

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JANAINA TESSARI

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO
E POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**FLORIANÓPOLIS
2006**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JANAINA TESSARI

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO
E POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Janaíde Cavalcante Rocha

Florianópolis
2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JANAINA TESSARI

**UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO
E POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE SEUS RESÍDUOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em 01/09/2006 em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Glicério Triches – Coordenador do PPGEC

Prof. Dr. Janaíde Cavalcante Rocha - Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ivone Gohr Pinheiro – FURB/ IPA

Prof. Dr. Antônio Edésio Jungles – ECV/ UFSC

Prof. Dr. Cláudio Jacoski – UNOCHAPECÓ

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade e pela vida.

Registro meu agradecimento especial ao André, grande incentivador, companheiro e parceiro desta jornada. Ao Lucca, filho querido, espero ter deixado não só a ausência, mas o exemplo de esforço e dedicação. A minha família, de onde sempre recebo incentivo e reconhecimento pelo trabalho realizado, em especial meu pai (*in memoriam*), minha mãe e meu irmão, pessoas que realmente admiro e sou grata pela atenção e pelo carinho.

Não poderia deixar de agradecer à minha segunda família, pelos apoios sucessivos e incansáveis, pelo reconhecimento e pelas palavras de incentivo em todos os momentos importantes da minha vida.

Gratidão também a minha orientadora e ao Professor Claudio Jacoski pelas sugestões e encaminhamentos durante a realização do trabalho.

A todos que disponibilizaram informações através das entrevistas, muito obrigada pela colaboração.

Aos amigos, sem exceções, pela torcida, apoio e incentivo.

E a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

TESSARI, Janaina. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos pela Construção Civil. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

A busca constante por um modelo de desenvolvimento sustentável resulta na adoção de condutas como a minimização do consumo de matérias-primas virgens e sua substituição por matéria-prima reciclada, na concentração de esforços para o uso de tecnologias limpas e de prevenção à geração de resíduos, na otimização dos recursos naturais para a obtenção de condições satisfatórias de conforto no ambiente construído. Neste sentido, a pesquisa procura mostrar as várias aplicações do EPS - Poliestireno Expandido na construção civil, tendo em vista as suas excelentes propriedades isolantes, que permitem uma eficiência no isolamento dos ambientes, reduzindo ou eliminando a necessidade de condicionamento ambiental, proporcionando maiores condições de conforto aliada à economia nos gastos anuais com energia elétrica. De outro lado, reconhecendo a problemática dos resíduos de EPS, foram abordadas alternativas existentes para o reaproveitamento e absorção destes pela construção civil, contribuindo para a redução dos impactos ambientais advindos da destinação inadequada. Os resultados mostram uma gama variada de aplicações do EPS nas obras de construção civil na cidade de Chapecó/ SC, comprovando uma boa aceitação ao uso do material, principalmente como elemento para enchimento de lajes, nas quais as propriedades de baixa densidade e de isolamento térmico são apontadas como as principais vantagens. Os resíduos, por sua vez, podem ser triturados e utilizados na produção de concreto leve, destinados geralmente para regularização de lajes em geral, oferecendo vantagens como alívio de carga e economia em face de parte da matéria-prima ser reaproveitada no processo.

Palavras – chave: Poliestireno Expandido, Resíduos, Construção Civil.

ABSTRACT

TESSARI, Janaina. Polystyrene Expanded Use and Potential of Exploitation of its Residues for the Civil Construction. 2006. 102f. Dissertação (Master's degree in Civil Engineering) – Program of pos graduation course Florianópolis.

The constant search for a model of sustainable development results in the adoption of behaviors as the minimization of the virgin raw material consumption and its substitution for recycled raw material, in the concentration of efforts for the use of clean technologies and generation of residues, prevention in the optimization of the natural resources to reach satisfactory conditions of comfort in the built environment. In this direction, the research's goal is to show several applications of the EPS – Polystyrene Expanded in the civil construction, considering its excellent isolating properties, which allows an efficient isolation of environments, reducing or eliminating the need of environmental conditioning, providing bigger conditions of comfort allied to the economy in the annual expenses on electric energy. On the other hand recognizing the problematic about the EPS residues, there had been pointed alternatives for its reuse and absorption by the civil construction, contributing the reduction of environment impacts due to its inadequate to destination. The results present many different ways of EPS' applications in the workmanships of civil construction in Chapecó city – SC, proving a good acceptance to the use of the material, mainly as an element for flagstone wadding, in which the properties of low density and thermal isolation are pointed as the main advantages. Finally, the waste of materials may be ground and after used in the production of light concrete, in order to level flagstones, offering advantages such as to lose weight (relieve) and to save because the raw materials can be reuse in the process.

Words - Key: Expanded Polystyrene, Residues, Civil Construction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Justificativa/ Problematização.....	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Geral	16
1.2.2. Específicos.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Aspectos gerais do Poliestireno	17
2.2. Características de mercado do Poliestireno.....	18
2.2.1. Cenário Mundial	18
2.2.2. Cenário Nacional.....	22
2.3. Características do Poliestireno Expandido	26
2.4. O Poliestireno Expandido na Construção Civil	28
2.4.1. Enchimento de lajes e fôrmas para concreto	28
2.4.2. Enchimento de elementos estruturais	29
2.4.3. Lajes nervuradas e lajes industrializadas.....	30
2.4.4. Isolamento térmico de lajes impermeabilizadas.....	32
2.4.5. Isolamento térmico de telhados e paredes.....	34
2.4.6. Isolamento térmico de dutos de ar condicionado	38
2.4.7. Concreto leve	39
2.4.8. Painéis auto-portantes	40
2.4.9. Forros isolantes e decorativos	41
2.4.10. Isolamento acústico – piso flutuante e painéis divisórios	42
2.4.11. Isolamento térmico em câmaras frias ou frigoríficas	43
2.4.12. Juntas de dilatação	45
2.4.13. Fundações para estradas.....	46
2.5. Os pedidos de patentes de produtos ou processos utilizando EPS na construção civil.....	49
2.6. Controle Ambiental dos Resíduos.....	51
2.6.1. Resíduos Sólidos: Conceituação.....	51
2.6.2. A situação dos resíduos sólidos no Brasil	52
2.6.3. Das possibilidades do reaproveitamento de EPS	55
2.6.3.1. Retorno como matéria-prima.....	57

2.6.3.2. Geração de energia.....	59
2.6.3.3. Aeração de solos.....	59
2.6.3.4. Concreto leve	60
3. METODOLOGIA.....	62
4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	64
4.1. O uso de EPS nas obras de construção civil em Chapecó/SC.....	64
4.1.1. Da utilização.....	64
4.1.2. Das aplicações.....	66
4.2. Os resíduos de EPS na cidade de Chapecó/ SC	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS.....	91
APÊNDICE A1.....	96
APÊNDICE A2.....	98
APÊNDICE A3.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do Consumo de Estireno por produto na América Latina, 2001.	19
Figura 2 - Produção Mundial de EPS em 2000: 2,95 milhões de toneladas.	20
Figura 3 - Distribuição do EPS por segmento no mundo em 2000.....	21
Figura 4 - Distribuição do Consumo de Poliestireno na Argentina, Brasil e Chile.	22
Figura 5 - Transformação de EPS no Brasil em 2000, principais municípios.	23
Figura 6 - Distribuição setorial do consumo de EPS no Brasil.	24
Figura 7 - Consumo aparente de poliestireno nacional (1997-2001).....	24
Figura 8 - Detalhe de enchimento com placas de EPS em lajes com diferenças de níveis.	29
Figura 9 - Seções transversais de pilares com emprego de EPS.	30
Figura 10 - Elemento de enchimento em laje nervurada e industrializada.	32
Figura 11 - Isolamento térmico sobre a impermeabilização.	33
Figura 12 - Isolamento térmico sob a impermeabilização.	33
Figura 13 - Isolamento térmico de telhados com telhas de fibrocimento.....	35
Figura 14 - Isolamento térmico de telhados com telhas cerâmicas, tégulas ou ardósia.	36
Figura 15 - Telhas de EPS com relevos próprios para isolamento de telhados.	36
Figura 16 - Corte transversal e detalhes de um painel pré-fabricado do tipo sanduíche.....	37
Figura 17 - Isolamento térmico de dutos de ar condicionado.	38
Figura 18 - Sistema Construtivo Hi-Tech.	41
Figura 19 - Fixação de forros isolantes de EPS.	42
Figura 20 - Piso flutuante.	43
Figura 21 - Isolamento térmico de câmaras frigoríficas.....	45
Figura 22 - Detalhe de junta de dilatação.....	46
Figura 23 - Fundação para estradas.	47
Figura 24 - Imagens do Complexo Viário de Várzea Paulista.	49
Figura 25 - Perfil da destinação dos resíduos por quantidade no Brasil.	52
Figura 26 - Processos implantados com sucesso para a reciclagem.....	56
Figura 27 - Esquema do ciclo de vida do EPS considerando sua reciclagem.....	58

Figura 28 - Percentual de empresas associadas ao SINDUSCON de Chapecó/ SC que utilizam EPS.....	65
Figura 29 - Percentual de utilização de EPS em matéria-prima virgem, reciclada e ambas.	66
Figura 30 - Aplicações de EPS pelas empresas associadas ao SINDUSCON de Chapecó/ SC.....	67
Figura 31 – Lajes nervuradas e lajes industrializadas.....	68
Figura 32 - Blocos especiais de EPS para lajes industrializadas.	69
Figura 33 - Juntas de dilatação em EPS.....	69
Figura 34 - Contrapiso executado com incorporação de resíduos de EPS.....	70
Figura 35 - Preparação de concreto leve de EPS em betoneira.	71
Figura 36 - EPS como fôrma de fundo de viga, sobre parede cega de alvenaria.	72
Figura 37 - Enchimento de elementos estruturais em EPS.....	73
Figura 38 - Detalhe de castiçal com emprego de EPS.....	74
Figura 39 - Forro isolante e decorativo com o emprego de placas de EPS.	74
Figura 40 - Instalação industrial com isolamento de telhados e paredes.	75
Figura 41 - Produção e aspecto final de um painel pré-fabricado tipo sanduíche.	76
Figura 42 - Câmara fria com utilização de painéis isolantes pré-fabricados.	76
Figura 43 - Molduras em EPS para substituição do gesso.....	77
Figura 44 - Aplicações consideradas como forte potencial de utilização em EPS. ...	78
Figura 45 - Vantagens apontadas ao uso de EPS.	78
Figura 46 - Desvantagens apontadas ao uso de EPS.....	79
Figura 47- Resíduos de EPS coletados pelo Programa Verde Vida.	83
Figura 48 - Resíduos de EPS coletados pela Cooperativa Vida Nova.	84
Figura 49 - Vistas interna e externa do moinho e da tubulação que leva os flocos triturados até o silo.....	85
Figura 50 - Silo que recebe os flocos triturados de EPS para posterior ensacamento.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características exigíveis para o EPS – NBR 11752.....	27
Tabela 2 - Distribuição das formas de destinação e tratamento de resíduos sólidos no Brasil.	53
Tabela 3 - Resíduos Sólidos coletados pelo Verde Vida em 2004.....	82

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e o crescimento econômico, sem dúvida, trouxeram grandes benefícios à sociedade. Mas, aliados ao crescimento populacional e a um comportamento de consumo inadequado, provocaram vários efeitos colaterais, ensejando a necessidade de adoção de um novo tipo de desenvolvimento: o desenvolvimento sustentável.

