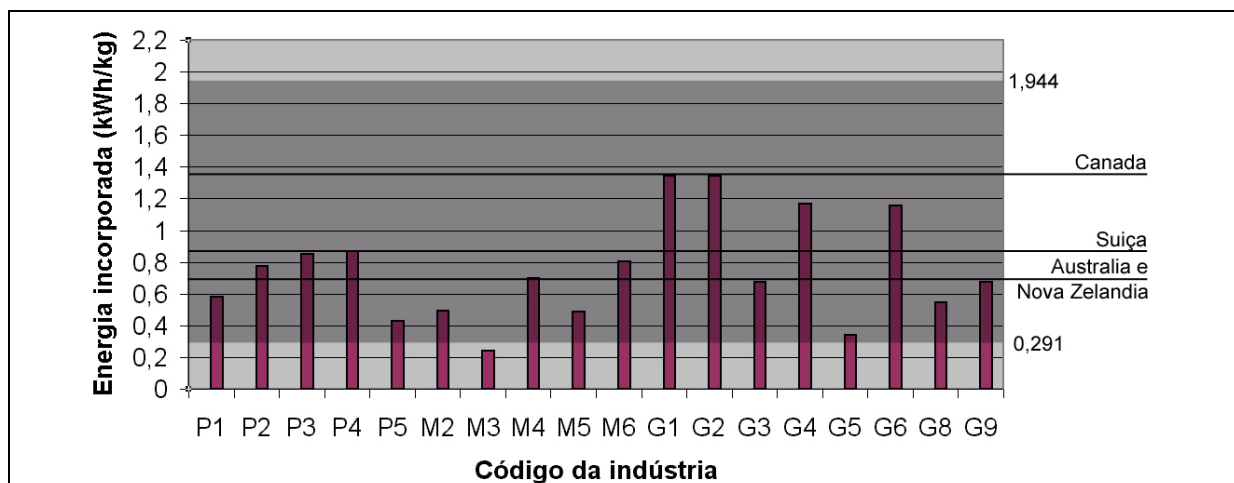


Figura 109: gráfico comparativo entre os resultados obtidos e a bibliografia internacional.

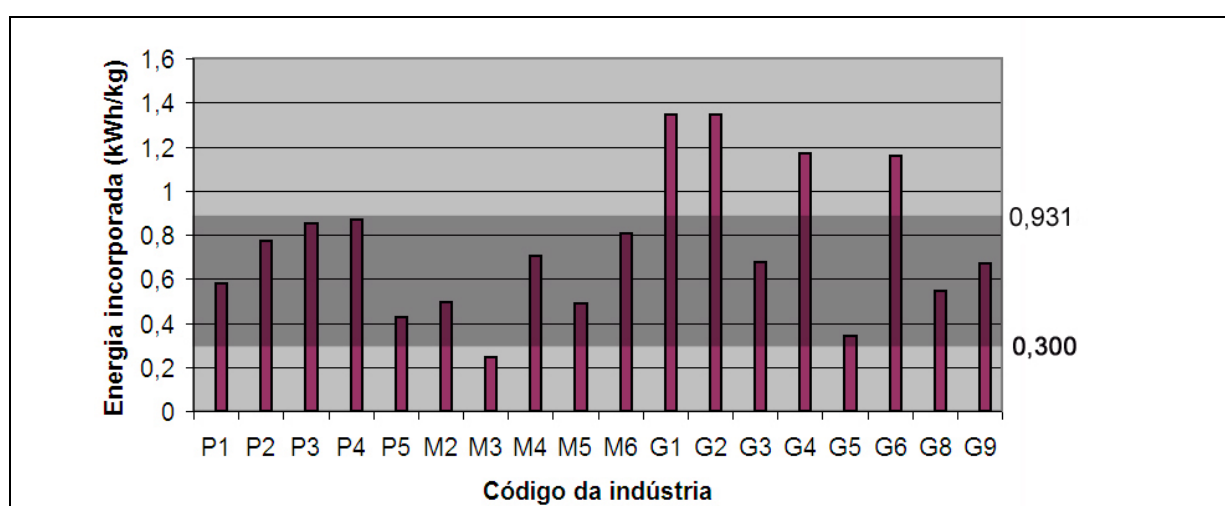


Figura 110: gráfico comparativo entre os resultados obtidos e a bibliografia nacional.

Indicadores	Unidades	Porte das indústrias			
		Pequenas	Médias	Grandes	Geral
Número de indústrias	-	5	5	8	18
Consumo de energia (média simples)	kWh/kg	0,700	0,546	0,905	0,748
	MJ/kg	2,52	1,96	3,26	2,69
Consumo de energia (média ponderada*)	kWh/kg	0,682	0,580	0,822	0,782
	MJ/kg	2,46	2,09	2,96	2,82
Menor consumo de energia	kWh/kg	0,426	0,242	0,338	0,242
	MJ/kg	1,53	0,87	1,22	0,87
Maior consumo de energia	kWh/kg	0,869	0,804	1,346	1,346
	MJ/kg	3,13	2,89	4,85	4,85
Desvio padrão	kWh/kg	0,192	0,217	0,392	0,328
	MJ/kg	0,697	0,609	1,412	1,181
Faixa de inclusão de 66% das indústrias	kWh/kg	0,508 a 0,892	0,329 a 0,763	0,513 a 1,297	0,421 a 1,076
	MJ/kg	1,82 a 3,21	1,18 a 2,74	1,85 a 4,67	1,51 a 3,87

* média ponderada por número de peças produzidas mensalmente pelas indústrias.

Figura 111: características gerais das indústrias pesquisadas, a respeito da energia incorporada aos seus produtos (tijolos e blocos).

6.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Através das informações, fornecidas pelas indústrias de cerâmica vermelha visitadas, foi possível apresentar uma estimativa da energia incorporada a materiais cerâmicos. Seria interessante, dar continuidade a esta pesquisa, procedendo a uma análise mais detalhada, com a finalidade de obter valores mais precisos.

As pesquisas nesta área merecem ser desenvolvidas, para possibilitar um maior conhecimento a respeito dos materiais utilizados localmente. Neste tipo de avaliação é de fundamental importância descrever minimamente os parâmetros utilizados no cálculo, como a origem dos dados, os valores de poderes caloríficos, e as fases consideradas, entre outros. Possibilitando, desta maneira, uma comparação de dados eficaz.

Na pesquisa bibliográfica, e nas estimativas realizadas, nota-se que a produção de telhas, consome mais energia que a produção de tijolos e blocos cerâmicos. Outra observação importante é que a maior parte da energia consumida nas indústrias provém de biomassa, estando esta relacionada às fases de queima e, em algumas indústrias, a secagem artificial. Os consumos de energia elétrica e óleo diesel são muito inferiores aos de biomassa.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

7.1 CONCLUSÕES GERAIS

Através da realização desta pesquisa foi possível obter informações que contribuem para ampliar a visão sobre os impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul, conforme havia sido previamente estabelecido nos objetivos.

Por meio da revisão bibliográfica e das visitas às entidades que se relacionam de alguma forma com o setor, foram levantados uma série de dados, como a localização de algumas reservas de argila no Estado, a quantidade de energia, as emissões de material particulado e dióxido de enxofre geradas pelo setor cerâmico no Estado, e foram esboçadas as exigências requeridas pela legislação ambiental, entre outros.

Nas visitas realizadas a 40 indústrias do Estado do Rio Grande do Sul, observou-se que o setor de cerâmica vermelha é heterogêneo, por ser constituído de indústrias de portes variados, conseqüentemente com grandes diferenças relativas ao grau de automação do processo produtivo. Porém, os impactos causados na fabricação de peças de cerâmica vermelha, relativos à utilização de matéria-prima, à utilização de fontes energéticas, a emissões gasosas e à geração de resíduos sólidos, possuem similaridades.

7.1.1 Recursos Naturais

Um dos principais recursos naturais utilizados no processo produtivo é a argila. A sua extração certamente provoca danos ao meio ambiente. Porém, todas as jazidas devem se submeter às exigências da legislação ambiental pertinente, entre elas a de recuperação das mesmas quando do término de sua exploração.

Das indústrias pesquisadas, 40% utiliza apenas um tipo de argila na preparação da massa e 40% utiliza 2 tipos de argilas. Dos 20% restantes, 12,5% elabora uma mistura com mais de 4 tipos de argilas. A distância, detectada pelo estudo, entre os locais de extração de argila e as indústrias, na maioria das vezes é inferior a 10 km, minimizando os impactos com transporte. Geralmente, quando as indústrias adquirem argilas a grandes distâncias, superiores a 100 km, esta matéria-prima é misturada a argilas de origem local, diluindo os impactos causados pelo transporte. A busca por argilas localizadas a grandes

distâncias, é justificada pela melhoria atribuída ao produto final, e representa menos perdas durante o processo produtivo.

Entre as indústrias pesquisadas, a área média das jazidas é de 8,76 ha, porém variando de 0,10 ha até 75 ha. O tempo de utilização das mesmas é variável, dependendo, basicamente, do volume de argila existente na jazida e do volume utilizado mensalmente pela indústria. A maioria dos entrevistados considera a argila uma matéria-prima abundante.

As alternativas apresentadas para a recuperação das áreas degradadas, após efetuada a exploração da jazida, foram o reflorestamento, a implantação de açudes para a criação de peixes, pastagens para criação de animais, inserção de áreas de lazer, ou, simplesmente aterros.

A utilização de outras matérias-primas, constatada em 10 das indústrias é um aspecto positivo, quando comprovada a sua viabilidade técnica, econômica e ambiental. Foi constatada a incorporação das seguintes matérias-primas: serragem, cinza de casca de arroz, *chamote*, cinzas provenientes da etapa de queima e areia. Outras 2 indústrias estudam a incorporação de carvão mineral e pó de aciaria. A maioria destas matérias-primas, que são resíduos de outros processos produtivos, é encontrada pelas indústrias a curtas distâncias. Porém, em alguns casos, a serragem é adquirida a 150 km e o pó de aciaria a 350 km.

Considera-se ambientalmente favorável, a prática por parte de 82,5% das indústrias visitadas, o fato de utilizarem, na fase de preparação da argila, uma água que não passou por processo de tratamento.

7.1.2 Fontes Energéticas e Energia Incorporada

As indústrias cerâmicas utilizam fontes variadas de energia. De modo geral, a energia elétrica é utilizada no conjunto extrusor, em esteiras, nos secadores e estufas (ventiladores), em fornos tipo túnel, além dos usos cotidianos, como em lâmpadas. O óleo diesel é utilizado nas máquinas que fazem a extração de argila, nos caminhões que transportam matéria-prima, insumos energéticos e produto acabado. Também é utilizado, por algumas indústrias, em geradores de energia.

Das 40 indústrias cerâmicas pesquisadas, 22 indústrias utilizam lenha na etapa de queima, 14 utilizam serragem, 6 utilizam cavacos, 5 utilizam retalhos de móveis, 2 utilizam refil, e ainda, são empregados em somente 1 das indústrias pesquisadas, a casca de arroz, o óleo BPF, o resíduo de papel e o sabugo de milho. Cabe ressaltar que algumas das indústrias utilizam mais do que um tipo de insumo energético na queima. E, geralmente, os insumos que são utilizados na etapa de queima são os mesmos utilizados na etapa de secagem artificial.

Quanto às distâncias de transporte entre os fornecedores de insumos e as indústrias, os retalhos de móveis, a casca de arroz e os resíduos de papel são obtidos localmente, a distâncias inferiores a 30 km. A lenha, a serragem e os cavacos são obtidos a distâncias variáveis, de 5 a 150 km, de 2 a 300 km e de 5 a 150 km, respectivamente. O refil, utilizado em 2 indústrias, é obtido a 20 km, por uma das indústrias, e a 90 km, pela outra indústria. O sabugo de milho é obtido a, até, 120 km de distância. E o óleo BPF é adquirido a uma grande distância, de aproximadamente 350 km.

Foi possível estimar a energia incorporada aos produtos fabricados por 20 indústrias de cerâmica vermelha, das quais 18 indústrias produzem tijolos e blocos cerâmicos, 1, produz blocos, telhas e cumeeiras e a outra produz exclusivamente telhas.

Realizando uma média ponderada, baseada no número de peças produzidas mensalmente em cada uma das 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos, obteve-se a seguinte participação de cada insumo energético no total de energia consumida pelas mesmas: 3,34% provém da energia elétrica, 4,51% do óleo diesel, e 92,15% de biomassa. A maior parte da energia utilizada nas indústrias está associada ao consumo de biomassa (lenha, serragem, cavaco, retalho de móveis, refil, casca de arroz, resíduo de papel, e sabugo de milho), consumida nas etapas de queima e, em algumas indústrias, na secagem artificial.