Em 1983, a Organização das Nações Unidas criou a World Commission on Environment and Development (WCED) que em 1987 publicou o relatório intitulado *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), mais conhecido como *The Brundtland Report*, que incorporou definitivamente o desenvolvimento sustentável como norteador das políticas públicas ambientais, definindo-o como sendo aquele “(...) que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (ONU, 1991).

Os princípios do desenvolvimento sustentável estão na base da Agenda 21, documento aprovado por mais de 180 países durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992.

Meadows et al. (1992) apud Teixeira e Milanez (2001) conceituaram que para se alcançar a sustentabilidade seriam necessárias diversas medidas. Primeiramente, a sociedade precisaria aprender a monitorar seu bem-estar e as condições ambientais. Posteriormente, seria preciso reduzir o tempo de aplicação das ações corretivas, para que as soluções fossem implementadas antes que os impactos fossem irreversíveis. Seria desejável, ainda, uma minimização no uso dos recursos naturais não-renováveis, com o máximo de eficiência e reciclagem e com um consumo inferior à velocidade de substituição por recursos renováveis. Quanto a estes últimos defendeu a proteção de suas fontes e o respeito à sua taxa de recuperação.

Cabe salientar que o desenvolvimento sustentável não nega a necessidade do progresso tecnológico. O grande paradoxo é que as nações industrializadas conseguiram o progresso desvinculando temporariamente a humanidade da natureza, através da exploração sem controle da biodiversidade e dos recursos, (produzidos pela natureza e finitos), que estão sendo esgotados com rapidez. Contudo, a civilização, ainda depende do ambiente natural, não apenas para energia

e materiais, mas também para os processos essenciais de manutenção da vida. Ainda mais os países em desenvolvimento, com necessidades sociais imensas e cujo equacionamento não desconhece a necessidade de desenvolvimento.

Assim, o desenvolvimento deve ser orientado para metas de equilíbrio com a natureza, buscando evitar situações irreversíveis como a destruição da biodiversidade ou o esgotamento de recursos. Desta maneira, o adequado gerenciamento de resíduos constitui uma alternativa que contribui para alcançar o desenvolvimento sustentável, uma vez que permite economia de capital natural (matéria-prima, energia, água) e de saneamento ambiental (reduz poluição do ar, água, solo e subsolo) (CALDERONI, 1997).

Os reflexos advindos da forma da relação do homem com o ambiente impuseram a diferenciação entre o crescimento econômico, meramente quantitativo, que não mais se justifica isoladamente, e o desenvolvimento sustentável, com qualidade, preocupado não somente com os aspectos econômicos, mas igualmente os ecológicos, os sociais e os culturais.

Os desafios dessa visão de desenvolvimento são, simultaneamente, o crescimento econômico, com preservação da natureza e justiça social (JOHN, 2000).

No que tange à Construção Civil, o desenvolvimento em bases sustentáveis pode ser buscado, por exemplo, através da realização de edificações com menos perdas de energia, redução de impactos ambientais e melhor aproveitamento dos recursos naturais, voltando a análise para elaboração de sistemas construtivos alternativos e para gestão e reciclagem de resíduos.

Este modelo está ligado à qualidade de vida e as novas construções devem conceber os princípios da sustentabilidade, produzindo mais com menos desperdício, reduzindo a geração de resíduos a um mínimo reciclável, reciclando os resíduos, buscando materiais alternativos, como também otimizando ao máximo os recursos de iluminação e ventilação natural. Atualmente, as edificações são responsáveis por 42% do consumo de energia elétrica (LAMBERTS et al. 1997), sendo parte desse consumo devido aos sistemas de climatização.

O Poliestireno Expandido (EPS), vem sendo utilizado cada vez mais como material para construção civil, devido à sua baixa densidade e capacidade de isolamento termo-acústico. Sua incorporação permite reduzir a potência de refrigeração dos sistemas de condicionares de ar, buscando maiores condições de conforto aliada à economia nos gastos anuais com energia elétrica.

Um dos grandes problemas enfrentados hoje no mundo refere-se à destinação final dos resíduos. Profissionais de várias áreas vêm sendo desafiados na busca por edificações com melhores condições de habitabilidade bem como no desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes e seguras para reciclagem de resíduos, que resultem em produtos com desempenho técnico adequado e que possam ser economicamente competitivas.

O volume de resíduos de EPS gerado vem se constituindo em grande preocupação tanto para o poder público quanto para a sociedade, havendo necessidade de buscar formas para minimizar os reflexos negativos de sua destinação inadequada.

O aumento dos custos de disposição em aterros por uma sobrecarga nos tributos a serem pagos pelos poluidores pode ser uma política pública eficiente para incentivar a adequada destinação e reciclagem (HARTLEN, 1995). Países como Holanda (LAURITZEN, 1998) e Inglaterra, por exemplo, adotam essa política.

A indústria da Construção Civil apresenta uma ampla cadeia capaz de absorver os resíduos de EPS, como os provenientes de embalagens de eletrodomésticos, equipamentos, etc. Contudo tais aplicações ficam restritas em função da falta de informações e de investimento em pesquisa para comprovar a viabilidade técnica de tal aplicação.

Tendo em vista tais fatores: busca de um modelo de desenvolvimento sustentável, edificação de moradias com melhores condições de habitabilidade e grande volume de resíduos de EPS, é que a presente pesquisa aborda as possíveis aplicações do EPS na indústria da construção civil e o potencial de aproveitamento de seus resíduos.

1.1. Justificativa/ Problematização

A indústria da Construção Civil é uma grande consumidora de matérias-primas e a eficiência dos ambientes projetados está diretamente relacionada às características desses materiais. Pesquisas de Avaliação Pós-Ocupação têm revelado uma insatisfação dos clientes no que tange ao isolamento térmico e principalmente, isolamento acústico dos ambientes construídos (JOBIM, 2003). É notório o consumo excessivo de energia para que as exigências de conforto sejam atendidas. Sob este ângulo, ratifica-se o potencial de utilização do Poliestireno Expandido, cujas características o classificam como um excelente material isolante.

Outrossim, verifica-se o problema do grande volume de resíduos de EPS, face às sobras advindas de embalagens de equipamentos, máquinas, eletrodomésticos, etc. Além deste volume de resíduos de EPS provocarem uma poluição visual na estética urbana das cidades, quando dispostos em locais inadequados, possuem aspecto negativo referente ao longo período de tempo para a sua degradação, estimada em 50 anos, sendo considerado um material não biodegradável. Estes resíduos vêm tendo na maioria das vezes disposição em aterros, o que acaba dificultando sua compactação e prejudicando a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis, pois criam camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica.

A indústria da Construção Civil, pela grande quantidade e diversidade de materiais que consome é um mercado, em potencial, para absorver resíduos de EPS provenientes de embalagens de eletrodomésticos, máquinas, equipamentos, etc. Por esta razão, materiais alternativos, desenvolvidos com estes resíduos, podem representar uma boa alternativa até mesmo no custo final de moradias, em função da matéria-prima em parte reaproveitada no processo. Contudo, tais aplicações ficam restritas em função da falta de investimentos em pesquisa para comprovar junto a comunidade científica a viabilidade técnica e econômica de tal aplicação.

Nesta abordagem, Levy (1997) apud John et al. (2001) citam que uma das formas de solução para os problemas gerados é a reciclagem de resíduos, em que a construção civil tem um grande potencial de utilização destes, uma vez que ela chega a consumir até 75% de recursos naturais.

Face ao exposto, justifica-se a realização da pesquisa acerca das possíveis aplicações do EPS na construção civil aliada a possibilidade de utilização de seus resíduos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Analisar as diferentes aplicações do EPS como material para Construção Civil, assim como o potencial de aproveitamento de seus resíduos.

1.2.2. Específicos

- Avaliar as reais aplicações do EPS na construção civil na Cidade de Chapecó;
- Identificar as vantagens e desvantagens à utilização do EPS;
- Levantar os potenciais de aproveitamento dos resíduos de EPS, assim como as formas de beneficiamento existentes;
- Agregar dados e informações do EPS, sua utilização e de seus resíduos na construção civil, que possa constituir uma fonte de informações, diante da pouca disponibilidade de material e bibliografia sobre a questão;
- Registrar o desenvolvimento atual nas bases de patentes sobre o uso de tecnologias associadas ao EPS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados aspectos relativos ao Poliestireno e suas características de mercado mundial e nacional, as características específicas do Poliestireno Expandido e o histórico do emprego deste material assim como de seus resíduos na Indústria da Construção Civil.

2.1. Aspectos gerais do Poliestireno

O Poliestireno (PS) pertence ao grupo das resinas termoplásticas, que inclui, entre outros, os polietilenos (de alta densidade; baixa densidade; e baixa densidade linear), o polipropileno (PP), o cloreto de polivinila (PVC) e o polietileno tereftalato (PET).

O PS é o pioneiro entre os termoplásticos, tendo sua produção comercial iniciada em 1930, pela IG Farbenindustrie, na Alemanha, e desde então tem apresentado um crescimento significativo no consumo e na produção. Isto se deve principalmente as suas propriedades especiais, que fazem com que o PS possa ser aplicado nas mais diversas áreas, desde a fabricação de embalagens até aplicações específicas, como na confecção de peças automotivas, construção civil, etc. Nos Estados Unidos, o poliestireno foi produzido em escala comercial, pela primeira vez, em 1938, pela Dow Chemical Company. Segundo relatórios publicados pelo Banco de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (1997 e 2002), o poliestireno é encontrado comercialmente em três formas ou tipos, a saber:

a) Cristal ou Standard (também referenciado como Poliestireno de Propósito Geral – GPPS) – Possui como características principais a transparência, o alto brilho e a fácil coloração (pela adição de agentes corantes). Entre suas aplicações principais estão embalagens para a indústria alimentícia, copos descartáveis e caixas para CDs e fitas cassetes.

b) Poliestireno Expandido (EPS) – É uma espuma rígida obtida por meio da expansão da resina PS durante sua polimerização. Esta expansão é realizada injetando-se um agente químico na fase de reação da polimerização. O agente de expansão comumente utilizado é o pentano. As principais aplicações do EPS são no uso de embalagens de proteção e no isolamento térmico.

c) Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) – É um poliestireno modificado com elastômeros de polibutadieno. Esta resina é obtida pela polimerização de uma solução de estireno-butadieno. Forma-se um sistema de duas fases devido à imiscibilidade do poliestireno e do polibutadieno. O poliestireno forma a fase contínua e o polibutadieno, a fase dispersa.

O poliestireno é obtido através da polimerização do estireno. O estireno utilizado para a polimerização deve ter um grau de pureza maior que 99,6%, porque os contaminantes oriundos do seu processo de produção (sendo os principais: etilbenzeno, cumeno e xilenos) afetam o peso molecular do poliestireno (BNDES, 2002).

A polimerização industrial do estireno, para obtenção de PS e HIPS, pode ser realizada por polimerização em massa ou por polimerização em suspensão. O processo de polimerização contínua em massa é o mais utilizado pelos grandes fabricantes de PS, fornecendo altas vazões, produto com alto grau de pureza e baixa carga de efluentes. O rendimento deste processo não difere muito entre os líderes desse setor. Os processos em suspensão, embora mais antigos, ainda são utilizados, especialmente em pequena escala e para a produção do poliestireno expandido (EPS).

Preferencialmente um estudo de mercado de poliestireno deveria abordar separadamente as três formas comercialmente encontradas, uma vez que suas características de mercado são bastante distintas. Porém, os dados disponíveis referem-se em grande parte ao conjunto destes.

2.2. Características de mercado do Poliestireno

2.2.1. Cenário Mundial

O PS depende, para sua produção, do monômero de estireno, e há no mercado internacional dois processos de fabricação deste: via etilbenzeno ou óxido de propeno. O primeiro é o mais utilizado, participando com 80% entre os fabricantes.

A fim de situar o mercado da oferta e da demanda de poliestireno, tanto em nível mundial como nacional, torna-se interessante avaliar as flutuações na sua principal matéria-prima, o estireno.

O mercado de estireno na Europa Ocidental, em 2001, teve a seguinte distribuição mais relevante por produto: PS cristal ou standard – 40%; PS alto impacto – 17%; e o expandido – 16%. O ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), que é um plástico de engenharia, participou somente com 7%. Com relação ao mercado norte-americano, para o exercício de 2001, em termos de principais segmentos, o PS como um todo participou com 56% do consumo de estireno, sendo que o ABS e a borracha SBR (estireno-butadieno) participaram com 7% e 4% respectivamente. A Figura 1 mostra a distribuição do consumo de estireno por produto, em 2001, para a América Latina.

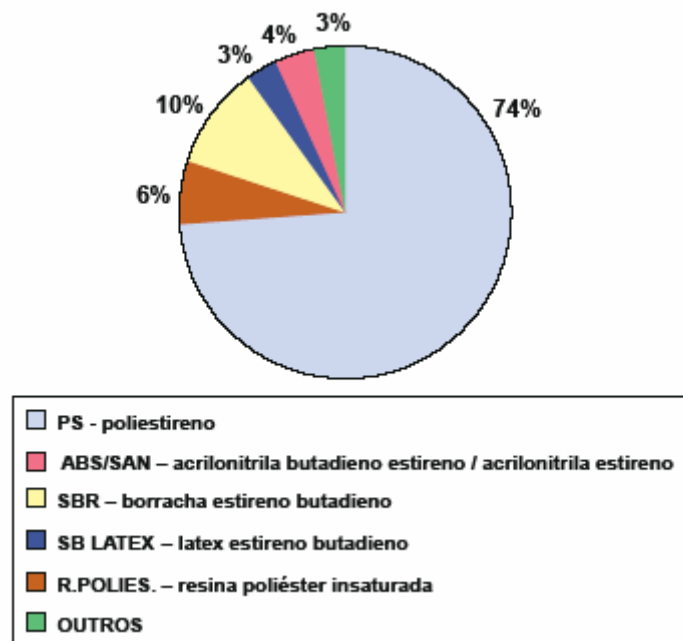


Figura 1 - Distribuição do Consumo de Estireno por produto na América Latina, 2001.

Fonte: (BNDES, 2002).

É perceptível que a produção de poliestireno é responsável por grande parte do consumo de estireno disponível no mercado, com aproximadamente 74%. Deste total 14% destinam-se à produção de EPS e os 60% restantes para a produção de poliestirenos cristal e de alto impacto.

Em termos do produto final PS, o balanço mundial de oferta/demanda encontra-se superofertado, tendo-se registrado, em 2001, uma capacidade de produção em torno de 12,2 milhões de toneladas, e sua demanda, cerca de 10,5 milhões de toneladas, atingindo 86% da capacidade de produção instalada (BNDES, 2002).

Conforme pesquisa divulgada pela Abrapex (2000), foram produzidos 2,95 milhões de toneladas de EPS no ano de 2000, sendo a Europa a maior transformadora destes produtos, responsável por 40% do total, podendo ser verificado na figura abaixo.

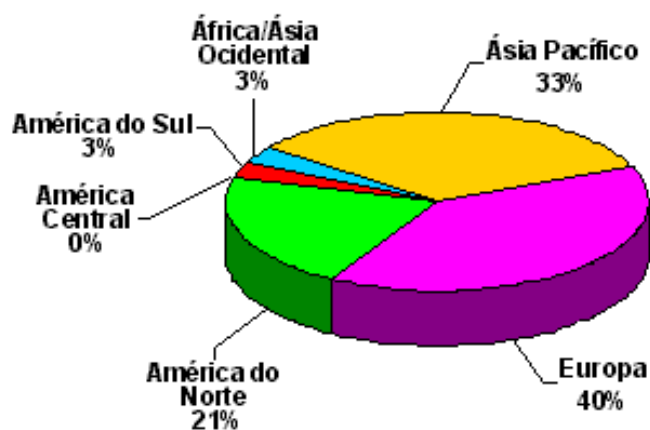


Figura 2 - Produção Mundial de EPS em 2000: 2,95 milhões de toneladas.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

Nesta mesma pesquisa foi feito um levantamento da distribuição do EPS por segmento no mundo, podendo-se identificar que a Construção Civil é responsável por grande parte do consumo do EPS, conforme demonstrado na figura 3. Este destaque na Construção Civil advém não apenas pelas características isolantes inerentes ao material, mas também por sua leveza, resistência e facilidade de manuseio.

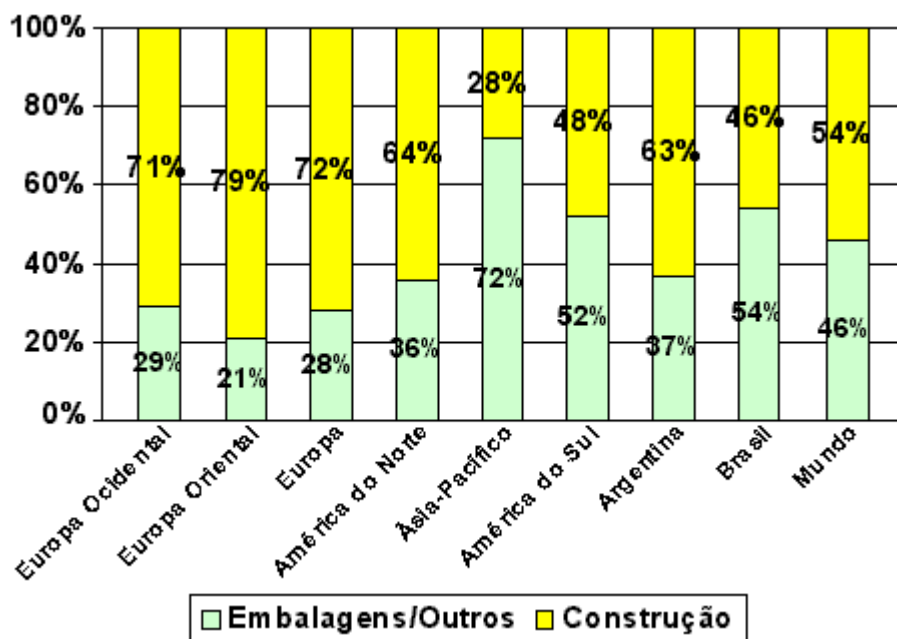


Figura 3 - Distribuição do EPS por segmento no mundo em 2000.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

Relatórios publicados pelo BNDES indicam que os preços do poliestireno são fortemente influenciados pelo preço do estireno. Esse é um comportamento esperado para um polímero com características de mercado de um commodity, onde o custo do monômero corresponde a quase totalidade do custo final do polímero. Outra característica do mercado de poliestireno, comum aos polímeros commodities em geral, é a vulnerabilidade das empresas produtoras em relação às flutuações de mercado dos monômeros. No caso do poliestireno, a maioria dos grandes produtores é integrada e conta com a produção própria do estireno.

Das conclusões advindas destes relatórios, no cenário mundial, pode-se destacar as seguintes tendências no que tange ao poliestireno: o custo da matéria-prima (estireno) do poliestireno continuará a impactar seu preço; a oferta/demanda do estireno e do poliestireno continuarão firmes em nível regional e global; e a tecnologia deverá ser a chave do crescimento desse segmento (BNDES, 2002).

2.2.2. Cenário Nacional

O consumo aparente de poliestireno no mercado brasileiro aparece na quinta colocação, com 9% entre os termoplásticos, sendo ultrapassado pelos polietilenos de alta e baixa densidade (42%), polipropileno (22%), policloreto de vinila (17%), polietileno tereftalato (10%) (BNDES, 2002).

Em 1995 o perfil do mercado consumidor de poliestireno no Brasil seguia muito próximo do mercado da América Latina, o qual encontra-se descrito na figura 4, tanto para o EPS quanto para o PS Cristal.

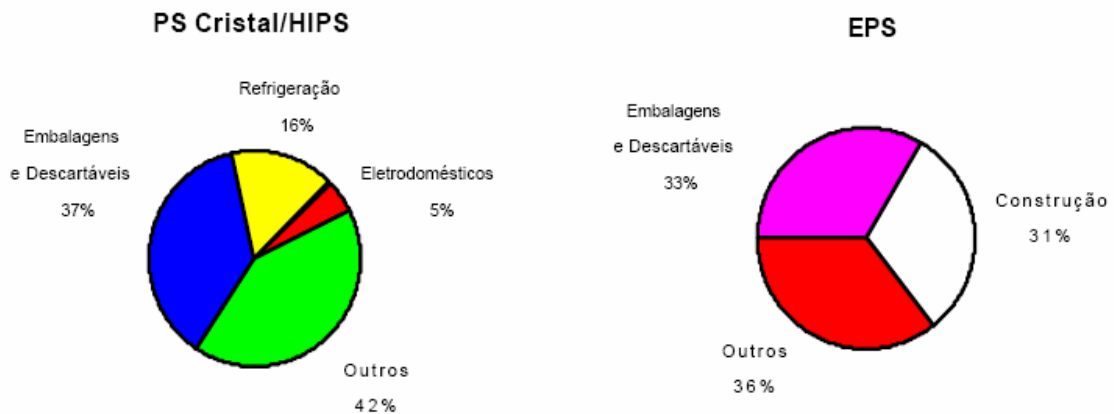


Figura 4 - Distribuição do Consumo de Poliestireno na Argentina, Brasil e Chile.
Fonte: (BNDES, 1997).

No Brasil, segundo a Abrapex (2000), a produção de EPS foi de aproximadamente 40 mil toneladas, distribuída em diversos municípios, conforme pode ser verificado na figura 5, sendo o município de São Paulo/SP o maior transformador com 13.333 t/ ano, seguido pelo município de Joinville/SC, com 8.600 t/ ano, que se destaca no Brasil como um dos maiores pólos de transformação de EPS.