O valor médio ponderado de energia incorporada, entre as 18 indústrias pesquisadas e para a metodologia utilizada, baseado nos valores fornecidos pelas próprias indústrias, foi de 0,782 kWh/kg para tijolos e blocos. Porém, obteve-se as seguintes médias ponderadas de energia incorporada aos produtos, por porte das indústrias: 0,682 kWh/kg, para as de pequeno porte, 0,580 kWh/kg, para as de médio porte e 0,822 kWh/kg, para as de grande porte.

Dos 18 valores de energia incorporada, encontrados para a fabricação de tijolos e blocos cerâmicos, 5 ficam fora da faixa determinada pelos valores encontrados na bibliografia nacional disponível, que é de 0,300 kWh a 0,931 kWh. O valor mínimo encontrado nas indústrias cerâmicas pesquisadas foi de 0,242 kWh/kg e o máximo de 1,346 kWh/kg.

O valor da energia consumida na indústria que fabrica telhas entre seus produtos, é de 1,553 kWh/kg. Já na outra indústria, que fabrica exclusivamente telhas, o valor obtido é de 2,703 kWh/kg, bem acima dos valores citados pela bibliografia internacional consultada, que variam de 1,519 kWh/kg a 1,750 kWh/kg.

7.1.3 Emissões Aéreas

Quanto às emissões aéreas, na queima de biomassa há liberação de CO₂. No entanto este composto é reabsorvido pela própria biomassa, fazendo parte de um ciclo. Além do CO₂, segundo os dados obtidos junto a FEPAM (1997), na queima de biomassa há produção de material particulado (MP) e SO₂.

Na queima de retalhos de móveis e resíduo de papel, constatado em algumas indústrias, é necessário um estudo com o escopo de identificar as substâncias liberadas, para verificar o seu impacto.

Já o óleo diesel e o óleo BPF, por serem derivados de petróleo, emitem CO₂, principal gás causador do aquecimento global, e emitem também NO_x e SO₂, responsáveis pela chuva ácida.

7.1.4 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos gerados nas fases de moldagem e secagem natural são reagregados à argila que foi extraída, onde permanecem por determinado período e posteriormente são reincorporadas à massa.

Os resíduos gerados após a queima, são os cacos e as cinzas. Das indústrias visitadas, 52,5% encaminha os cacos para aterros, 22,5% os utiliza como calçamento de estradas, 15% encaminha parte dos cacos para aterro e parte para o calçamento de estradas, 7,5% vendem para terceiros, e apenas 2,5% (1 indústria) reincorpora o material ao próprio processo produtivo, como *chamote*. Com relação às cinzas, 22,5% das indústrias as vendem ou as doam para terceiros, para a utilização em lavouras de hortaliças. Apenas 2 indústrias reincorporam este resíduo ao próprio processo produtivo. E o restante das indústrias encaminha as cinzas para aterros, ou informaram que a produção de cinzas é quase nula.

7.1.5 Recursos Humanos

A média de funcionários por indústria aumenta com o porte das indústrias. Nas indústrias de pequeno porte a média é de 6,8 funcionários/indústria, nas de médio porte de 12,0, e nas de grande porte de 43,2. Porém, a média geral de funcionários por indústria é de 22,4.

Em geral, o nível de escolaridade é baixo e existem poucos técnicos em cerâmica trabalhando na área. O fato é agravado por 80% das indústrias não oferecerem cursos de aperfeiçoamento técnico.

Com relação aos benefícios oferecidos aos funcionários, 42,5% das indústrias oferece algum plano de assistência médica ou social. Algumas empresas oferecem aos funcionários moradia, por vezes incluindo o pagamento de água e luz, áreas de lazer, cestas alimentares e participação nos lucros e refeitórios na própria empresa.

Os meios de transporte mais utilizados pelos funcionários são a bicicleta (36,7%) e o deslocamento a pé (35,5%), o que não implica em impactos ao meio ambiente. No entanto estas opções são limitadas pela distância a ser percorrida. Para distâncias maiores se recomendaria o incentivo ao uso de transporte coletivo, que é utilizado por 6 das indústrias de grande porte.

As condições de trabalho dos funcionários deste setor são variadas. Nas indústrias de pequeno porte e em algumas das de médio porte, as condições de trabalho são insalubres. Os ambientes são úmidos, ruidosos, mal iluminados, e os funcionários não utilizam uniformes adequados. Já nas indústrias de grande porte e em algumas de médio porte, as condições são melhores. Os ambientes são mais bem iluminados, menos úmidos, mais limpos, e quase sempre os funcionários utilizam uniformes.

7.2 SUGESTÕES PARA OUTROS TRABALHOS

No desenvolvimento desta pesquisa foram encontradas algumas dificuldades, principalmente pela falta de alguns dados. Estas lacunas poderiam ser sanadas com a elaboração das seguintes pesquisas:

- a) identificação dos impactos ambientais causados durante o ciclo de vida de outros materiais de construção utilizados localmente, como: o cimento, aço, madeira, brita, entre outros, obtendo dados qualitativos e quantitativos;
- b) verificação dos impactos ambientais, para as outras fases do ciclo de vida dos produtos de cerâmica vermelha;
- c) refinamento dos dados obtidos para a energia incorporada, através do acompanhamento diário a uma indústria de cerâmica vermelha, conferindo as quantidades de insumos necessários à produção das peças;
- d) relacionar a qualidade do produto acabado com a energia necessária para a sua fabricação, bem como com a matéria-prima utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acesso em 14 maio 2002.

ABIKO, A.K. Utilização de cerâmica vermelha na construção civil. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p.107-110.

AGRAFIOTIS C.; TSOUTSOS, T. Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. **Applied Thermal Engineering**, v.21, n.12, p. 1231-1249, august 2001.

ANINK, D.; BOONSTRA, C.; MAK, J. **Handbook of sustainable building** – an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment. London: James & James, 1996. 175p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ). **Bloco cerâmico para alvenaria**: NBR 7171. Rio de Janeiro, 1992, 8p.

_____. **Tijolos maciços para alvenaria**: NBR 7170. Rio de Janeiro, 1983, 6p.

BAGGS, D. Eco-rating building materials: a designer's guide. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA, 16, 1999, Sydney-Australia. **Proceedings**...Sydney Australia: PLEA, 1999. v.1, p.89-94.

BALL, J. Can ISO 14000 and eco-labelling turn the construction industry green? **Building and Environmental**, n.37, p. 421-428, 2002.

BARBOSA, J. C.; INO, A.. Madeira, material de baixo impacto ambiental na construção – Análise do Ciclo de Vida. In: II ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2001, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2001. p.139-146.

BÊRNI, D. A. (Coord.). **Técnicas de pesquisa em economia**: transformando curiosidade em conhecimento. São Paulo:Saraiva, 2002. 408p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 14 ed, atual e ampl. Juarez de Oliveira (Org.). São Paulo:Saraiva, 1996. 217p. (Coleção Saraiva de Legislação)

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional**, Brasília, 2000. 154p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_2000/td0719.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2002

BRASIL. **Consolidação da legislação mineral e ambiental**. 7 ed, atual e revisada. Uile Reginaldo Pinto (Org.). Brasília:GV Formulários, 2001. 479p.

BUSTAMANTE, G. M., BRESSIANI, J. C. A indústria cerâmica brasileira. **Revista Cerâmica Industrial**, [São Paulo], v.5, n.3, p.31-36, 2000.

CARVALHO FILHO, A. C.; CEA, A. A.; TORNEL, A. J. G. Sistemas construtivos: aço x concreto – análise de seus impactos sobre o meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos**... Foz do Iguaçu: InfoHab / LabEEE, 2002. p. 1815-1822.

CHEN, T.Y.; BURNETT, J.; CHAU, C.K. Analysis of embodied energy in the residential building of Hong Kong. **Energy**, n. 26, p.323-340, 2001.

CIB. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam, Netherlands: CIB, 1999. 120p. Report Publication 237.

CIB. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. Pretoria, South Africa: CIB, July 2001. 48p. First Discussion Document

CIB; UNEP-IETC. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. Pretoria: Capture Press, 2002. 82p. A Discussion Document

CINCOTTO, M.A. utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. In: **TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES**. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p.71-74.

D'AVIGNON, A. **Normas Ambientais ISO 14000** - como podem influenciar sua empresa. Rio de Janeiro: CNI, DAMPI, 1995. 65p.

DIÁLOGO entre o ceramista e o servidor do DNPM. **Anuário Brasileiro de Cerâmica Vermelha**, Criciúma, edição 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/ceramica.html>> Acesso em: 16 abr. 2002

DIAS, J. F.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Diagnóstico visando a reciclagem de resíduos de cerâmica. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA**, 45, 2001, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis:[s.n.], 2001.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Mineração no Brasil** - Informações Básicas para o Investidor. 2ªed. Set 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/guia2000.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2002.

DRUSZCZ, M. T. **Avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de construção civil – uma revisão bibliográfica com estudo de caso do bloco cerâmico**. 2002. 148f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

EBC – ENVIRONMENTAL BUILDING NEWS. **Building materials: what makes a product green?**. Brattlebore, US: BuildingGreen, v.9, n.1, Jan., p.1, 10-14, 2000, revised Oct. 2000. Disponível em: <http://www.buildinggreen.com/features/gp/green_products.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2002.

ELETROBRÁS. **Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos**. [S.I.]: MME, ELETROBRÁS, jun.1986. 91p.

ESB Unit Conversion Utility, versão 1.4.2 3: programa de conversão de unidades. [S.I.]: ESB Consultancy, oct 2000.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE. **Emissões atmosféricas industriais**: geração por queima de combustíveis no Estado do Rio Grande do Sul - 1997. Eng. Quim. Mariza Wagner Espinoza (Coord. Geral). Porto Alegre:[s.i.], 1997. 71p. (Projeto FEPAM/GTZ)

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE. Apresenta informações sobre legislação ambiental. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2002 e 10 out. 2002.

FERRÃO, P. C. **Introdução à gestão ambiental** – a avaliação do ciclo de vida de produtos. Lisboa: IST Press, 1998. 216p.

FERREIRA, C. M. Combustíveis industriais. In: IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo. **Apostilas do Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão**. Rio de Janeiro:IBP, 1977. p. 1-24.

FERREIRA, C.C. **Estudo dos produtos cerâmicos fabricados na cidade de Santa Maria – RS**. 2002. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Civil, Área de Concentração Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GIBSON, W. A practical view of life-cycle assessment. In: TIBOR, T.; FELDMAN, L. **Implementing ISO 14000**. Chicago: Irwin, 1997. p.445-572.

GREEN BUILDING DIGEST. **Masonry Materials**. Liverpool, United Kingdom: Ethical Consumer Research Association (ECRA), The Technical Aid Network (ACTAC), n.1, jan. 1995.

_____. **Roofing Materials**. Liverpool, United Kingdom: Ethical Consumer Research Association (ECRA), The Technical Aid Network (ACTAC), n.11, jun./jul. 1996.

GRIGOLETTI, G. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS**. 2001. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GROSS, F. J. **Indústrias cerâmicas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1972. 107p. Apostila da Disciplina de Tecnologia Inorgânica II

HUOVILA, P. **On the way towards sustainable building**. 1999. 9p. Disponível em: <<http://www.iris.ba.cnr.it/sksb/PAPERS/key04.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2002

IOSHIMOTO, E.; THOMAZ, E. **Materiais cerâmicos para construção**. São Paulo: USP, 1990. 102p.

JANNUZZI, G. M. Energia e Meio Ambiente. **COM CIÊNCIA** – revista eletrônica de jornalismo científico, 10 jul. 2001a. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/energiaeletrica/energia12.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2002.

JANNUZZI, G. M. As fontes alternativas de energia: o que podemos esperar da biomassa? **COM CIÊNCIA** - revista eletrônica de jornalismo científico, 21 ago. 2001b. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/emac/>>. Acesso em: 06 jun. 2002.

JOHN, V.M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 09 jun, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1999. p. 44-55.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113f. Tese (Livres Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KIM, J.J.; RIGDON, B. Qualities, Use and Examples of Sustainable Building Materials. In: UNIVERSITY OF MICHIGAN. **Sustainable Architecture**. Ann Arbor: National Pollution Prevention Center for Higher Education/University of Michigan, 1998.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x meio ambiente**: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 103p.

KRONKA, R. Arquitetura de baixo impacto energético e ambiental – nova arquitetura. In: II ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza:[s.n.], 1999. p.

LANGHANZ, C.L. Análise do setor de cerâmica vermelha no RS. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA E III IBEROAMERICANO DE CERAMICA, VIDROS Y REFRACTARIOS, 1991, Belo Horizonte. **Anais...**São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1991. p.819-825.