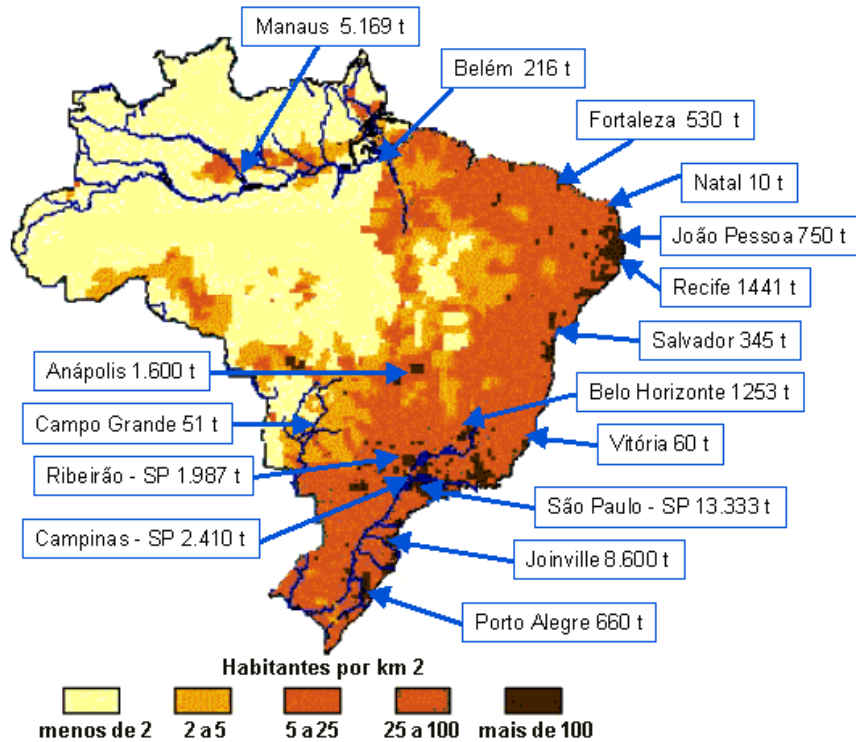


Figura 5 - Transformação de EPS no Brasil em 2000, principais municípios.
 Fonte: (ABRAPEX, 2000).

A figura 6 apresenta o consumo de EPS dividido em setores no Brasil para o ano de 2001. Comparativamente pode-se constatar que houve um aumento significativo no consumo de EPS, em relação ao ano de 1995, nos setores de construção civil e embalagens.

O desenvolvimento tecnológico na construção civil aliado ao crescimento populacional dos últimos anos, demandando soluções alternativas e o aumento no padrão de consumo de produtos pela população provavelmente devem ter sido os principais fatores que contribuíram para esta mudança.

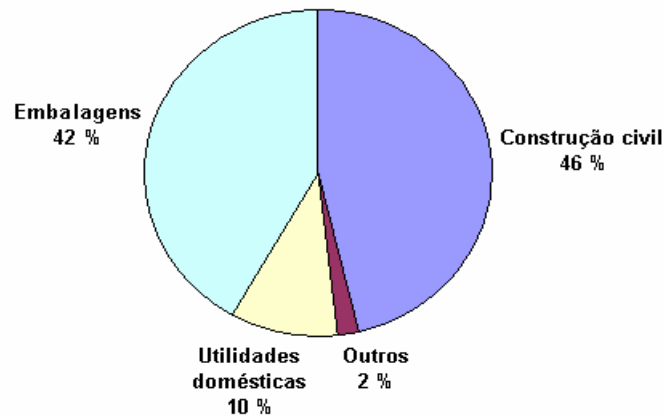


Figura 6 - Distribuição setorial do consumo de EPS no Brasil.
Fonte: (BNDES, 2002).

Em 1996, dentre as principais importações de resinas feitas pelo Brasil, destacam-se o PET em primeiro lugar seguido do PS em segundo lugar. A figura 7 mostra a evolução do consumo aparente nacional do poliestireno para o período de 1997-2001.

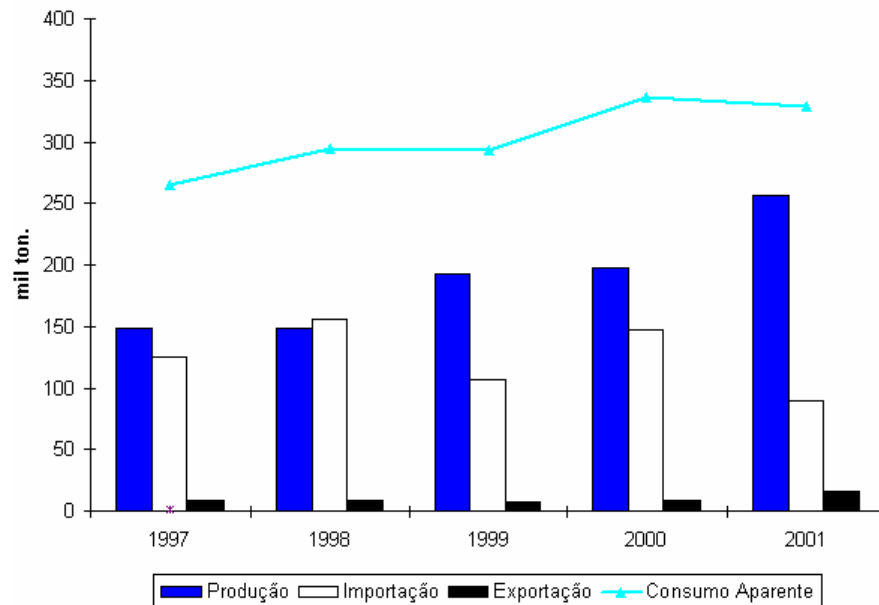


Figura 7 - Consumo aparente de poliestireno nacional (1997-2001).
Fonte: (BNDES, 2002).

Observa-se que no ano de 2001 as importações de PS tiveram uma redução significativa, observando-se ainda um aumento no volume de produção. O motivo, segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, foi a entrada em operação de uma nova planta de produção no estado do Rio Grande do

Sul e a aquisição do controle acionário de uma importante empresa do setor pela Petrobrás. Ainda segundo o BNDES, a entrada em operação de novas plantas de polimerização em Manaus em 2002 aumentaram o padrão de concorrência, beneficiando o mercado consumidor nacional e, ao mesmo tempo, criando condições favoráveis à exportação já que a demanda de poliestireno mundial vem apresentando tendência de crescimento nas últimas décadas. O BNDES, embasado nos dados de consumo de poliestireno dos últimos 15 anos, e levando em consideração a demanda potencial no Brasil, no período 2002/2005, utilizou uma estimativa de taxa de crescimento médio anual em torno de 5%.

Face ao exposto, torna-se evidente que a tendência para o mercado de poliestireno é de crescimento, tanto para o cenário mundial quanto para o nacional, o que motiva o estudo e desenvolvimento de tecnologias e processos de produção e de pós-consumo, uma vez que o aumento da produção/consumo de poliestireno traz consigo o aumento da geração de resíduos, contribuindo para o agravamento de questões ambientais.

O avanço tecnológico aliado à conscientização ecológica tem direcionado a comunidade científica para o desenvolvimento de processos e métodos, como a reciclagem de resíduos, tratamentos de efluentes, entre outros, para melhor aproveitar os recursos naturais e poluir cada vez menos. Os polímeros em geral têm atraído a atenção por serem materiais descartáveis e de grande emprego, principalmente nas indústrias de embalagens, caracterizando-se assim como um dos grandes poluidores.

Quando os resíduos plásticos são depositados em lixões, os problemas principais são a queima indevida e sem controle. Quando são depositados em aterros, dificultam a compactação do lixo e prejudicam a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis, através da criação de camadas impermeáveis que afetam as trocas de líquidos e gases gerados no processo de biodegradação da matéria orgânica (PINTO, 1995). A reciclagem, então, passa a ser a melhor alternativa de destinação dos resíduos plásticos.

2.3. Características do Poliestireno Expandido

O Poliestireno Expandido tem como sigla internacional o EPS (Expanded Polystyrene), sendo mais conhecido no Brasil como “Isopor®”, marca registrada da Knauf Isopor Ltda. De acordo com a norma DIN ISO 1043/78, esse material é identificado como celular rígido, resultante da polimerização do estireno (um derivado do petróleo) em água. Para a obtenção do poliestireno expandido, na fase de polimerização adiciona-se um elemento expansivo, usualmente o pentano, que é um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. Nessa mesma fase são acrescentados outros aditivos que melhoram as propriedades do poliestireno, particularmente sua resistência ao fogo, apresentando-se então o material sob uma forma granulada.

Nas instalações dos produtores de poliestireno expandido, a matéria prima é sujeita a um processo de transformação física, não alterando as suas propriedades químicas. Esta transformação processa-se em três etapas (AMBIENTE BRASIL, 2006):

a) A pré-expansão: a expansão do poliestireno (PS) é efetuada numa primeira fase num pré-expansor através de aquecimento por contato com vapor de água. O agente expansor incha o PS para um volume cerca de 50 vezes maior do original. Daí resulta um granulado de partículas de EPS constituídas por pequenas células fechadas, que é armazenado para estabilização.

b) O armazenamento intermediário: o armazenamento é necessário para permitir a posterior transformação do poliestireno expandido. Durante esta fase de estabilização, o granulado de EPS arrefece o que cria uma depressão no interior das células. Ao longo deste processo o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante.

c) A moldagem: o granulado estabilizado é introduzido em moldes e novamente exposto a vapor de água. Ao serem novamente submetidas ao vapor, as pérolas comprimidas no molde voltam a inchar e soldam-se umas às outras. Na câmara de vapor, o processo de expansão pode ser interrompido por arrefecimento brusco, projetando-se jatos de água fria contra as paredes do molde, buscando uma redução no excesso de pressão, facilitando assim a retirada do produto sem perdas na forma original.

O material resultante destas três etapas de transformação consiste em 98% de ar e apenas 2% de matéria sólida na forma de poliestireno. Em 1m³ de EPS, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar, que lhe garantem suas peculiares propriedades físicas, de extrema leveza e de excelente isolamento termo-acústico. Os produtos finais de EPS são inodoros, não poluentes, fisicamente estáveis, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima (ABRAPEX, 2000).

Para atender as necessidades de isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas o EPS deve ser utilizado segundo a norma ABNT 11752, que determina as densidades. É produzido em duas versões: Classe P, não retardante à chama, e Classe F, retardante à chama. Apresenta também três grupos de massa específica aparente:

I - de 13 a 16 kg/m³

II - de 16 a 20 kg/m³

III - de 20 a 25 kg/m³.

Abaixo, as características exigíveis para o EPS, segundo a norma NBR 11752 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas:

Tabela 1 - Características exigíveis para o EPS – NBR 11752.

Propriedades	Mét. de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
<i>Tipo de Material</i>								
Massa específica aparente	NBR 11949	Kgm ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	K Pa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTM C-203	K Pa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água Imersão em água	NBR 7973	g/cm ² x100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	ng/Pa.s.m	≤7	≤5	≤5	≤7	≤5	≤5
Coefficiente de condutiv. térmica a 23°C	NBR 12904	X/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 1948		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4. O Poliestireno Expandido na Construção Civil

Sendo um material plástico na forma de espuma com micro-células fechadas, composto basicamente de 2% de poliestireno e 98% de vazios contendo ar, na cor branca, reciclável, não poluente, fisicamente estável, é sem dúvida um material isolante da melhor qualidade.

Nos últimos anos esse material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência e facilidade de manuseio. Proporciona uma economia no corte, mão-de-obra, equipamentos e tempo de execução.

2.4.1. Enchimento de lajes e fôrmas para concreto

Em função de suas características peculiares de baixo peso específico, atingindo 13 kg/m^3 e resistente apesar da sua densidade, chegando a 60 KPa nos materiais produzidos de acordo com a ABNT classificação PI (NBR 11752), o EPS apresenta condições muito favoráveis para utilização em enchimento de lajes.