LAGO, A.; PÁDUA, J.A. **O que é ecologia?** 11ed. São Paulo: Brasiliense, 1992. 108p. (Coleção Primeiros Passos, 116)

LAWSON, B. **Building materials, energy and the environmental imperative**: towards ecologically sustainable development. Australia: The Royal Australian Institute of Architects, 1996. 135p.

LIPPIATT, B. C. **BEES 2.0** – Building for Environmental and Economic Sustainability: technical manual and user guide. United States of America: U.S.Department of Commerce, National Institute of Standards Technology, Jun. 2000. 140p.

LYLE, J. T. **Regenerative Design for Sustainable Development**. New York: Wiley, 1994. 338p.

MACEDO, A. B.; FREIRE, D. J. A. M.; AKIMOTO, H. Environmental management in the Brazilian non-metallic small-scale sector. **Jornal of Cleaner Production**, n.11, p. 197-206, 2003.

MARTINS, H. Madeira como fonte de energia. In: PENEDO, W.R. (Comp.) **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte: CETEC-Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1980. p. 11-26.

MASCARÓ, L.(Coord.) **Análise prévia para caracterização de aspectos energéticos dos materiais de construção**. Porto Alegre: UFRGS-PROPAR, 1988. 83p.

MASTELLA, D. V. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. 2002. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MILLER, A. J. Energy of the Transportation of Building Materials. In: CONSTRUCTION AN THE ENVIRONMENT – CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 1998, Gävle, Sweden. **Proceeding...** Gävle, Sweden: Kickan Fahlstedt, 1998, p.803-810.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. **O setor de cerâmica vermelha no Paraná**. Curitiba: Instituto Paranaense para o Desenvolvimento (IPARDES), 1997. 185p.

MITIDIERI, C.V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento de sistema construtivo em “painéis cerâmicos”. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p.175-178.

MITIDIERI, C.V.; IOSHIMOTO, E. Controle da qualidade de telhas e blocos cerâmicos. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p.117-122.

MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.Z.; JUNIOR, M.C. As matérias-primas cerâmica. Parte I: o perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. **Revista Cerâmica Industrial**, (São Paulo), v.6, n.2, p.28-39, 2001. Mar/abr

MOURA, L.A.A. **Qualidade e gestão ambiental** – sugestões para implantação das normas ISO 14000 nas empresas. 2 ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2000. 228p.

OLIVEIRA NETO, R. **Avaliação do sistema de Licenciamento Ambiental vigente para a mineração**: uma nova proposta de metodologia e procedimentos. 1999. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PEREIRA, J.C.D; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 5 ed. Porto Alegre: Globo, 1980. 435p.

PLESSIS, C. Finding the tin man’s heart – social responsibility in the construction sector. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: InfoHab / LabEEE, 2002. p. 13-22.

QUINTANA, L. M. H. **Avaliação das matérias-primas e produtos cerâmicos da região de Bagé – RS**. 2000. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

REDDY, B.V.V.; JAGADISH, K.S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. **Energy and Buildings**, n. 35, p.129-137, 2003.

REDENERGIA. Apresenta informações sobre poderes caloríficos de insumos energéticos. Disponível em: < <http://www.redenergia.com.br> >. Acesso em: 05 dez. 2002

RIPOLI FILHO, F. A utilização do rejeito industrial cerâmico – chamote – como fator de qualidade na fabricação de elementos cerâmicos: um estudo experimental. **Cerâmica**, São Paulo, v.43, n.281/282, p.133-139, maio/jun/jul/ago 1997.

ROMAN, H.; GLEIZE, P. Possibilidades de utilização de resíduos pela indústria cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VII, 1998, Florianópolis. **Anais eletrônicos...**Foz do Iguaçu: InfoHab / LabEEE, 2002. p.893-898.

ROUSSEAU, D. Materials. In: PUBLIC TECHNOLOGY INC. **Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations**. United States of America: Public Technology, Inc., 1996.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI** – desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel: Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993. 103p.

SANTOS, P.S. **Ciência e tecnologia das argilas**. 2.ed.ver.ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 408p. v.1

SANTOS, I.S.S.; SILVA, N. I. W. **Manual de cerâmica vermelha**. Porto Alegre:SEBRAE/RS, 1995. 56p.

SANTOS, I.S.S., N.I.W., GASPARY, A.M., RAMIRES, M.C.P., SILVA, N.I.W. Considerações sobre a matéria-prima (argila) e caracterização de tijolos maciços e blocos cerâmicos na Região do Vale do Rio dos Sinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38º, Blumenau, SC, 1994. **Anais...**Blumenau:Associação Brasileira de Cerâmica, 1994, v.1, p.484-489.

SANTOS, I.S.S., SILVA, N.I.W., GASPARY, A.M. Avaliação do setor de cerâmica vermelha na Região do Vale do Rio dos Sinos – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 39º, Águas de Lindóia, SP, 1995. **Anais...**São Paulo:Associação Brasileira de Cerâmica, 1995, v.1, p.395-400.

SANTOS, I.S.S., SILVA, N.I.W., GASPARY, A.M., SOLIANI, C.T.A., RAMIRES, M.C.P.,ROCHA,P.V.H. Aspectos de caracterização de argilas da Região Metropolitana de Porto Alegre para aplicação em componentes de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v.42, n.276, p.331-334, jul/ago 1996.

SENAI. **O perfil da indústria cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul**. Relatório de Pesquisa. Porto Alegre: SENAI/FIERGS, 2000. 41f.

SILVA, V. G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. **Qualidade na Construção**, São Paulo, n.25, p.14-22, 2000.

SILVA, Vanessa G.; SILVA, Maristela G. Análise do ciclo de vida aplicada ao setor de construção civil : revisão da abordagem e estado atual. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8º, Salvador, 2000. **Anais...**Bahia:[s.n], 2000, v.1, p.51-58.

SILVEIRA, E.J.T. **Balanco Energético Consolidado do Estado do Rio Grande do Sul 1999-2000**. Porto Alegre: Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, 2002. 266p.

SOUZA, R.S. **Entendendo a questão ambiental**: temas de economia, política e gestão do meio ambiente. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2000. 461p.

SPERB, R.S. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SUDENE/ITEP. **Conservação de energia no setor industrial** – 01 cerâmica vermelha. Recife: SUDENE/ITEP, 1988. 113p.

- SZOKOLAY, S.V. The environmental imperative. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA, 14., 1997, Kushiro. **Proceedings...**Kushiro: PLEA, 1997, v.1, p.3-12.
- TAPIA, R. S. E. C.; VILLAR, S. C.; HENRIQUE Jr., M. F.; RODRIGUES, J. A. P.; FERREIRA Jr., J. A. **Manual para a indústria de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro:SEBRAE/RJ, 2000. 90p.
- TAVARES, S. F.; GRIMME, F. W. Análise de processos produtivos em cerâmica vermelha – estudo de caso comparativo entre Brasil e Alemanha. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: InfoHab / LabEEE, 2002. p.723-732.
- TOFFOLI, M. S. **Materiais cerâmicos**. São Paulo:Poli USP, 1997. 43p.
- UNEP. **Life cycle assessment: what it is and how to do it**. Paris, France: UNEP, 1996. 92p.
- VALE, B.; VALE, R. **Green architecture: design for a sustainable future**. London: Thames and Hudson, 1991. 192p.
- VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; CARVALHO, C.M.; VEIGA, R.A.A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, v.6, n.1, p. 83-88, 2000.
- VALLE, C.E. **Como se preparar para as normas iso 14000 – qualidade ambiental**. 2ªed. São Paulo: Pioneira, 1995.137p. (Biblioteca Pioneira de Administração e Negócios)
- VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**. v. I e II. 3ªed. Porto Alegre: Sagra, 1987.
- YOHANIS, Y. G.; NORTON, B. Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK. **Energy**, n.27, p. 77-92, 2002.
- ZANINI, L.F.P. **Potencial mineral para não metálicos da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre:CPRM/METROPLAN, 1998.

**APÊNDICE A – Número de olarias por região e municípios que a constituem,
segundo o SIOCERGS**

REGIÃO	Nº IND.	CIDADE
Serra	97	Antônio Prado, Bento Gonçalves, Carlos Barbosa, Caxias do Sul, Fagundes Varela, Farroupilha, Flores da Cunha, Guaporé, Ipê, Nova Palmira, Nova Prata, Nova Roma do Sul, Paraí, São Marcos, Santa Tereza, Vila Flores
Sul	91	Canguçu, Cerrito, Cristal, Pelotas, Pedro Osório, Piratini, Santana Boa Vista, São Lourenço do Sul
Central	76	Agudo, Cachoeira do Sul, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Itaara, Jaguari, Júlio de Castilhos, Nova Palma, Novo Cabrais, Paraíso do Sul, Quevedos, Restinga Seca, Santa Maria, São Francisco de Assis, Santiago, São Vicente do Sul, São João do Polesine, São Pedro da Sul, São Sepé
Vale do Taquari	69	Anta Gorda, Arroio do Meio, Arvorezinha, Bom Retiro do Sul, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, Fontoura Xavier, Ilópolis, Lajeado, Marques de Souza, Mato Leitão, Paverama, Muçum, Poço das Antas, Progresso, Putinga, Taquari, Teutônia, Roca Sales, União da Serra
Produção	58	Água Santa, Carazinho, Cerro Grande, Chapada, Ciriaco, Constantina, David Canabarro, Ernestina, Mato Castelleano, Passo Fundo, Ronda Alta, Sertão, Soledade, Vanini, Tapejara
Metropolitana	52	Alvorada, Cachoeirinha, Eldorado do Sul, Gravataí, Guaíba, Porto Alegre, Viamão
Vale do Caí	49	Bom Princípio, Feliz, Pareci Novo, Salvador do Sul, Fazenda Vila Nova, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, Vale Real
Vale dos Sinos	39	Campo Bom, Canoas, Esteio, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Portão, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul
Vale do Rio Pardo	35	Candelária, General Câmara, Passa Sete, Pantano Grande, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Segredo, Sinimbu, Sobradinho, Venâncio Aires, Vera Cruz
Fronteira Noroeste	24	Alegria, Campina das Missões, Porto Lucena, Horizontina, Porto Vera Cruz, Santa Rosa, Santo Cristo, Tucunduva, Tuparendi, Três de Maio
Norte	20	Erechim, Eribango, Campinas do Sul, Estação, Faxinalzinho, Getúlio Vargas, Ipiranga do Sul, São Valentin do Sul
Missões	19	Bossoroca, Giruá, Itacurubi, Pirapo, Porto Xavier, Roque Gonzales, Santo Ângelo, Santo Antônio das Missões, São Luiz Gonzaga, São Nicolau
Noroeste Colonial	19	Campo Novo, Catuipe, Chiapeta, Condor, Crissiumal, Humaitá, Ijuí, Nova Ramada, Panambi, Pejuçara, Santo Augusto, São Martinho, Tiradentes do Sul, Tenente Portela
Litoral	15	Maquiné, Osório, Rondinha, Terra de Areia, Três Cachoeiras, Três Forquilhas
Alto Jacuí	14	Alto Alegre, Cruz Alta, Espumoso, Ibirubá, Não-Me-Toque, Selbach
Fronteira Oeste	13	Alegrete, Itaqui, Quaraí, São Borja, São Gabriel, Rosário do Sul, Uruguaiana
Centro Sul	13	Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Camaquã, Sentinela da Sul, Sertão Santana
Médio Alto Uruguai	12	Boa Vista das Missões, Caiçara, Erval Seco, Frederico Westphalen, Iraí, Palmitinho, Pinheiro do Vale, Rodeio Bonito
Nordeste	6	Ibiaçu, Machadinho, Vacaria
Vale do Paranhana	5	Parobé, Rolante
Campanha	2	Bagé, Caçapava do Sul
Hortências	1	Gramado
Total	729	

APÊNDICE B – Pesquisa com os municípios: existência de olarias

Município	Número de indústrias cadastradas	Porte das indústrias
1. Água Santa	05	05 P
2. Alto Alegre	01	01 P
3. Arvorezinha	03	01 P - 01 M - 01G
4. Bagé	01	01 M
5. Barros Cassal	01	01 P
6. Cachoeira do Sul	06	03 P - 03 M
7. Campina das Missões	02	02 P
8. Carazinho	01	01 P
9. Carlos Barbosa	01	01 P
10. Derrubadas	01	01 P
11. Dona Francisca	01	01 P
12. Fagundes Varela	02	01 P - 01 M
13. Gentil	03	03 P
14. Giruá	27	27 P
15. Ibirapuitã	13	13 P
16. Ijuí	23	23 P
17. Jóia	01	01 P
18. Marques de Souza	05	-
19. Mato Leitão	01	01 P
20. Não-Me-Toque	01	01 P
21. Nova Roma do Sul	01	01 P
22. Novo Cabrais	01	01 P
23. Paim Filho	01	01 P
24. Paraíso do Sul	01	01 P
25. Pareci Novo	01	01 P
26. Pejuçara	01	01 M
27. Porto Lucena	02	02 P
28. Progresso	02	02 M
29. Redentora	01	01 P
30. Rio Pardo	07	07 M
31. Santa Rosa	12	09 P – 03 M
32. Santo Augusto	02	02 P
33. Santo Cristo	02	02 P
34. São Leopoldo	06	04 P - 02M
35. São Marcos	10	10 P
36. São Miguel das Missões	01	01 P
37. São Pedro da Serra	02	02 P
38. São Sepé	04	03 P - 01 M
39. Segredo	02	02 P
40. Sinimbu	01	01 P
41. Vale Real	18	05 P - 10 M – 03 G
42. Venâncio Aires	05	05 M
43. Vera Cruz	01	01 P
44. Vila Flores	27	15 P - 10 M - 02 G
Total de indústrias	210	Pequenas (P) = 152 Médias (M) = 47 Grandes (G)= 6 Não informou = 5