Em obras existentes, cujo projeto arquitetônico contemple diferenças de níveis entre ambientes, quando da realização de reformas com necessidade de nivelamento dos mesmos, a solução conjugada em argamassa e EPS, em proporções adequadas, consiste numa alternativa segura e econômica. Além de não comprometer a estrutura em função do alívio no peso do enchimento, proporciona uma economia em face da substituição de parte da argamassa pelo EPS. Vale ressaltar que para estes casos pode-se utilizar tanto o EPS em placas quanto em flocos, em matéria-prima virgem ou até mesmo reciclada. Todas as lajes que necessitam, por questões técnicas ou de estética, que o nível seja elevado, podem adotar a opção de enchimento conjugado com EPS.

Outra aplicação análoga é no contrapiso das lajes, onde muitas vezes para se obter a regularização é necessária uma espessura maior, em função da falta de nível, erro de execução ou até mesmo de concepção estrutural. Assim, a utilização conjugada de cimento, areia, EPS e água em proporções adequadas, justifica-se pelas mesmas vantagens anteriormente citadas, além do conforto associado ao uso do material isolante.

Há, em alguns projetos arquitetônicos, necessidade de se construir lajes com caixões perdidos. Na maioria dos casos, eles são executados de modo fechado e

oco, e depois impermeabilizados na sua parte superior. Como o ar fica confinado nos vazios, esses caixões apresentam saturação de umidade residual no seu interior e, como não está impermeabilizado na sua parte inferior, a umidade passa a ser confundida com possíveis vazamentos no sistema impermeabilizante. A solução ideal é a de utilizar caixões perdidos sem vazios, por exemplo, de poliestireno expandido (YAZIGI, 2002).

Pela sua característica semi-elástica o poliestireno expandido pode ser utilizado também como revestimento das fôrmas de madeira, permitindo assim a retirada das fôrmas facilmente e sem perdas significativas. Esta utilização se dá sempre que as condições da obra dificultam a retirada da fôrma convencional após a cura. Também no caso de detalhes complexos em relevos ou recortes no concreto, o EPS pode ser recortado e aplicado dentro das fôrmas de madeira de tal modo que, ao serem retiradas, se obtém os relevos ou recortes desejados no concreto acabado.

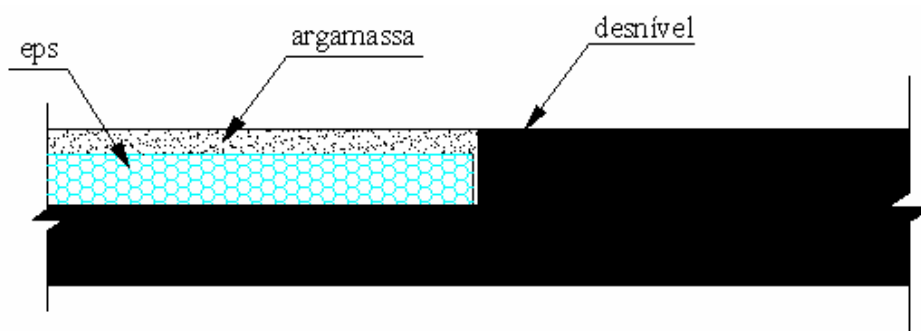


Figura 8 - Detalhe de enchimento com placas de EPS em lajes com diferenças de níveis.

2.4.2. Enchimento de elementos estruturais

Atualmente projetam-se elementos estruturais das mais variadas formas, para atender tanto aos requisitos técnicos, econômicos e de estética, quanto de transporte e manuseio, no caso de peças pré-fabricadas.

Esta magnitude de formas pode ser facilmente obtida através da utilização de EPS, nos formatos e tamanhos adequados para cada elemento específico. A mão de obra necessária para a execução de fôrmas destinadas a pilares de seção vazada, seção I, T invertido, torna-se trabalhosa, sendo conveniente nestes casos a utilização de EPS no interior das fôrmas a fim de se obter as geometrias necessárias.

Outrossim, quando um projeto estrutural precisa seguir rigorosamente as dimensões de elementos (pilares) pré-estabelecidas em projeto arquitetônico. Em função da carga atuante nos elementos estruturais o engenheiro poderá otimizar o seu dimensionamento através da utilização de enchimento com EPS, uma vez que não possui flexibilidade para alterar as dimensões previamente estabelecidas.

No caso de vigas estruturais sujeitas à passagem de tubulações, podem-se prever furos com a utilização de blocos de EPS no interior das fôrmas nos pontos pré-definidos. Após a concretagem do elemento e durante a desfôrma, os blocos de EPS são facilmente removidos.

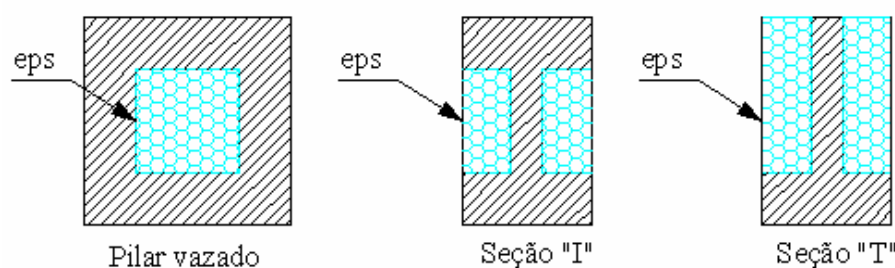


Figura 9 - Seções transversais de pilares com emprego de EPS.

2.4.3. Lajes nervuradas e lajes industrializadas

Nos edifícios de vários pisos, as lajes possuem significativa participação no consumo de concreto, principalmente quando a laje é maciça. Em função disto torna-se oportuno o estudo e conhecimento dos critérios de escolha dos tipos de laje a serem empregados nestes edifícios, tendo em vista a obtenção de soluções técnica e economicamente otimizadas.

O emprego de lajes nervuradas e de lajes industrializadas constituiu-se em uma evolução natural da laje maciça, proporcionando um alívio do peso próprio da estrutura e um aproveitamento mais eficiente do aço e do concreto. As lajes industrializadas, não deixam de ser lajes nervuradas, porém pré-fabricadas. Há dois tipos de lajes nervuradas industrializadas: laje nervurada pré-fabricada unidirecional e laje nervurada bidirecional.

A primeira possui nervuras principais dispostas em uma única direção, sendo formada por vigotas pré-fabricadas, complementadas por concreto moldado no local. As lajes unidirecionais que estão submetidas a cargas concentradas devem possuir nervuras secundárias transversais perpendiculares às nervuras principais. O mesmo

se exige para as lajes cujo vão teórico é superior a 4 metros, exigindo-se duas nervuras no mínimo, se esse vão superar 6 metros (FRANCA E FUSCO, 2001). O elemento de preenchimento tradicionalmente usado entre as nervuras são tijolos cerâmicos ou blocos de concreto. Ambos têm participação significativa no peso próprio da laje. O uso do EPS substituindo esses materiais muda completamente este aspecto negativo além de reduzir sensivelmente a mão de obra e o entulho na montagem das lajes.

A segunda possui nervuras resistentes em duas direções ortogonais entre si. Permite vencer grandes vãos com lajes delgadas, econômicas e bem resolvidas estruturalmente. Quando da utilização das lajes com enchimento de EPS, o peso próprio das mesmas é consideravelmente reduzido, devendo portanto o projeto estrutural ser especificado para o uso do EPS, conseguindo-se assim uma significativa redução no dimensionamento da estrutura e das fundações.

Os blocos de EPS para emprego em lajes são obtidos a partir de grandes peças, das quais são retirados elementos construtivos com as mais variadas formas. Em virtude da facilidade de se cortar os blocos de EPS por meio de um fio quente ou pelo emprego de uma simples serra, os projetistas de lajes podem adquirir os mais variados tipos de blocos para essa finalidade, com perfeição dimensional difícil de se obter com outros materiais. Já se dispõe no Brasil de máquinas de corte computadorizadas que oferecem elevada produção e confeccionam as peças a partir da leitura óptica dos desenhos das mesmas.

A colocação se faz do mesmo modo que os blocos cerâmicos, mas com muito menos esforço e com o transporte interno na obra bem mais rápido, o que permite uma economia de mão de obra de quase 50% (ABRAPEX, 2000). Na concretagem as juntas são tão justas que a nata de cimento não vasa, formando uma superfície inferior limpa e plana ideal para a aplicação do revestimento. Para o revestimento da face inferior das lajes construídas com blocos de EPS empregam-se os mesmos procedimentos usuais utilizados para revestir qualquer tipo de laje, maciça ou pré-fabricada, apenas acrescentando-se no chapisco um composto adesivo para argamassa a base de acrílico ou PVA.

Cabe salientar, que as lajes constituídas com enchimento de EPS além das vantagens acima descritas, proporcionam um excelente isolamento termo-acústico dos ambientes, permitindo atender um dos requisitos mais importantes de desempenho de um ambiente construído: o conforto.

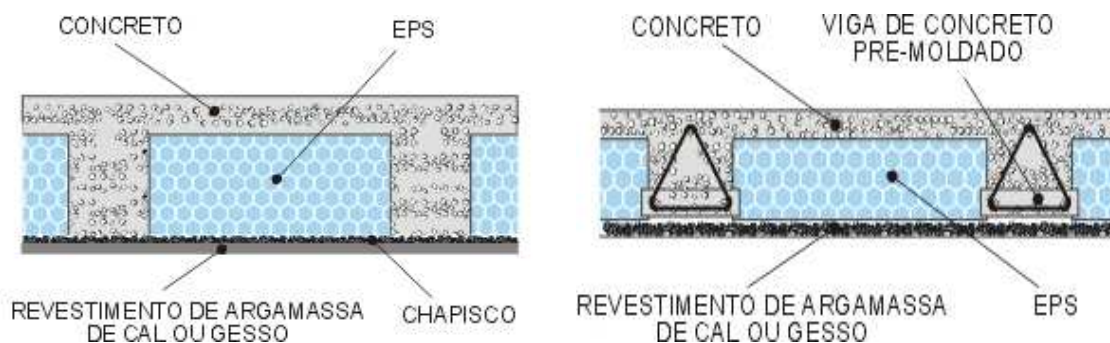


Figura 10 - Elemento de enchimento em laje nervurada e industrializada.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4.4. Isolamento térmico de lajes impermeabilizadas

O conhecimento das diversas alternativas para a isolação térmica dos elementos de edificação serve de subsídio para a elaboração de projetos visando a economia de energia ou, em grande parte do território nacional, para encontrar soluções construtivas que propiciem condições satisfatórias de conforto térmico aos usuários sem utilizar equipamentos de condicionamento ambiental. Dentre os produtos atualmente verificados no mercado nacional, para isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, o EPS é um dos mais eficientes. Sua fixação é fácil e obtém-se o isolamento desejado com espessuras bem delgadas. Não se admite hoje em dia lajes de cobertura expostas ao sol sem isolamento térmico, seja pela dilatação que destruirá a impermeabilização rapidamente, seja pelo desconforto que isso ocasiona.