Município	Origem dos produtos de cerâmica vermelha utilizados nos municípios que não possuem indústrias
1. Alecrim	Santa Rosa (50km), Giruá (70km), Monte Negro (450km), Morro da Fumaça (850km)
2. André da Rocha	Não informou
3. Barra Funda	Não informou
4. Bento Gonçalves	Vila Flores, Veranópolis, Bom Princípio
5. Bom Jesus	Santa Catarina (130km) - Araranguá, Criciúma
6. Camargo	100km
7. Capela de Santana	Feliz, Bom Princípio, Scharlau
8. Coronel Barros	Ijuí, Augusto Pestana, Entre-Ijuís (dist. média 20km). Outras procedências: Santa Maria (200km) e Santa Catarina.
9. Crissiumal	Três de Maio, Santo Ângelo
10. Florianópolis	Getúlio Vargas (18km)
11. Gramado	Santa Catarina e Vale Real
12. Itaquí	Santa Maria, Grande Porto Alegre, Morro da Fumaça (SC)
13. Jaguarão	Pedro Osório (100 km)
14. Marcelino Ramos	Cerâmica Rainha – Rio do Sul – SC
15. Nova Alvorada	Montauri (14km), Arvorezinha (35km), Bom Princípio (180km).
16. Nova Bassano	Não informou
17. Nova Boa Vista	Sarandi, Novo Xingu, Chapada, Carazinho
18. Nova Pádua	Flores da Cunha
19. Nova Petrópolis	Vale Real, Feliz, Bom Princípio
20. Panambi	Três de Maio, Pejuçara, Chapada, Santa Rosa e Santa Maria.
21. Passo do Sobrado	Rio Pardo (35 km), Arroio do Meio (100km), Cruzeiro do Sul (85 km)
22. Salvador do Sul	São Pedro da Serra, Bom Princípio
23. Santa Bárbara do Sul	Santa Catarina
24. São José do Hortêncio	Bom Princípio
25. São Vendelino	Bom Princípio, Feliz, Vale Real, Santa Catarina
26. Sede Nova	Boa Vista do Muricá, Campo Novo
27. Tapera	Passo Fundo, Ibirubá, Arvorezinha
28. Torres	Morro da Fumaça (120km)
29. Três Coroas	Santa Catarina
30. Tucuruço	Pelotas (45km)
31. Tupandi	Não informou
32. Unistalda	Santiago, Itacurubi
33. Vale Verde	Venâncio Aires
34. Vista Gaúcha	Não informou

APÊNDICE C - Questionário aplicado às indústrias cerâmicas

1. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

data: / /

- Nome da empresa: _____
- Proprietário (contato): _____
- Cidade/região: _____
- Endereço/telefone contato: _____
- Tempo de existência da empresa: _____ anos
- Produção mensal: _____ peças/mês
- Qual o número total de funcionários? _____ funcionários, destes _____ são familiares
- Qual a carga horária? Carga diária de _____ h, _____ dias por semana
- Qual a área ocupada pela "planta" da olaria? (sem a área da jazida) _____ m ²
- O processo de produção é: () artesanal () semi-automatizado () automatizado

2. PRODUTOS FABRICADOS

Produtos	Quantidade (mês)	Dimensões (cm)	Peso (kg)	Preço de venda
Tijolos maciços				
Blocos (x furos <input type="checkbox"/>)				
Telhas (tipo)	Francesa			
	Romana			
	Portuguesa			
	Italiana			

- Usa embalagem? () não () sim, de que material ?

3. EXTRAÇÃO DA ARGILA E UTILIZAÇÃO DE OUTRAS MATÉRIAS-PRIMAS

3.1 Geral

- Quantos tipos de argila são utilizados? () 1 argila () 2 argilas () 3 argilas () _____ argilas
- Por quê utiliza mais de um tipo de argila na mistura? _____
- Em qual proporção são utilizadas? _____
- Todas as argilas vêm da mesma jazida? (se não, fazer questões dos itens 3.1 e 3.2 para cada tipo)

3.1 Se a jazida é própria () sim () não

- Qual o tipo de equipamento utilizado na extração?
() manual () retroescavadeira () pá-carregadeira () _____
- Seu consumo de combustível mensal é: _____ litros(diesel) ou _____ (_____)
- Qual a idade do equipamento?
() 0-5 anos () 6-10 anos () 11-15anos () 16-20 anos () mais de 21 anos
- Qual a distância da jazida até a olaria? _____ km(s)
- Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da argila e qual a capacidade?
_____ com capacidade de _____ m³ ou toneladas, rendimento _____ km/l
- Seu consumo de combustível mensal é: _____ litros(diesel) ou _____ (_____)
- Qual é o volume extraído da jazida mensalmente? _____ m³ ou toneladas
- Qual o volume de matéria-prima ainda existente na jazida? _____ m³ ou toneladas
- Qual o seu tempo de vida útil restante? _____ anos
- Há quanto tempo já vem sendo explorada? _____ anos

- Qual a área ocupada pela jazida? _____ há ou m²

- Tem registro de lavra da jazida? De que tipo? _____

- Em quais órgãos está registrada a olaria? () DMPN () FEPAM () Prefeitura local

- O que será feito no local quando a jazida se esgotar?

3.2 Se a argila é adquirida de terceiros () sim () não, então ir para 3.3

- Por que é adquirida de terceiros? _____

- Qual a distância da jazida até a olaria? _____ km(s)

- Qual o volume adquirido mensalmente? _____ m³ ou toneladas

- Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da argila e qual a capacidade?
 _____ com capacidade de _____ m³ ou toneladas, rendimento _____ km/l

- Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ () _____

Se não souber, perguntar quantas vezes ele traz matéria-prima até a olaria mensalmente: : _____ vezes, e qual é o rendimento do meio de transporte _____ km por litro

3.3 Outras questões sobre jazidas

- Já extraíram anteriormente jazidas em outras áreas? _____

- O que foi feito quando esta se esgotou? _____

- Existem outras áreas da empresas com potencial de exploração de argila? () sim () não

- Qual o volume de argila destas áreas? _____ m³ ou toneladas

3.4 Utilização de outras matérias-primas na preparação da massa

- Quais? _____

- Por que a sua utilização? _____

- Qual a origem do produto? (cidade e resíduo de qual empresa) _____

- Qual a distância da olaria até o fornecedor? _____ km(s)

- Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da argila e qual a capacidade?
 _____ com capacidade de _____ m³ ou toneladas, rendimento _____ km/l

- Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ () _____
(se não souber, perguntar quantas vezes ele traz matéria-prima até a olaria mensalmente: _____)

- Qual o volume adquirido mensalmente? _____ m³ ou toneladas; seu preço é _____ reais por m³/t

- Em qual(is) produto é utilizada? _____

- Em que proporção é utilizado na argila? _____

4. PREPARAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA / EXTRUSÃO

- Quais são as etapas presentes na preparação:
 () sazonalidade () dosagem () desintegração () mistura () laminação () _____

- Qual a idade do maquinário utilizado?
 () 0-5 anos () 6-10 anos () 11-15anos () 16-20 anos () mais de 21 anos

- Qual é o combustível utilizado: () energia elétrica () lenha () óleo () _____

- Qual a quantidade deste combustível gasta mensalmente? _____
(se a fonte energética for usada em outra etapa, qual o consumo total mensal: _____)

Se for lenha ou óleo, qual a origem (cidade, empresa)? _____

Qual é a distância da empresa até o fornecedor? _____ km(s)

Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do combustível e qual a capacidade?
 _____ com capacidade de _____ m³ ou tonelada, rendimento _____ km/l

Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ () _____

Qual o custo desta matéria-prima? _____

- Qual o consumo mensal de água neste processo? _____ litros

- Qual a procedência da água? () companhia de água local () reservatório próprio – chuva, lago...

- Qual é o destino das peças descartadas? _____

- Qual a percentagem de perda? _____

5. SECAGEM

5.1 Se a secagem é natural? () sim () não

- Qual é o tempo de secagem? _____ horas/dias no inverno, e _____ horas/dias no verão

- Qual é o destino das peças descartadas? _____

- Qual é o percentual de perdas? _____

5.2 Se secagem é artificial? () sim () não

- Qual o maquinário utilizado?
 () 0-5 anos () 6-10 anos () 11-15anos () 16-20 anos () mais de 21 anos

- Qual é o combustível utilizado: () energia elétrica () lenha () óleo () _____

- Qual a quantidade deste combustível gasta mensalmente? _____

Se for lenha, óleo ou outro, qual a origem (cidade, empresa) _____

Qual é a distância da empresa até o fornecedor? _____ km(s)

Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do combustível e qual a capacidade?
 _____ com capacidade de _____ m³ ou toneladas, rendimento _____ km/l

Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ (_____)

Se não souber, perguntar Quantas vezes ele traz matéria-prima até a olaria mensalmente: _____ vezes, e qual é o rendimento do meio de transporte _____ km por litro

Qual o custo desta matéria-prima? _____

- O calor do forno é reaproveitado? () não () sim, como? _____

- Qual o tempo de secagem? _____ horas

- Qual é o destino das peças descartadas? _____

- Qual é o percentual de perdas? _____

5.3 Se não há secagem? ()

6. QUEIMA

- Qual é o forno utilizado?
 Tipo A: _____ Quantidade: _____ Capacidade: _____ peças/fornada
 Tipo B: _____ Quantidade: _____ Capacidade: _____ peças/fornada
 Tipo C: _____ Quantidade: _____ Capacidade: _____ peças/fornada

- Qual o ciclo de tempo? Tipo A: _____ horas, Tipo B: _____ horas, Tipo C: _____ horas

- Qual a idade do(s) forno(s) utilizado(s)?
 () 0-5 anos () 6-10 anos () 11-15anos () 16-20 anos () mais de 21 anos

- Qual é o combustível utilizado: () energia elétrica () lenha () óleo () _____

- Qual a quantidade deste combustível gasta mensalmente? _____

Se for lenha, óleo ou outro Qual a origem (cidade, empresa) _____

Qual é a distância da empresa até o fornecedor? _____ km(s)

Qual o tipo de veículo utilizado no transporte do combustível e qual a capacidade?
 _____ com capacidade de _____ m³ ou toneladas, rendimento _____ km/l

Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ (_____)

Se não souber, perguntar Quantas vezes ele traz matéria-prima até a olaria mensalmente: _____ vezes, e qual é o rendimento do meio de transporte _____ km por litro

Qual o custo desta matéria-prima? _____

- Destinação dos cacos: () aterro () venda () doação () _____

- Destinação das cinzas: _____

- Qual o percentual de perdas? _____

7. COMERCIALIZAÇÃO

- Para onde são feitas as vendas: (pode assinalar mais de uma alternativa)
 () no próprio município
 () nos municípios da região
 () outras regiões
 () outro Estado
 () outro País

- Qual é o raio de ação? _____ km

- As vendas são feitas para:
 () construtoras () logistas () direto ao cliente

- Quais são os principais mercados consumidores?
 _____ que dista: _____ km
 _____ que dista: _____ km

- Qual o tipo de veículo utilizado no transporte da mercadoria e qual a capacidade?
_____ com capacidade de _____ tijolos, , rendimento _____ km/l
- Seu consumo de combustível mensal é : _____ litros(diesel) ou _____ (_____)
- Se não souber, perguntar Quantas vezes ele leva tijolos mensalmente: _____ vezes, e qual é o rendimento do meio de transporte _____ km por litro
- Qual é o tamanho de carga usualmente pedido?