Segundo publicações da Abrapex (2000), para os climas do Brasil, 30mm de espessura são suficientes para isolar com eficiência essas lajes e existem duas opções para isolar lajes impermeabilizadas:

a) O isolamento térmico sobre a impermeabilização - após a aplicação da impermeabilização, as placas de EPS são fixadas geralmente com o próprio material de fixação do impermeabilizante, até com asfalto de baixo ponto de fusão. Este processo de fixação torna-se restrito quando o fixador contém solventes orgânicos que destroem o EPS. Após fixação das placas de EPS, aplica-se um véu de poliéster e sobre este a proteção mecânica de argamassa desempenada. Em lajes de terraço transitável aplica-se o contrapiso para fixação do piso de acabamento. Se for para trânsito de veículos o contrapiso deve ser armado. Caso haja necessidade de juntas de dilatação, as mesmas devem seguir as recomendações inerentes ao projeto específico, devendo ser deixadas desde o contrapiso.

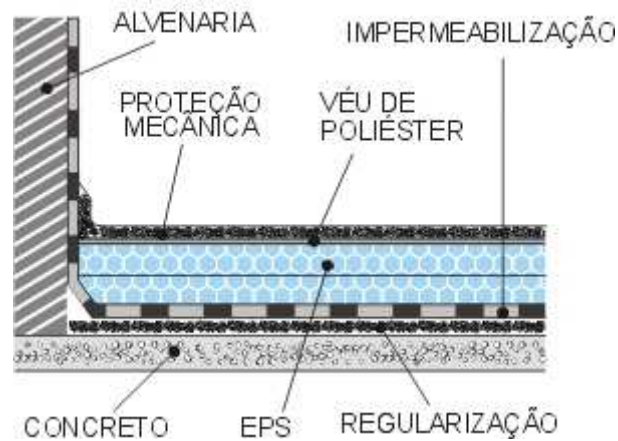


Figura 11 - Isolamento térmico sobre a impermeabilização.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

b) O isolamento térmico sob a impermeabilização: neste caso sobre a regularização da laje aplica-se uma pintura impermeável ao vapor d'água. Colam-se as placas de EPS com as mesmas especificações do isolamento sobre a impermeabilização. A impermeabilização definitiva é aplicada sobre o EPS, seguindo-se as especificações do fabricante.

Sobre a impermeabilização aplica-se a mesma proteção mecânica ou o contrapiso indicados na opção anterior, para posterior acabamento.

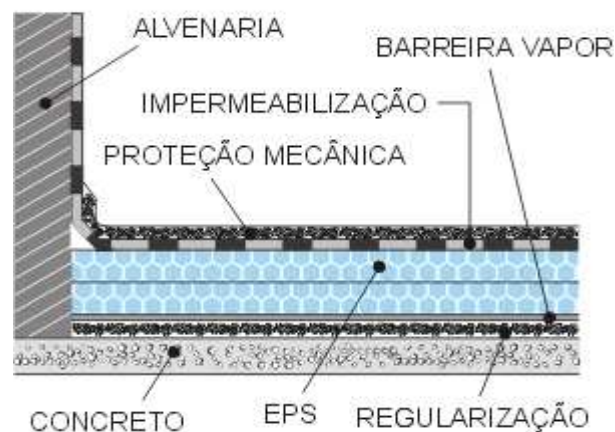


Figura 12 - Isolamento térmico sob a impermeabilização.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

A proteção térmica da impermeabilização objetiva evitar oscilações térmicas bruscas, reduzir a influência da temperatura em deformações da construção, melhorar o conforto térmico na edificação e, quando aplicada sobre a impermeabilização, aumentar sua vida útil. O uso do material EPS se justifica e

atende as recomendações citadas por Yazigi (2002) para a escolha do material e execução da proteção térmica, a saber:

- ser estável, resistente às cargas atuantes, indeteriorável e não sofrer movimentação ou desagregação que possa transmitir algum dano à impermeabilização;

- para aplicação sobre a impermeabilização, ser de baixa absorção de água, para manter suas propriedades de isoterminia;

- compatibilidade físico-química com o sistema impermeabilizante.

Para executar o isolamento sobre ou sob a impermeabilização, pode-se utilizar o EPS em pérola ou moído, como agregado na argamassa de regularização e enchimento, visando a obtenção de declividades para o bom escoamento de água.

No caso de coberturas sem trânsito, aconselha-se o uso de material da classe P1; em lajes de terraços transitáveis, recomenda-se o EPS tipo P2 e, para coberturas destinadas a estacionamentos a classe P3 é a mais indicada (ABRAPEX, 2000).

2.4.5. Isolamento térmico de telhados e paredes

As condições ambientais nos países situados nos trópicos, como é o caso do Brasil, onde as variações climáticas são acentuadas, exigem a adoção de proteção da edificação através do isolamento térmico de paredes e telhados, seja por conforto ou por economia de energia. As instalações recebem diretamente a ação do clima (insolação, temperatura, ventos, chuva, umidade do ar) devendo por isso ser construídas com a finalidade principal de diminuir estas influências que podem agir negativamente no bem estar dos usuários. No que diz respeito à insolação, o ganho de energia através da cobertura representa a maior parcela de contribuição para o aumento da carga térmica no ambiente construído. Heineck et al. (2003), em seus estudos sobre aspectos geométricos e indicadores de qualidade para casas de classe média concluíram que a relação da área de telhado pela área total, corresponde a 65,61% ficando evidente então a representatividade do telhado na construção de casas e nas trocas de calor entre o ambiente externo e interno. Assim a escolha do material destinado à cobertura, dentre outros aspectos, durante a fase de concepção de um projeto, é de extrema importância para se evitar ganhos ou perdas térmicas desnecessárias.

Conforme já dito anteriormente, por suas características físicas e de alta resistência mecânica relacionada com baixo coeficiente de condutividade térmica (0,030 a 0,034 w/m °C) e baixo índice de absorção de água, o EPS constitui-se num excelente material para o isolamento térmico de coberturas planas ou telhados.

O isolamento térmico de telhados pode ser feito diretamente sob as telhas, sendo o método de fixação determinado em função do processo construtivo a ser utilizado e do tipo de telha. Em telhados já executados o isolamento térmico com EPS também pode ser adotado seguindo-se algumas recomendações.

Para os telhados compostos por telhas de fibrocimento, as placas de EPS são colocadas juntamente com as telhas, sobre as terças ou entre elas, nas dimensões previamente estabelecidas, visando uma otimização do corte para o máximo aproveitamento das mesmas. Usa-se como apoio fios de arame esticados transversalmente às terças e fixados nelas.

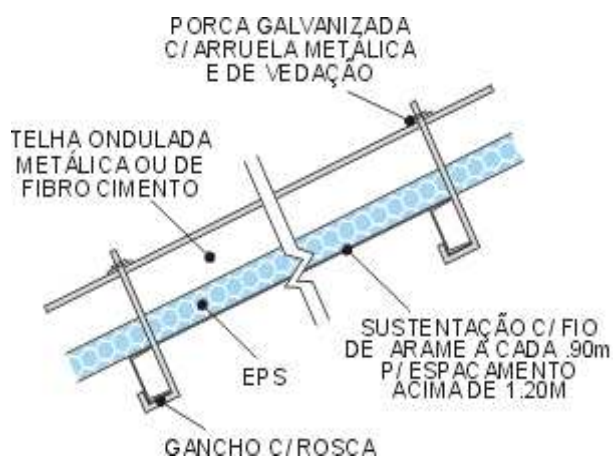


Figura 13 - Isolamento térmico de telhados com telhas de fibrocimento.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

Para o telhado com telhas cerâmicas, telhas ou ardósia as placas de EPS são fixadas com juntas verticais sobre os caibros, se possível com encaixes na horizontal que impeçam a penetração eventual de água. Sobre os caibros pregam-se ripas como mata-juntas e sobre estas as ripas de apoio das telhas.

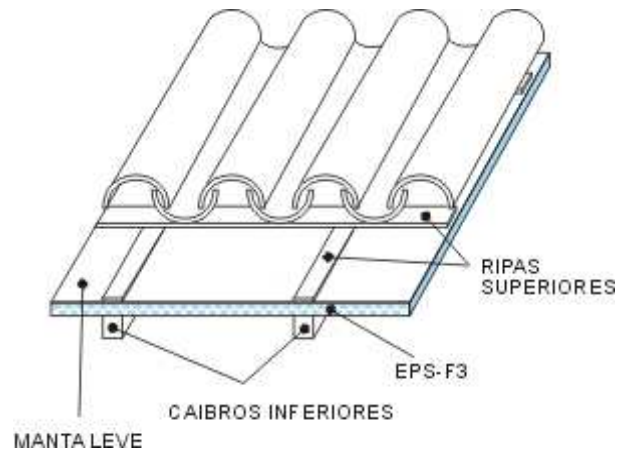


Figura 14 - Isolamento térmico de telhados com telhas cerâmicas, telhas ou ardósia.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

As peças de EPS podem ser utilizadas com relevos próprios ou com o próprio formato da telha, servindo de suporte para o apoio das mesmas e dispensando o uso das ripas.

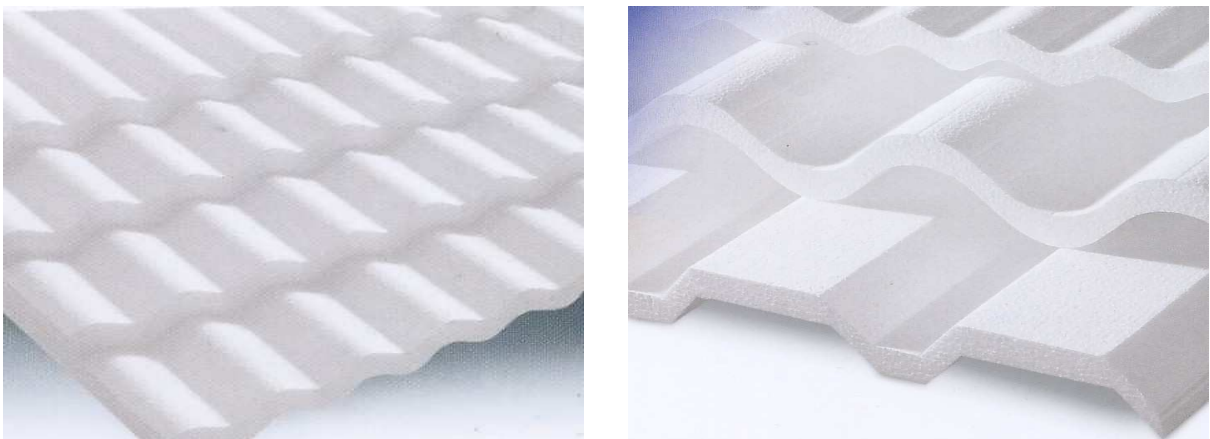


Figura 15 - Telhas de EPS com relevos próprios para isolamento de telhados.

Para os telhados já executados e quando o espaço interno permitir deve-se aplicar as placas sob as telhas, fixando-as sob os caibros pregando-se ripas como mata-juntas. Não havendo condições de fazê-lo pode-se sempre isolar sobre o forro, seja ele de laje, madeira ou gesso. Sua fixação pode ser feita com adesivos a base de água ou álcool.

Atualmente, existem no mercado as telhas sanduíche, constituídas por uma placa de EPS envolta em chapas metálicas, prontas para serem colocadas na obra oferecendo as condições de isolamento térmico necessárias e, os painéis termoisolantes para coberturas. Os painéis termoisolantes para a cobertura são constituídos por duas chapas de aço zincado pré-pintado na cor branca com núcleo

de EPS de 40mm de espessura retardante à chama, podendo ser fixados em terças de madeira, aço ou concreto. Dentre os benefícios advindos da utilização dos painéis isolantes para a cobertura destacam-se o conforto térmico, a economia de energia na climatização do ar e ganhos na produtividade em função da facilidade de instalação.

Além da cobertura, que recebe a radiação solar incidente, as paredes também são grandes responsáveis pelas trocas de calor entre o ambiente externo e interno, principalmente nos casos em que a radiação do sol poente chega a aquecer as paredes voltadas para oeste, transformando-as numa bateria que acumula calor. Existem alguns sistemas construtivos que contemplam a utilização de EPS nos elementos de vedação como forma de minimizar os efeitos negativos decorrentes da insolação direta. O painel pré-fabricado tipo sanduíche é uma das alternativas, sendo constituído por um núcleo em EPS de 8cm de espessura envolto em telas soldadas de aço e em camadas de concreto de 3,5cm em cada face. Os painéis são soldados à estrutura por meio de inserts metálicos e a sobreposição dos mesmos é permitida através dos encaixes macho-fêmea das placas.

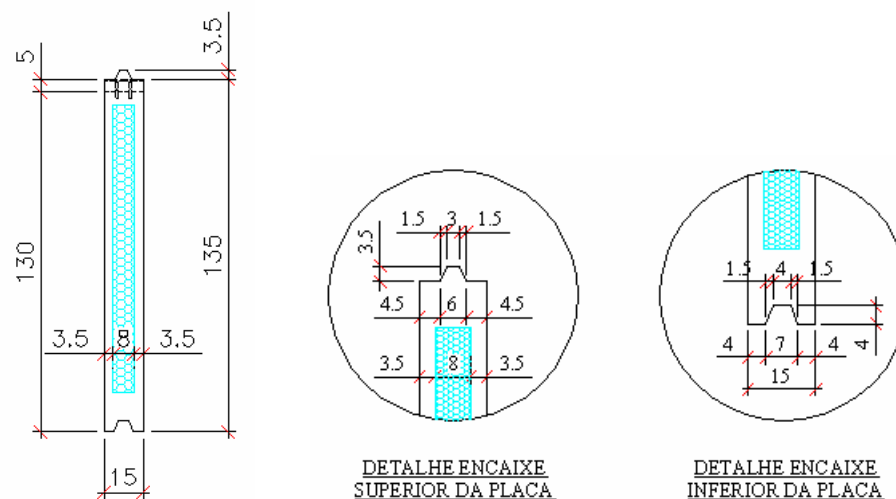


Figura 16 - Corte transversal e detalhes de um painel pré-fabricado do tipo sanduíche.

O surgimento dos painéis-sanduíche deve-se a necessidade de combinação de materiais para a obtenção de produtos com propriedades físicas e mecânicas que os materiais sozinhos não possuem, visando um resultado satisfatório quanto ao seu desempenho. Levando-se em consideração as exigências funcionais dos elementos verticais de vedação de um ambiente construído, como função separatória, com os

efeitos de proteção quanto à segurança e, função climática, pode-se afirmar que estes podem conter diversas camadas destinadas a proporcionar resistência, isolamento térmico e acústico, etc.

2.4.6. Isolamento térmico de dutos de ar condicionado

Para a garantia e qualidade do funcionamento dos sistemas de condicionamento ambiental, os dutos em chapa galvanizada destinados à condução de ar condicionado, devem ser isolados termicamente para manter a temperatura do ar até sair dos difusores, chegando aos ambientes com temperatura e umidade adequadas. Além disso, o isolamento evita a condensação de água nas faces externas dos dutos, pelo diferencial de temperatura ali existente.

O material de isolamento térmico deve ser escolhido por suas qualidades e pelo seu custo final, devendo ser analisado e dimensionado para cada situação específica. Sob esse aspecto o EPS está bem situado, sendo um dos mais consumidos para essa finalidade. Sua estrutura resistente e impermeável, sua manipulação e corte fácil, além do baixo coeficiente de condutividade térmica, dão vantagens significativas ao aplicador e usuário.

Usa-se o EPS classe F I com espessuras que variam de 13 mm a 50 mm, dependendo da posição dos dutos em relação ao edifício. A colocação deve ser bem ajustada sobre os dutos sem ressaltos ou vazios e as juntas precisam ser vedadas e tratadas cuidadosamente para evitar falhas no sistema de isolamento (ABRAPEX, 2000).

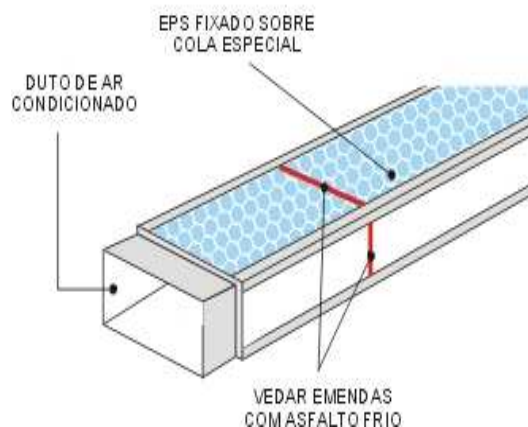


Figura 17 - Isolamento térmico de dutos de ar condicionado.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4.7. Concreto leve

O concreto leve de EPS consiste na substituição total ou parcial dos agregados tradicionais por grânulos de EPS. As proporções de substituição de agregados convencionais no concreto por EPS variam em função da densidade e da resistência requerida, podendo-se cobrir uma escala larga de densidades, compreendida entre 600 a 1600 Kg/m³. No processo de fabricação do concreto leve de EPS, o material passa pelo estado de pérolas de espuma de EPS com diâmetros que variam de 1 a 8 mm aproximadamente. Além das pérolas, todo o EPS descartado poderá ser moído e reaproveitado.

Sempre que não haja exigência de resistência a grandes esforços, o concreto leve de EPS pode ser usado com grande redução de peso em elementos ou componentes. Além do baixo peso, suas qualidades isolantes ampliam sua utilização dando um grande passo a caminho do desenvolvimento sustentável.

O fato do EPS praticamente não absorver água e a possibilidade de um acabamento homogêneo de superfície, possibilita o uso do concreto leve em outros elementos arquitetônicos e de paisagismo. Abrem-se assim inúmeras possibilidades de uso do concreto leve de EPS. Hoje a mais comum é na regularização de lajes, que em alguns casos, pela espessura necessária, não poderia ser feita com outro material. Metha e Monteiro (1994), afirmam que a produção de elementos pré-fabricados se mostra como a aplicação mais vantajosa do concreto leve em todo mundo, considerando-se os menores custos de manuseio, transporte e montagem. Segundo estes pesquisadores, painéis pré-fabricados de vedação são uma das aplicações mais econômicas dos concretos leves.

Babu (2003), realizou um estudo sobre o uso de agregados leves de EPS, nas proporções compreendidas entre 94,5% e 0%, em concretos contendo 50% de cinzas volantes no material cimentício, visando identificar as características de durabilidade destes concretos, tais como: a permeabilidade, a absorção e o ataque químico. O estudo concluiu que a permeabilidade e a absorção diminuem com o aumento da densidade. Contudo, todos os concretos testados (exceto àqueles com proporções de 94,5% e 90% de agregados de EPS – impossibilidade de condução do teste em função do esmagamento da superfície ao apertar o medidor) apresentaram valores de permeabilidade entre 1×10^{-12} e 9×10^{-12} m/s, considerados concretos de qualidade média pelo CEB. Os ensaios revelaram valores de absorção

iniciais - primeiros 30 minutos -, em torno de 3% para os concretos da amostra (exceto para o concreto com 94,5% de agregados de EPS), limite especificado para um concreto de boa qualidade pelo CEB. As características químicas de ataque e corrosão mostraram uma melhoria significativa atribuída, segundo o autor, aos índices mais baixos do cimento nestes concretos.

Na produção de concretos leves de EPS, atenção especial deve ser dada à interface dos grânulos de EPS e da pasta de cimento. Pesquisa realizada por Chen e Liu (2003), com adição de sílica ativa nestes concretos revelou uma melhor dispersão das espumas de EPS na matriz do cimento e conseqüentemente na ligação entre estes. Concluiu também que as propriedades mecânicas e de durabilidade do concreto leve podem ser otimizadas adicionando-se sílica ativa e fibras de aço em índices apropriados.

Resultados obtidos por Monteiro e Metha (1988), mostram que a espessura da zona de transição agregado-matriz variou de 50 μm , para concreto sem adições minerais, para valores inferiores à 10 μm , em concretos com sílica ativa.

2.4.8. Painéis auto-portantes

Além do concreto leve, há sistemas construtivos muito bem desenvolvidos para produzir painéis autoportantes para construção civil. Com o desenvolvimento da argamassa armada com núcleo de EPS podem-se obter peças estruturais bem delgadas.

O sistema construtivo Hi-Tech contempla esta tecnologia. Ele consiste em uma alma composta de placa de poliestireno expandido entre duas malhas de tela de aço eletro-soldadas, vinculadas entre si por meio de passadores do mesmo material a elas soldados e revestidas com argamassa projetada, totalizando uma espessura de 100mm (estrutura monolítica auto-portante). Faz-se a primeira projeção de argamassa em ambas as faces dos painéis de EPS. Após fixar os caixilhos e esquadrias, repete-se a projeção de argamassa, dando-se ao mesmo tempo o acabamento com desempenadeira e feltro. Nas áreas determinadas, a aplicação dos azulejos é feita com argamassa industrializada (cimento-cola); nas outras, se a especificação é a de acabamento fino, aplica-se gesso ou massa corrida, da mesma maneira que numa alvenaria convencional.



Figura 18 - Sistema Construtivo Hi-Tech.

Fonte: (FINEP/ IPT, 1998).

2.4.9. Forros isolantes e decorativos

O forro constitui uma barreira que obstrui o fluxo térmico originado pela radiação solar da cobertura ao interior de uma instalação. O forro tende a uniformizar as condições de conforto térmico nos ambientes, independentemente de qual tipo de telha se tenha utilizado.

Há várias soluções arquitetônicas que demandam forros sob telhados ou sob lajes estruturais que suportam instalações e tubulações que devem ser forradas. Há também várias soluções para forros, entre elas os forros de EPS. O forro de placas de EPS sustentadas por perfilados metálicos apresenta vantagens em relação à facilidade de instalação e pelo isolamento térmico que proporciona ao ambiente.

O sistema de sustentação pode ser feito através de perfilados de chapa galvanizada pintada suspensos por tirantes. As placas de EPS são autoportantes, isolantes, impermeáveis, permitem relevos decorativos e podem ser pintadas com tintas à base de PVA e acrílico. São de manuseio fácil, antialérgicas e não são atacadas por cupins. A colocação do sistema metálico se inicia pregando uma cantoneira nas paredes determinando o nível do forro. Os tirantes são fixados na estrutura superior, seja ela de madeira, aço ou concreto, dando suporte ao forro a cada metro (ABRAPEX, 2000).