8. CONDIÇÕES DE TRABALHO

- São oferecidos cursos de aperfeiçoamento técnico do pessoal. ()sim ()não
- A empresa oferece programas de assistência médica e social. ()sim ()não
- Quanto ao meio de transporte, quantos funcionários vem de:
carro () ônibus () bicicleta () a pé ()

Observações do pesquisador:

- São dadas condições de segurança no trabalho. ()sim ()não
- O ambiente de trabalho é limpo. ()sim ()não
- O ambiente de trabalho possui luminosidade adequada. ()sim ()não
- O ambiente de trabalho é úmido. ()sim ()não
- O ambiente de trabalho é muito ruidoso. ()sim ()não
- Os funcionários utilizam uniforme. ()sim ()não
- Existem quadros informativos. ()sim ()não
- O lay-out da indústria e o processo de produção são racionais. ()sim ()não
- Outros pontos observados:

9. OUTRAS QUESTÕES

- O senhor adota alguma estratégia para reduzir o consumo de energia?
- O senhor adota alguma estratégia para reduzir a geração de resíduos?
- Quais são os principais problemas enfrentados no setor?
- Quais as principais vantagens do ramo?

10. INDICAÇÕES

- O senhor teria algum colega para indicar para a entrevista? Por qual motivo?

11. OBSERVAÇÕES DO PESQUISADOR

- Comentários a respeito de algum ponto que tenha chamado a atenção, principalmente com relação a práticas sustentáveis ou não.

* A empresa possui gerador? ()sim ()não

Se a empresa possui gerador, qual o tipo e quantidade de combustível consumida por mês? _____

* Se o consumo de energia elétrica foi dado em reais, perguntar qual é a companhia elétrica do local: _____

APÊNDICE D - Indicadores de eficiência das indústrias visitadas

INDICADORES	PEQUENAS	MÉDIAS	GRANDES	TODAS
Olarias (número)	10	15	15	40
Municípios	9	11	11	25
Regiões do RS	8	9	9	12
Produção total (peças/mês)	650.000	2.924.000	12.330.000	15.904.000
a) Produção só Blocos:				
Olarias (n°)	2	8	9	19
Produção (peças/mês)	60.000	1.514.000	7.450.000	9.024.000
Funcionários (n°)	9	86	281	376
Produtividade (peças/homem)	6.667	17.605	26.512	24.000
Típica: - produção (peças/mês)	(30.000 ± 14.142)	(189.250 ± 53.490)	(827.778 ± 405.332)	(474.947 ± 441.464)
- funcionários (n°)	(4,5 ± 0,7)	(10,75 ± 3,80)	(31,22 ± 9,87)	(19,79 ± 13,29)
- produtividade (peças/homem)	(7.000 ± 4.245)	(20.233 ± 12.388)	(26.042 ± 8.464)	(21.586 ± 11.264)
b) Produção Tijolos + Blocos:				
Olarias (n°)	4	2	2	8
Produção (peças/mês)	300.000	400.000	1.900.000	2.600.000
Funcionários (n°)	28	31	74	133
Produtividade (peças/homem)	10.714	12.903	25.676	19.549
Típica: - produção (peças/mês)	(75.000 ± 19.149)	(200.000 ± 70.710)	(950.000 ± 636.396)	(325.000 ± 458.818)
- funcionários (n°)	(7 ± 2,45)	(15,5 ± 0,7)	(37,0 ± 15,6)	(16,6 ± 14,5)
- produtividade (peças/homem)	(11.805 ± 4.787)	(13.021 ± 5.156)	(24.199 ± 7.025)	(15.208 ± 7.188)
c) Produção Blocos + Tabelas:				
Olarias (n°)	1	1	1	3
Produção (peças/mês)	100.000	300.000	450.000	850.000
Funcionários (n°)	14	18	13	45
Produtividade (peças/homem)	7.143	16.667	34.615	18.889
Típica: - produção (peças/mês)	(100.000)	(300.000)	(450.000)	(283.333 ± 175.594)
- funcionários (n°)	(14)	(18)	(13)	(15 ± 2,6)
- produtividade (peças/homem)	(7.143)	(16.667)	(34.615)	(19.475 ± 13.950)
d) Produção só Tijolos:				
Olarias (n°)	3	3	0	6
Produção (peças/mês)	190.000	580.000	0	770.000
Funcionários (n°)	17	29	0	46
Produtividade (peças/homem)	11.176	20.000	0	16.739
Típica: - produção (peças/mês)	(63.333 ± 33.665)	(193.333 ± 51.316)	0	(128.333 ± 25.567)
- funcionários (n°)	(5,7 ± 2,3)	(9,7 ± 3,1)	0	(7,7 ± 9,5)
- produtividade (peças/homem)	(10.873 ± 3.071)	(21.017 ± 6.975)	0	(15.945 ± 7.355)
e) Produção Blocos + Telhas:				
Olarias (n°)	0	1	1	2
Produção (peças/mês)	0	130.000	750.000	880.000
Funcionários (n°)	0	16	60	76
Produtividade (peças/homem)	0	8.125	12.500	11.579
Típica: - produção (peças/mês)	0	(130.000)	(750.000)	(440.000 ± 438.406)
- funcionários (n°)	0	(16)	(60)	(38 ± 31,1)
- produtividade (peças/homem)	0	(8.125)	(12.500)	(10.312 ± 3.094)
f) Produção Tijolos + Blocos + Telhas:				
Olarias (n°)	0	0	1	1
Produção (peças/mês)	0	0	480.000	480.000
Funcionários (n°)	0	0	50	50
Produtividade (peças/homem)	0	0	9.600	9.600
Típica: - produção (peças/mês)	0	0	(480.000)	(480.000)
- funcionários (n°)	0	0	(50)	(50)
- produtividade (peças/homem)	0	0	(9.600)	(9.600)
g) Produção só Telhas:				
Olarias (n°)	0	0	1	1
Produção (peças/mês)	0	0	1.300.000	1.300.000
Funcionários (n°)	0	0	170	170
Produtividade (peças/homem)	0	0	7.647	7.647
Típica: - produção (peças/mês)	0	0	(1.300.000)	(1.300.000)
- funcionários (n°)	0	0	(170)	(170)
- produtividade (peças/homem)	0	0	(7.647)	(7.647)
Empresa Representativa por categoria e geral:				
- Produção mensal (peças/mês)	(65.000 ± 31.001)	(194.933 ± 54.679)	(822.000 ± 400.129)	(397.600 ± 415.190)
- Funcionários (n°)	(7 ± 3)	(12 ± 4)	(43 ± 38)	(22,4 ± 28,0)
- Produtividade (peças/homem)	(10.098 ± 4.041)	(18.390 ± 10.044)	(23.143 ± 9.888)	(18.099 ± 9.913)

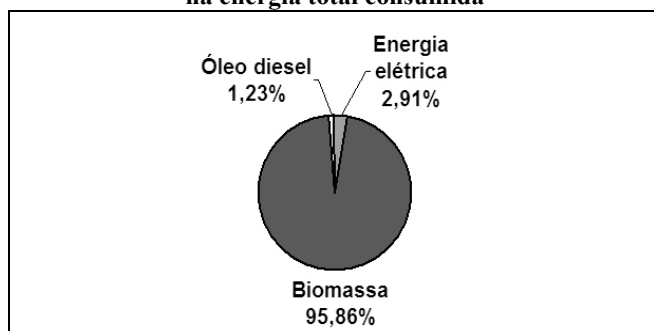
APÊNDICE E - Memória de cálculo, energia incorporada

INDÚSTRIA P1

Cidade – Região: Barão – Vale do Cai				
Massa seca mensal: 104.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	1.750 kWh	-	-	1.750
Biomassa Retalhos de móveis	30 m ³ (16.500 kg)	3.000 kcal/kg	49.500.000	57.613
Óleo diesel (transporte)*	69,33 litros	9.159 kcal/l	634.993	739
Total				60.102
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	33,65 kWh	-	-	34
Biomassa Retalhos de móveis	317,31 kg	3.000kcal/kg	951.930	1.108
Óleo diesel (transporte)	1,33 litros	9.159 kcal/l	12.181	14
Total				1.156

- foi utilizado 1m³ retalhos de móveis = 550kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.156 kWh

1000 kg = 578 kWh ou 2.081 MJ

1 kg = 0,578 kWh ou 2,08 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
79,53 m ³	5 m ³	15,91 ~ 16	0,5x2= 1	16	3	5,33
Retalhos de móveis						
30 m ³	5 m ³	6	16x2= 32	192	3	64
Total						69,33

OBS 1: A indústria tem dois fornecedores de retalhos de móveis, um a 2 km e outro a 30 km. No caso foi utilizada a média de 16 km.

OBS 2: A quantidade de argila extraída mensalmente foi estimada.

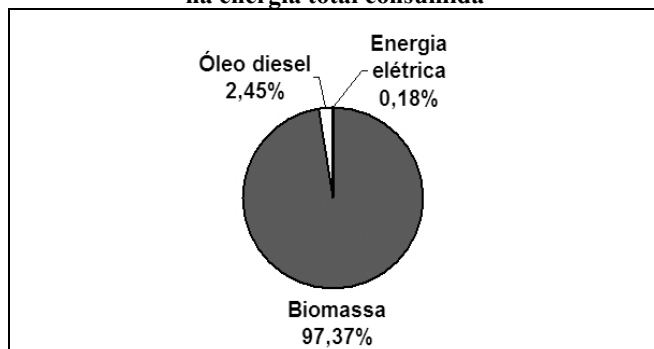
INDÚSTRIA P2

Cidade – Região: Carlos Barbosa – Serra					
Massa seca mensal: 112.500 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		161 kWh	-	-	161
Biomassa	Retalhos de móveis	40 m ³ (22.000 kg)	3.000 kcal/kg	66.000.000	76.817
	Serragem	5 m ³ (2.750 kg)	2.500 kcal/kg	6.875.000	8.002
Óleo diesel (transporte)*		200 litros	9.159 kcal/l	1.831.800	2.132
Total					87.112
Para 2000 kg					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		2,86 kWh	-	-	3
Biomassa	Retalhos de móveis	391,11 kg	3.000 kcal/kg	1.173.330	1.366
	Serragem	48,89 kg	2.500 kcal/kg	122.225	142
Óleo diesel (transporte)		3,56 litros	9.159 kcal/l	32.606	38
Total					1.549

- foi utilizado 1m³ retalhos móveis = 550kg

- foi utilizado 1m³ serragem = 550kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1549 kWh

1000 kg = 774,5 kWh ou 2.788 MJ

1 kg = 0,774 kWh ou 2,79 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
-	5 m ³	-	1,5x2= 3	-	3	-
-	5 m ³	-	2x2= 4	-	3	-
Retalhos de móveis						
40 m ³	10 m ³	4	22x2= 44	176	3	-
Serragem						
10 m ³	5 m ³	2	8x2 = 16	32	3	-
Total						200

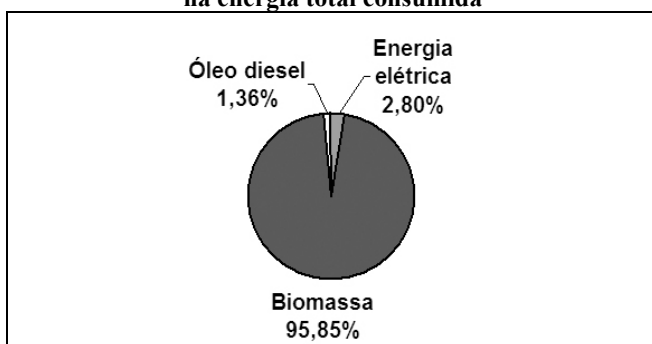
OBS 1: O proprietário informou que a quantidade de combustível gasta na extração de argila e no transporte de argila, retalhos de móveis e serragem é de 200 litros por mês.

INDÚSTRIA P3

Cidade – Região: Gravataí – Metropolitana				
Massa seca mensal: 126.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	3.000 kWh	-	-	3.000
Biomassa	Lenha eucalipto 70 m ³ (21.210 kg)	4.166 kcal/kg	88.360.860	102.843
Óleo diesel (transporte)*	136,63 litros	9.159 kcal/l	1.251.394	1.456
Total				107.299
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	47,62 kWh	-	-	48
Biomassa	Lenha eucalipto 336,67 kg	4.166 kcal/kg	1.402.567	1.632
Óleo diesel (transporte)	2,17 litros	9.159 kcal/l	19.875	23
Total				1.703

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.703 kWh
 1000 kg = 851,5 kWh ou 3.065 MJ
 1 kg = 0,851 kWh ou 3,07 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
120 m ³ **	12 m ³	10	6,5x2= 13	130	3	43,3
Lenha eucalipto						
70 m ³	20 m ³	3,5	40x2= 80	280	3	93,3
Total						136,63

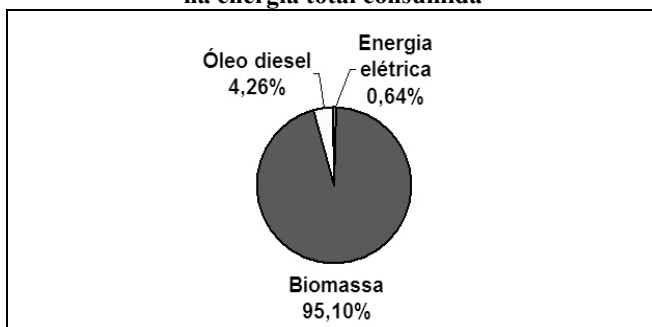
OBS 1: O transporte e a extração de argila é terceirizado. Foram utilizados valores médios relativos ao rendimento do caminhão. ** O valor de 120m³ foi informado pela indústria.

INDÚSTRIA P4

Cidade – Região: São Pedro da Serra – Vale do Cai				
Massa seca mensal: 192.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	1.070 kWh	-	-	1.070
Biomassa Lenha eucalipto	108 m ³ (32.724 kg)	4.166 kcal/kg	136.328.184	158.672
Óleo diesel (transporte)*	666,60 litros	9.159 kcal/l	6.105.389	7.106
Total				166.848
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	11,15 kWh	-	-	11
Biomassa Lenha eucalipto	340,87 kg	4.166 kcal/kg	1.420.085,25	1.653
Óleo diesel (transporte)	6,94 litros	9.159 kcal/l	63.563,46	74
Total				1.738

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.738 kWh
 1000 kg = 869 kWh ou 3.128 MJ
 1 kg = 0,869 kWh ou 3,13 MJ

*Gastos com transporte

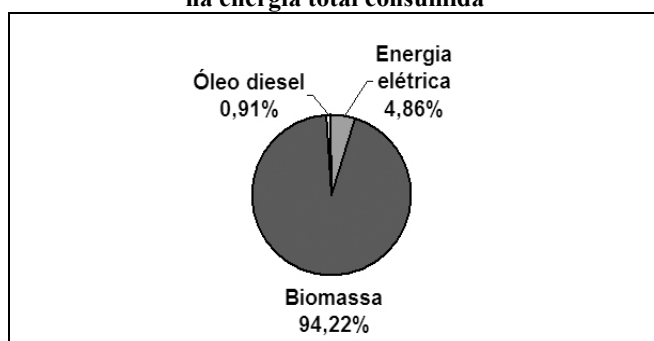
Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
120 m ³	6 m ³	20	4x2= 8	160	3	53,3
20 m ³	10 m ³	2	100x2=200	400	3	133,3
Lenha eucalipto						
108 m ³	12 m ³	9	80x2= 160	1.440	3	480
Total						666,6

INDÚSTRIA P5

Cidade – Região: Pelotas – Sul				
Massa seca mensal: 219.500 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	4.550 kWh	-	-	4.550
Biomassa	Lenha eucalipto 60 m ³ (18.180 kg)	4.166 kcal/kg	75.737.880	88.151
Óleo diesel (transporte)*	80 litros	9.159 kcal/l	732.720	853
Total				93.554
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	41,58 kWh	-	-	42
Biomassa	Lenha eucalipto 165,65	4.166 kcal/kg	690.098	803
Óleo diesel (transporte)	0,73	9.159 kcal/l	6.686	8
Total				853

- foi utilizado 1m³ lenha = 303kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 853 kWh
 1000kg = 426,5 kWh ou 1.535 MJ
 1 kg = 0,426 kWh ou 1,53 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
158,53 m ³	4 m ³	39,63 ~ 40	1x2= 2	80	3	26,66
Lenha eucalipto						
60 m ³	15 m ³	4	20x2= 40	160	3	53,33
Total						80

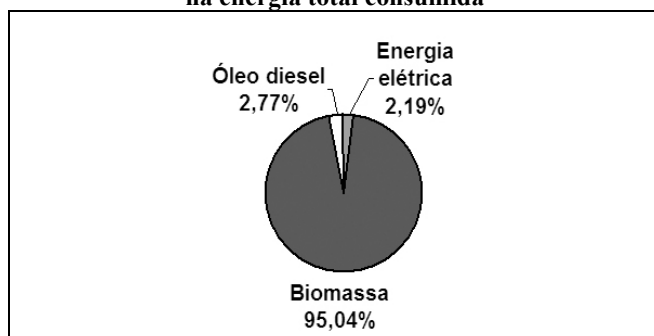
OBS 1: A indústria informou que gasta, mensalmente, aproximadamente 180 litros de óleo diesel. Porém cabe ressaltar que, no cálculo acima, não foram incluídos os gastos com a entrega de produto acabado e com a extração de argila.

INDÚSTRIA M1

Cidade – Região: Feliz – Vale do Cai					
Massa seca mensal: 274.000 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	9.315 kWh	-	-	9.315	
Biomassa	Lenha (maior parte pinus)	175 m ³ (70.000kg)	3.000 kcal/kg	210.000.000	244.418
	Serragem	100 m ³ (55.000kg)	2.500 kcal/kg	137.500.000	160.035
Óleo diesel (transporte)*	1.106,60 litros	9.159 kcal/l	10.135.349	11.797	
Total				425.565	
Para 2000 kg					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	67,99 kWh	-	-	68	
Biomassa	Lenha pinus	510,95 kg	3.000 kcal/kg	1.532.850	1.784
	Serragem	401,46 kg	2.500 kcal/kg	1.003.650	1.168
Óleo diesel (transporte)	8,08 litros	9.159 kcal/l	74.004	86	
Total				3.106	

- foi utilizado 1m³ lenha = 400 kg
- foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 3.106 kWh
1000kg = 1.553 kWh ou 5.591 MJ
1 kg = 1,553 kWh ou 5,59 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
32 m ³	9 m ³	3,5	70x2= 140	490	3	163,3
Transporte argila						
230 m ³	9 m ³	25,5	6x2= 12	306	3	102
Lenha pinus						
175 m ³	9 m ³	19,4	25x2= 50	970	3	323,3
Serragem						
100 m ³	9 m ³	11,1	70x2= 140	1554	3	518
Total						1106,60

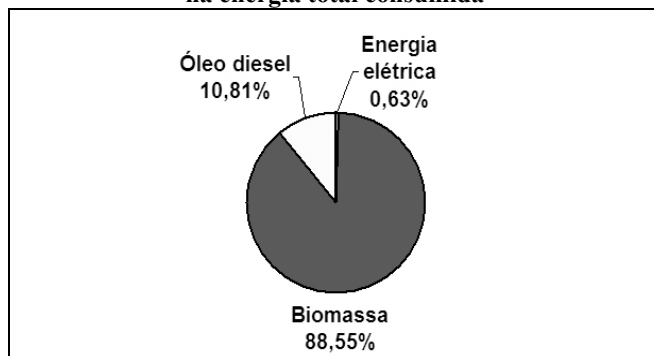
OBS 1: A indústria compra lenha de fornecedores que distam de 20 a 30 km. Para o cálculo foi adotada uma média de 25 km.

INDÚSTRIA M2

Cidade – Região: Carlos Barbosa – Serra				
Massa seca mensal: 255.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	800 kWh	-	-	800
Biomassa Retalhos de móveis	32.000 kg	3.000 kcal/kg	96.000.000	111.734
Óleo diesel (extr. + transp.)*	1.280 litros	9.159 kcal/l	11.723.520	13.645
Total				126.179
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	6,27 kWh	-	-	6
Biomassa Retalhos de móveis	250,98 kg	3.000 kcal/kg	752.940	877
Óleo diesel (extr. + transp.)	10,04 litros	9.159 kcal/l	91.956,36	107
Total				990

- foi utilizado 1 m³ retalhos móveis = 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 990 kWh
 1000kg = 495 kWh ou 1.782 MJ
 1 kg = 0,495 kWh ou 1,78 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração e transporte argila						
-	5 m ³	150	4x2 = 8	1.200	-	1.200
Retalhos de móveis						
225 m ³	-	8	15x2= 30	240	3	80
Total						1.280

OBS 1: O proprietário informou que são gastos entre a extração e transporte 8 litros de diesel por viagem, sendo que são feitas 150 viagens por mês (8x150=1.200 litros/mês).

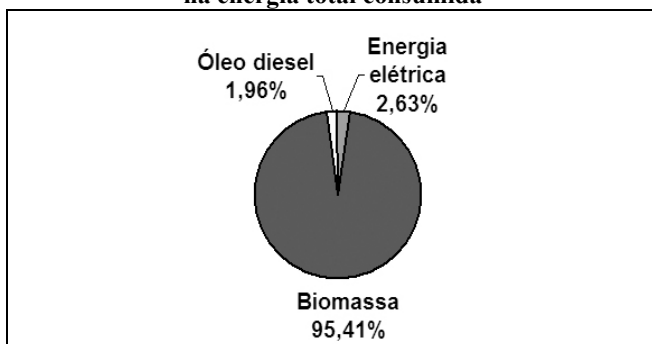
OBS 2: O proprietário informou que cada viagem para coletar os resíduos da indústria moveleira consome uma quantidade de 10 litros de diesel, e que são feitas 2 viagens por semana. Então 8 viagens/mês x 10 litros= 80 litros/mês.

INDÚSTRIA M3

Cidade – Região: Cerrito – Sul				
Massa seca mensal: 469.800 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	3.000 kWh	-	-	3.000
Biomassa Lenha eucalipto	74m ³ (22.422 kg)	4.166 kcal/kg	93.410.052	108.720
Óleo diesel (transporte)*	209,6 litros	9.159 kcal/l	1.919.726	2.234
Total				113.954
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	12,77 kWh	-	-	13
Biomassa Lenha eucalipto	95,45 kg	4.166 kcal/kg	397.659	463
Óleo diesel (transporte)	0,89 litros	9.159 kcal/l	8.152	9
Total				485

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 485 kWh
 1000kg = 242,5 kWh ou 873 MJ
 1 kg = 0,242 kWh/kg ou 0,87 MJ/kg

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
359,26 m ³	4 m ³	89,81~90	2x2= 4	360	3	120
Lenha eucalipto						
74m ³	22 m ³	3,36	40x2= 80	268,8	3	89,6
Total						209,6

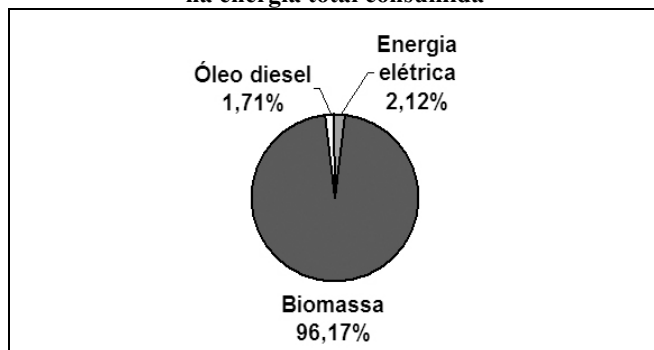
OBS 1: A indústria informou que gasta, mensalmente, aproximadamente 500 litros de óleo diesel. Porém cabe ressaltar que, no cálculo acima, não foram incluídos os gastos com a entrega de produto acabado e com a extração de argila.

OBS 2: O valor adotado para a quantidade de argila extraída mensalmente foi estimado.

INDÚSTRIA M4

Cidade – Região: Farroupilha – Serra				
Massa seca mensal: 538.500 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	8.000 kWh	-	-	8.000
Biomassa Retalhos de móveis	104.000 kg	3.000 kcal/kg	312.000.000	363.135
Óleo diesel (transporte)*	606 litros	9.159 kcal/l	5.550.354	6.460
Total				377.595
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	29,71 kWh	-	-	30
Biomassa Retalhos de móveis	386,26 kg	3.000 kcal/kg	1.158.780	1.348
Óleo diesel (transporte)	2,25 litros	9.159 kcal/l	20.607,75	24
Total				1.402

**Participação por insumo energético,
na energia total consumida**



Resultados finais

2000 kg = 1.402 kWh
 1000 kg = 701 kWh ou 2.524 MJ
 1 kg = 0,701 kWh ou 2,52 MJ

***Gastos com transporte**

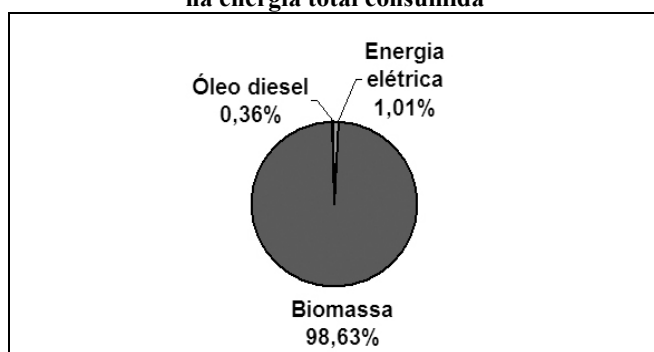
Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
700,050 ton	9 toneladas	77,78	5x2= 10	777,8	3	259,3
Retalhos de móveis						
104.000kg	4.000kg	26	20x2= 40	1.040	3	346,7
Total						606

INDÚSTRIA M5

Cidade – Região: Arroio do Meio – Vale do Taquari				
Massa seca mensal: 550.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	2.700 kWh	-	-	2.700
Biomassa	Lenha eucalipto 180 m ³ (54.540 kg)	4.166 kcal/kg	227.213.640	264.453
Óleo diesel (transporte)*	90,7 litros	9.159 kcal/l	830.721	967
Total				268.120
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	9,82 kWh	-	-	10
Biomassa	Lenha eucalipto 198,33 kg	4.166 kcal/kg	826.243	962
Óleo diesel (transporte)	0,33 litros	9.159 kcal/l	3.022	3
Total				975

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 975 kWh
 1000 kg = 487,5 kWh ou 1.755 MJ
 1 kg = 0,487 kWh ou 1,76 MJ

*Gastos com transporte

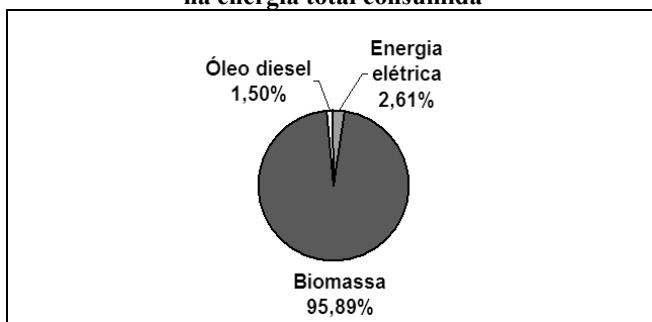
Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
700 m ³	7 m ³	100	1x2= 2	200	3	66,70
Lenha eucalipto						
180 m ³	25 m ³	7,2	5x2= 10	72	3	24
Total						90,70

INDÚSTRIA M6

Cidade – Região: Pelotas – Sul				
Massa seca mensal: 667.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	14.000 kWh	-	-	14.000
Biomassa	Lenha eucalipto 350 m ³ (106.050 kg)	4.166 kcal/kg	441.804.300	514.214
Óleo diesel (transporte)*	753,67 litros	9.159 kcal/l	6.902.864	8.034
Total				536.248
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	41,98 kWh	-	-	42
Biomassa	Lenha eucalipto 317,99 kg	4.166 kcal/kg	1.324.746,34	1.542
Óleo diesel (transporte)	2,26	9.159 kcal/l	20.699,34	24
Total				1.608

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.608 kWh
 1000 kg = 804 kWh ou 2.894 MJ
 1 kg = 0,804 kWh ou 2,89 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
870 ton (~512 m ³)	6 m ³	85,33	3x2= 6	512	3	170,67
Lenha eucalipto						
350 m ³	22 m ³	15,9	110x2=220	1.749	3	583
Total						753,67

OBS 1: Os fornecedores de lenha se encontram a 95 km e 125 km de distância, utilizando a média de 110 km.
 OBS 2: A indústria informou que gasta mensalmente 1.650 litros de óleo diesel. No cálculo realizado estimou-se que esta consome 753,67 litros, porém não estão incluídos os gastos com transporte de produto acabado e extração de argila.

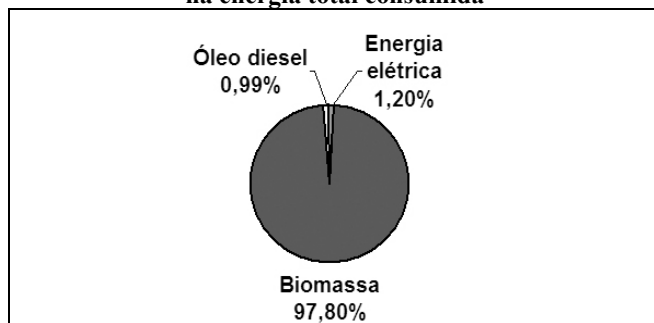
INDÚSTRIA G1

Cidade – Região: Gravataí – Metropolitana					
Massa seca mensal: 790.000 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		12.800 kWh	-	-	12.800
Biomassa (eucalipto)	Cavaco	300 m ³ (165.000 kg)	2.500 kcal/kg	412.500.000	480.106
	Serragem	350 m ³ (192.500 kg)	2.500 kcal/kg	481.250.000	560.124
Óleo diesel (extr. + transp.)*		991,6 litros	9.159 kcal/l	9.082.064	10.571
Total					1.063.601
Para 2000 kg					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		32,40 kWh	-	-	32
Biomassa (eucalipto)	Cavaco	417,72 kg	2.500 kcal/kg	1.044.300	1.216
	Serragem	487,34 kg	2.500 kcal/kg	1.218.350	1.418
Óleo diesel (extr. + transp.)		2,51 litros	9.159 kcal/l	22.989	27
Total					2.693

- foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

- foi utilizado 1m³ cavaco= 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 2.693 kWh

1000kg = 1.346,5 kWh ou 4.847 MJ

1 kg = 1,346 kWh ou 4,85 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração argila						
-	-	-	-	-	-	250
Transporte argila						
-	-	-	-	-	-	200
Cavaco						
300 m ³	20 m ³	15	25x2= 50	750	3	250
Serragem						
350 m ³	20 m ³	17,5	25x2= 50	875	3	291,6
Total						991,6

OBS 1: O transporte e a extração de argila é terceirizado. Foram utilizados valores médios relativos à capacidade do caminhão e rendimento do mesmo.

OBS 2: A indústria adquire cavaco e serragem num raio de 50 km.

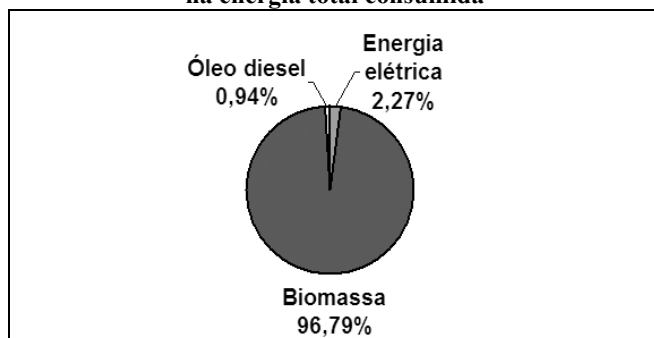
INDÚSTRIA G2

Cidade – Região: Encatado – Vale do Taquari					
Massa seca mensal: 967.500 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	29.500 kWh	-	-	29.500	
Biomassa	Cavaco	40 m ³ (22.000 kg)	2.500 kcal/kg	55.000.000	64.014
	Serragem	650 m ³ (357.500 kg)	2.500 kcal/kg	893.750.000	1.040.231
	Sabugo milho	45.210 kg	2.900 kcal/kg	131.109.000	152.597
Óleo diesel (transporte)*	1.140,58 litros	9.159 kcal/l	10.446.572	12.159	
Total				1.298.501	
Para 2000 kg					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	60,98 kWh	-	-	61	
Biomassa	Cavaco	45,48 kg	2.500 kcal/kg	113.700	132
	Serragem	739,02 kg	2.500 kcal/kg	1.847.550	2.150
	Sabugo milho	93,46 kg	2.900 kcal/kg	271.034	316
Óleo diesel (transporte)	2,36 litros	9.159 kcal/l	21.615,24	25	
Total				2.684	

- foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

- foi utilizado 1m³ cavaco= 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 2.684 kWh

1000kg = 1.342 kWh ou 4.831 MJ

1 kg = 1,342 kWh ou 4,83 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
740 m ³	5 m ³	148	2,5x2= 5	740	3,5	211,43
Cavaco						
40 m ³	5 m ³	8	60x2= 120	960	3,5	274,29
Serragem (650 m ³ utilizados como insumo energético e 30m ³ misturados a massa).						
680 m ³	5 m ³	136	3,5x2= 7	952	3,5	272
Sabugo milho						
45.210 kg	~8.100kg	5,58	120x2=240	1.340	3,5	382,86
Total						1.140,58

OBS 1: A serragem é adquirida a distâncias de 2 a 5 km, utilizando-se a média de 3,5 km.

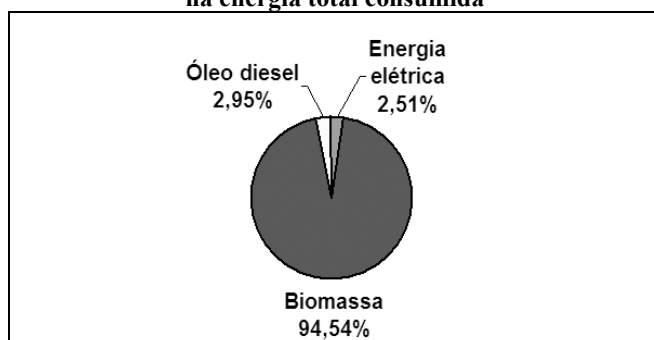
OBS 2: São compradas, por ano, 67 cargas de sabugo de milho, representando uma média de 5,58 cargas/mês.

INDÚSTRIA G3

Cidade – Região: Vila Flores – Serra					
Massa seca mensal: 1.000.000 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	17.000 kWh	-	-	17.000	
Biomassa	Serragem	400 m ³ (220.000 kg)	2.500 kcal/kg	550.000.000	640.142
Óleo diesel (transporte)*		1.875 litros	9.159 kcal/l	17.173.125	19.988
Total				677.130	
Para 2000 kg					
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh	
Energia Elétrica	34 kWh	-	-	34	
Biomassa	Serragem	440 kg	2.500 kcal/kg	1.100.000	1.280
Óleo diesel (transporte)		3,75 litros	9.159 kcal/l	34.346	40
Total				1.354	

- foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.354 kWh
 1000 kg = 677 kWh ou 2.437 MJ/kg
 1 kg = 0,677 kWh ou 2,44 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
765 m ³	8 m ³	95,62	4x2= 8	765	3	255
Serragem (400 m ³ utilizados como insumo energético e 30m ³ misturados a massa).						
430 m ³	8 m ³	54	45x2= 90	4.860	3	1620
Total						1875

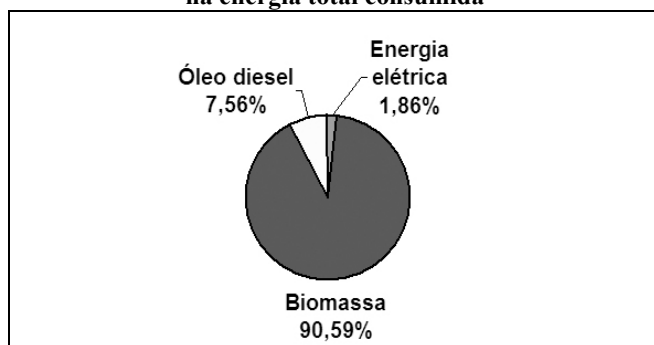
OBS 1: O transporte da serragem é terceirizado. Sendo assim, admite-se um caminhão fazendo o transporte da argila, com 8 m³ e rendimento de 3 km/l.

INDÚSTRIA G4

Cidade – Região: Estrela – Vale do Taquari					
Massa seca mensal: 1.132.000 kg					
Total Geral Mensal					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		24.500 kWh	-	-	24.500
Biomassa	Lenha eucalipto	30 m ³ (9.090kg)	4.166 kcal/kg	37.868.940	44.075
	Serragem	720 m ³ (396.000kg)	2.500 kcal/kg	990.000.000	1.152.256
Óleo diesel (extr. + transp.)*		9.361 litros	9.159 kcal/l	85.737.399	99.789
Total					1.320.620
Para 2000 kg					
Insumo		Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica		43,29 kWh	-	-	43
Biomassa	Lenha eucalipto	16,06 kg	4.166 kcal/kg	66.906	78
	Serragem	699,64 kg	2.500 kcal/kg	1.749.100	2.036
Óleo diesel (extr. + transp.)*		16,54 litros	9.159 kcal/l	151.490	176
Total					2.333

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg
 - foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000kg = 2.333 kWh
 1000kg = 1.166,5 kWh ou 4.199 MJ
 1 kg = 1,166 kWh ou 4,20 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração e transporte argila						
-	-	-	-	-	-	3.500
Lenha eucalipto						
30 m ³	6 m ³	5	1,5x2= 3	15	3	5
Serragem						
720 m ³	10 m ³	72	122x2=244	17.568	3	5.856
Total						9.361

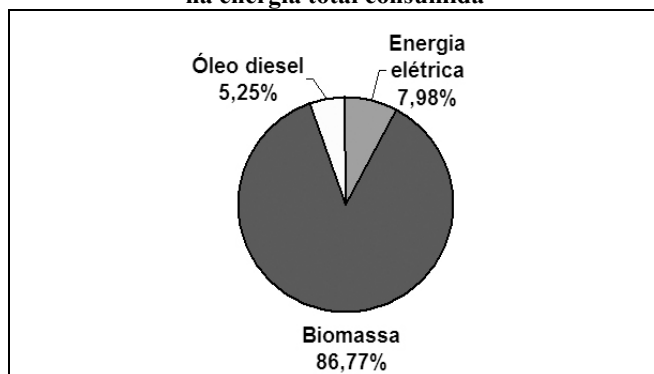
OBS 1: Geralmente o transporte da serragem é feito pela empresa que a vende, sendo que o proprietário da indústria cerâmica não sabia informar com precisão os valores referentes ao veículo usado no transporte. Então adotou-se uma média baseada nos casos anteriores.

INDÚSTRIA G5

Cidade – Região: Pelotas – Sul				
Massa seca mensal: 1.500.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	40.535 kWh	-	-	40.535
Biomassa	Lenha eucalipto 300 m ³ (90.900 kg)	4.166 kcal/kg	378.689.400	440.755
Óleo diesel (extr. + transp.)*	2.500 litros	9.159 kcal/l	22.897.500	26.650
Total				507.940
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	54,05 kWh	-	-	54
Biomassa	Lenha eucalipto 121,2 kg	4.166 kcal/kg	504.919	588
Óleo diesel (extr. + transp.)	3,33 litros	9.159 kcal/l	30.499	35
Total				677

- foi utilizado 1m³ de lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 677 kWh
 1000 kg = 338,5 kWh ou 1.219 MJ/kg
 1 kg = 0,338 kWh ou 1,22 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração e transporte argila						
-	-	-	-	-	-	2.000
Lenha eucalipto						
300 m ³	20 m ³	15	50x2=100	1.500	3	500
Total						2.500

OBS 1: Para a extração e transporte da argila são gastos 100 litros de óleo diesel por dia (100 x 20 dias = 2.000 litros). A extração é realizada com retroescavadeira e o transporte com caminhão (capacidade 5m³) e a jazida se localiza próxima à indústria (aproximadamente a 300 metros).

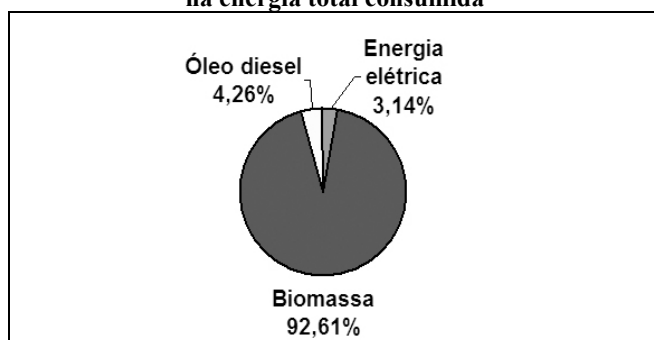
INDÚSTRIA G6

Cidade – Região: Candelária – Vale do Rio Pardo				
Massa seca mensal: 3.469.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	126.000 kWh	-	-	126.000
Biomassa	Serragem + cavaco 2.325 m ³ (1.278.750 kg)	2.500 kcal/kg	3.196.875.000	3.720.825
Óleo diesel (transporte)*	16.052,67 litros	9.159 kcal/l	147.026.405	171.123
Total				4.017.948
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	72,64 kWh	-	-	73
Biomassa	Serragem + cavaco 737,24 kg	2.500 kcal/kg	1.843.100,00	2.144
Óleo diesel (transporte)	9,25 litros	9.159 kcal/l	84.765,87	99
Total				2.316

- foi utilizado 1m³ serragem = 550 kg

- foi utilizado 1m³ cavaco= 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 2.316 kWh
 1000 kg = 1.158 kWh ou 4.169 MJ/kg
 1 kg = 1,158 kWh ou 4,17 MJ

*Gastos com transporte

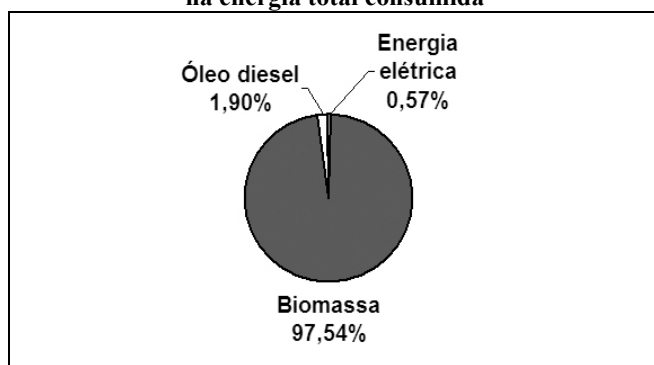
Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
5.000 ton (2.941 m ³)	6 m ³	392	10x2 = 20	7.840	3,5	2.240
		98	16x2 = 32	3.136	3,5	896
Serragem						
2.325 m ³	9 m ³	258,33	87,5x2=175	45.208,33	3,5	12.916,67
Total						16.052,67

INDÚSTRIA G7

Cidade – Região: Bom Princípio – Vale do Cai				
Massa seca mensal: 3.278.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	50.100 kWh	-	-	50.100
Biomassa Serragem	5.400 m ³ (2.970.000 kg)	2.500 kcal/kg	7.425.000.000	8.641.916
Óleo diesel (gerador)	6.300 litros	9.159 kcal/l	57.701.700	67.159
Óleo diesel (extr. + transp.)*	9.488 litros	9.159 kcal/l	86.900.592	101.143
Total				8.860.318
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	30,57 kWh	-	-	30
Biomassa Serragem	1.812,08 kg	2.500 kcal/kg	4.530.200	5.273
Óleo diesel (gerador)	3,84 litros	9.159 kcal/l	35.171	41
Óleo diesel (extr. + transp.)*	5,79 litros	9.159 kcal/l	53.031	62
Total				5.406

- foi utilizado 1m³ de serragem = 550kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 5.406 kWh
 1000 kg = 2.703 kWh ou 9.731 MJ/kg
 1 kg = 2,703 kWh ou 9,73 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração argila						
-	-	-	-	-	-	300
Transporte argila						
-	12 toneladas	160	17x2= 34	5.440	5	1.088
Serragem						
5400 m ³	40	135	150x2=300	40.500	5	8.100
Total						9.488

OBS 1: Os gastos com extração de argila são de 20 litros/dia, e este processo é realizado em, aproximadamente, 15 dias do mês.

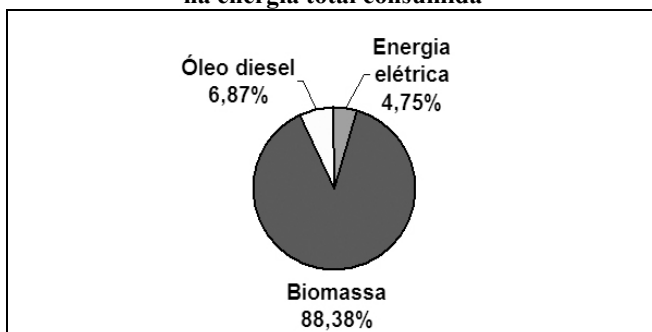
OBS 2: A indústria compra serragem de fornecedores que distam até 300 km da mesma. Para o cálculo foi adotada uma média de 150 km.

INDÚSTRIA G8

Cidade – Região: Santa Maria –Central				
Massa seca mensal: 3.000.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	77.329 kWh	-	-	77.329
Biomassa Lenha eucalipto	980 m ³ (296.940kg)	4.166 kcal/kg	1.237.052.040	1.439.798
Óleo diesel (gerador)	3.000 litros	9.159 kcal/l	27.477.000	31.980
Óleo diesel (transporte)*	7.505,6 litros	9.159 kcal/l	68.743.790	80.011
Total				1.629.118
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	51,55 kWh	-	-	52
Biomassa Lenha eucalipto	197,96 kg	4.166 kcal/kg	824.701,36	960
Óleo diesel (gerador)	2 litros	9.159 kcal/l	18.318	21
Óleo diesel (transporte)	5 litros	9.159 kcal/l	45.829,19	53
Total				1.086

- foi utilizado 1m³ de lenha = 303 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.086 kWh
 1000 kg = 543 kWh ou 1.955 MJ/kg
 1 kg = 0,543 kWh ou 1,96 MJ

*Gastos com transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Transporte argila						
2.505 ton	9	278,3	14x2= 28	7.792,4	4	1.948,1
1.395 ton	15	93	80x2= 160	14.880	4	3.720
Lenha eucalipto						
980 m ³	20	49	87,5x2=150	7.350	4	1.837,5
Total						7.505,6

OBS 1: O consumo de argila diária é de, aproximadamente, 130 toneladas/dia (130 x 30 dias = 3.900 toneladas/mês).

OBS 2: Os caminhões utilizados no transporte da argila possuem capacidade entre 9 e 15 toneladas. Para o cálculo, foi utilizado o caminhão de 9 toneladas, para as jazidas que se encontram mais próximas, e o caminhão com capacidade de 15 toneladas, na situação onde a jazida é mais distante.

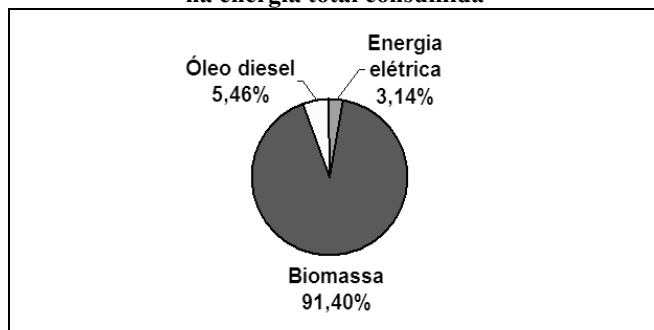
OBS 3: A indústria adquire lenha a uma distância que varia entre 25 a 150 km, sendo a média utilizada de 87,5 km.

INDÚSTRIA G9

Cidade – Região: Vila Flores –Serra				
Massa seca mensal: 3.300.000 kg				
Total Geral Mensal				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	69.703 kWh	-	-	69.703
Biomassa	Lenha eucalipto 400 m ³ (121.200 kg)	4.166 kcal/kg	504.919.200	587.673
	Cavaco 400 m ³ (220.000 kg)	2.500 kcal/kg	550.000.000	640.142
	Serragem 500 m ³ (275.000 kg)	2.500 kcal/kg	687.500.000	800.177
Óleo diesel (gerador)	1.500 litros	9.159 kcal/l	13.738.500	15.990
Óleo diesel (ext + transp)*	9.866,6 litros	9.159 kcal/l	90.368.189	105.179
Total				2.218.864
Para 2000 kg				
Insumo	Quantidade	Poder Calórico	Em kcal	Em kWh
Energia Elétrica	42,24 kWh	-	-	42
Biomassa	Lenha eucalipto 73,45 kg	4.166 kcal/kg	306.011,64	356
	Cavaco 133,33 kg	2.500 kcal/kg	333.325	388
	Serragem 166,67 kg	2.500 kcal/kg	416.675	485
Óleo diesel (gerador)	0,9090 litros	9.159 kcal/l	8.325,53	10
Óleo diesel (ext + transp)	5,9797 litros	9.159 kcal/l	54.768,07	64
Total				1.345

- foi utilizado 1m³ lenha = 303 kg; 1m³ serragem = 550 kg; e 1m³ cavaco= 550 kg

Participação por insumo energético, na energia total consumida



Resultados finais

2000 kg = 1.345 kWh
 1000 kg = 672,5 kWh ou 2.421 MJ/kg
 1 kg = 0,672 kWh ou 2,42 MJ

*Gastos com extração e transporte

Total Consumido	Tamanho da carga	Número viagens ou cargas	Distância fornecedor x 2 (km)	Distância percorrida total (km)	Rendimento caminhão (km/l)	Total combustível (litros)
Extração e transporte argila						
-	-	-	-	-	-	3.000
Lenha eucalipto						
400 m ³	9	44	10x2= 20	880	3	293,3
Cavaco						
400 m ³	9	44	85x2= 170	7480	3	2.493,3
Serragem (500 m ³ utilizados como insumo energético e 150m ³ misturados a massa).						
650m ³ (massa)	9	72	85x2= 170	12.240	3	4.080
Total						9.866,6

OBS 1: O proprietário informou que a quantidade de óleo diesel empregada na extração e transporte de argila é de 3.000 litros/mês, e que são gastos 4.500 litros/mês no transporte do produto acabado.

OBS 2: O cavaco e a serragem são coletados a uma distância de 20 a 150 km, sendo o valor médio utilizado de 85 km. O transporte destes insumos é terceirizado, supondo-se para o cálculo um caminhão com capacidade de 9 m³ e rendimento de 3 km/l. A maior parte da lenha utilizada é de produção própria e vem de uma distância média de 10 km.