Este sistema de fixação resulta em relativa independência entre a estrutura da edificação e a estrutura do próprio plano de forro. Outra característica fundamental, que decorre do recurso ao sistema é a mobilidade. Quase todos os forros suspensos de EPS podem ter os seus painéis de fechamento removidos e substituídos, sem

prejuízo da estrutura portante, facilitando o acesso ao sobreforro. Dessa maneira, esse espaço situado entre o forro e o plano de cobertura pode ser melhor aproveitado como caminhamento de dutos, cabos e canalização, reduzindo o custo das instalações e facilitando sua manutenção.

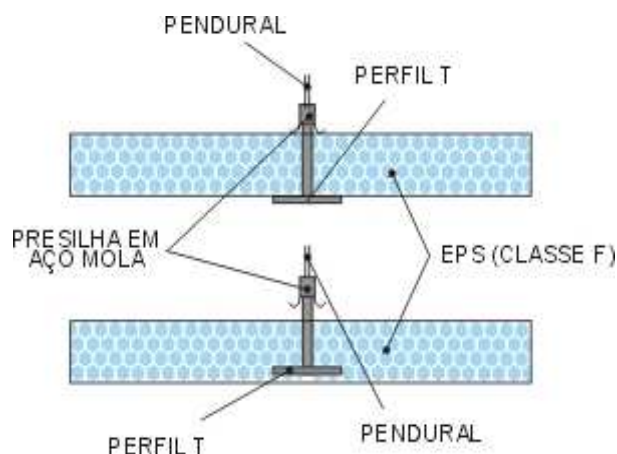


Figura 19 - Fixação de forros isolantes de EPS.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4.10. Isolamento acústico – piso flutuante e painéis divisórios

Com o crescente aumento da demanda por construção de edifícios de apartamentos e escritórios, surgem novos problemas que exigem soluções construtivas. Um deles é o ruído provocado geralmente por impacto nos pisos, que se transmite pela laje para o ambiente no andar de baixo. O ruído de impacto não é atenuado adicionando mais massa, mas interrompendo a propagação da vibração por meio, por exemplo, de piso flutuante intercalando uma camada de material específico entre a laje de concreto e o piso (GLEIZE, 2004).

Aplica-se um revestimento sobre a laje regularizada com placas de EPS de 20 mm de espessura classificação PI (tabela 1), preparadas para essa finalidade. Cobrem-se as placas com um filme leve de polietileno para em seguida aplicar-se o contra piso, sendo este a receber o piso de acabamento. Deve-se tomar cuidado para que o EPS torne o piso e contrapiso totalmente isolado. Com isso, todo ruído de impacto que atingir o piso é atenuado pelo EPS, não chegando à laje de modo audível no andar de baixo.

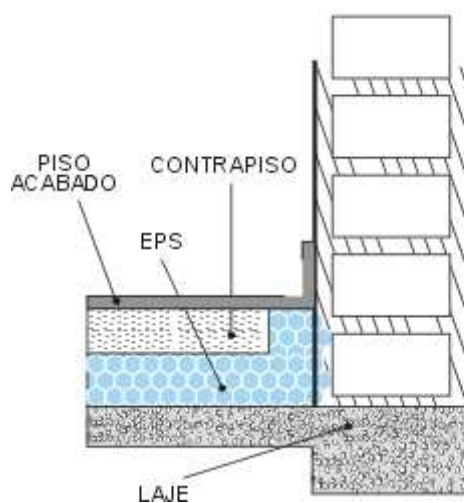


Figura 20 - Piso flutuante.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

Da mesma maneira que o piso flutuante, os ruídos se propagam através das paredes por meio de vibrações. Quando um som se propaga através de uma parede, seu enfraquecimento aumenta logarithmicamente com o peso da parede (GLEIZE, 2004), comprovando os princípios da lei de massa, de que quanto maior a massa superficial da parede, maior o isolamento acústico proporcionado. Entretanto, a utilização de paredes extremamente pesadas é economicamente inviável, além de reduzirem a área útil das edificações. Então, para se obter um bom isolamento, é importante buscar interromper a transmissão da vibração, através da criação de uma descontinuidade de meios, alternando elementos rígidos e flexíveis na sua construção, seguindo o conceito de “massa-mola-massa”. Este conceito favorece o desempenho térmico dos ambientes. Paredes entre apartamentos ou casas contíguas que recebem esse tipo de EPS, aplicado entre dois panos de alvenarias ou até entre uma alvenaria e um revestimento rígido, têm os ruídos atenuados.

2.4.11. Isolamento térmico em câmaras frias ou frigoríficas

Uma câmara fria ou frigorífica é qualquer espaço de armazenagem, que tenha as suas condições internas controladas por um sistema de refrigeração. Existem basicamente dois tipos de câmaras:

- câmaras de resfriados, cuja finalidade é proteger os produtos em temperaturas próximas de 0 °C.

- câmaras de congelados, cuja finalidade é prolongar o período de estocagem dos produtos, a baixas temperaturas, em geral abaixo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A busca pela redução dos custos de energia elétrica em câmaras frigoríficas, envolve necessariamente vários aspectos. Através do balanço entre a escolha dos materiais construtivos mais adequados, da elaboração de um projeto correto, do cuidado na montagem, e principalmente da supervisão da operação, é que se pode alcançar este objetivo.

A concepção atual de construção de câmaras frigoríficas, leva em consideração a utilização de painéis isolantes pré-fabricados do tipo "sanduíche". Os painéis são constituídos por dois revestimentos metálicos interligados por um núcleo isolante. Este núcleo, responsável pelo isolamento, tem por finalidade reduzir as trocas térmicas indesejáveis e deve ser formado por materiais de baixo coeficiente de condutividade térmica. Estes materiais, na sua grande parte, são porosos, sendo que a elevada resistência térmica se deve à baixa condutividade térmica do ar contido nos seus vazios (CHAGAS, 2006).

Conforme o exposto acima, o EPS tem se mostrado um excelente material para isolamento, tanto em câmaras construídas com alvenaria como pré-fabricadas. A espessura do isolamento deve ser calculada através de diversos fatores, dentre eles o tipo de material, custo e energia gasta na operação.

Inobstante a escolha adequada do material para isolamento da câmara fria ou frigorífica, a elaboração de um projeto adequado de impermeabilização que tem de ser também barreira ao vapor d'água deve receber a mesma importância, tendo em vista que qualquer espaço refrigerado torna-se uma fonte de vapor em virtude da diferença de pressões entre o ar externo e o ar interno da câmara. Assim, não se projeta uma câmara frigorífica sem uma barreira de vapor. A umidade que penetrar no isolamento irá diminuir a eficiência térmica, aumentando a perda de energia, podendo danificá-lo, qualquer que seja o material isolante. Sem uma eficiente barreira de vapor, a vida útil da câmara é consideravelmente reduzida.

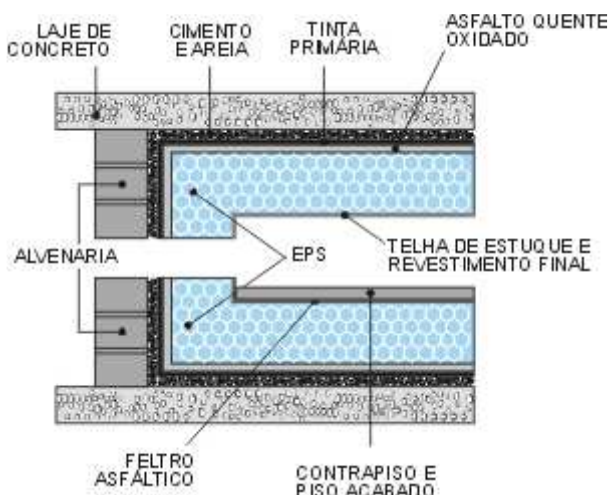


Figura 21 - Isolamento térmico de câmaras frigoríficas.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4.12. Juntas de dilatação

Toda estrutura de concreto está sujeita a tensões, devido a diversas causas, como as de retração plástica do concreto, retrações e dilatações causadas por variações térmicas ou higrotérmicas, carregamento, seja ele estático ou móvel. Parte destas tensões faz com que haja uma sensível redução da vida útil da estrutura caso não sejam devidamente tratadas. O projeto deve prever dispositivos, detalhes construtivos, reforços estruturais e especificações de materiais adequadas a cada tipo de solicitação. Dentre estes dispositivos e detalhes construtivos estão as juntas, que segundo Rodrigues e Gasparetto (1999), podem ser definidas como um detalhe construtivo, que deve permitir as movimentações de retração e dilatação do concreto e a adequada transferência de carga entre placas contíguas.

O EPS pode e vem sendo utilizado freqüentemente para esta finalidade. As juntas de dilatação com EPS são chamadas de juntas de expansão. As juntas de expansão são fundamentais para isolar o piso das outras estruturas como vigas baldrames, pilares, blocos de concreto, bases de máquinas ou outras. Esta é uma premissa que faz com que o piso trabalhe independentemente das outras estruturas existentes.

Nas construções com extensão maior que 35m a presença de junta é imprescindível. É como se a construção tivesse que ser executada em duas partes independentes. Esta junta que divide as duas partes deve ser preenchida com material elástico, de boa durabilidade e resistência, onde o EPS por meio de suas características, é o mais recomendado e utilizado.

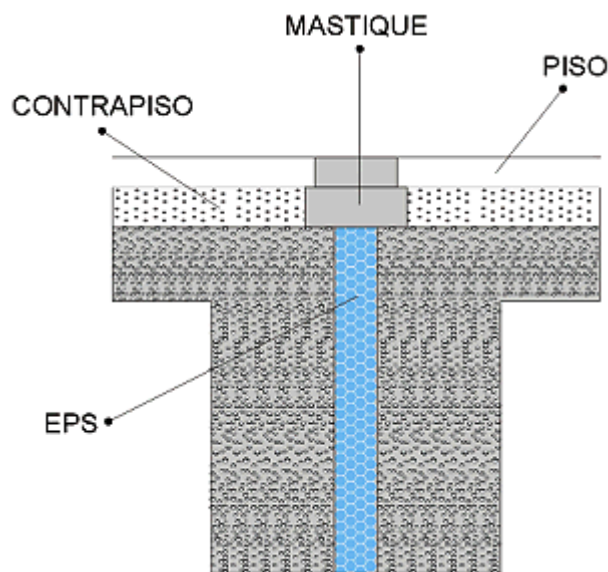


Figura 22 - Detalhe de junta de dilatação.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.4.13. Fundações para estradas

Áreas com solos de baixa capacidade de carga são comuns, trazendo problemas de fundação nas construções principalmente para estradas e outras infraestruturas. Pelo alto custo na substituição e compactação de solo ou nas fundações profundas, criou-se na Europa e hoje já está difundido no mundo, inclusive no Brasil, o processo de aterro com EPS (ABRAPEX, 2000).

Os blocos de poliestireno expandido oferecem uma solução para enchimento de baixo peso nos aterros que precisam ser executados sobre solos com baixa capacidade de suporte (THOMPSETT et al. 1995).

No caso de estradas, coloca-se sobre o solo limpo uma camada de areia nivelada para receber os blocos de EPS que são colocados inteiros e com juntas desencontradas. Coloca-se outra camada sobre a primeira e assim sucessivamente, formando um tronco de pirâmide para distribuir a carga da estrada em uma área compatível com a resistência mecânica do solo.

Thompsett et al. (1995) orientam que estas camadas podem incorporar diferentes classes de poliestireno expandido, ao considerar o gradiente usual de dispersão da carga, ao longo do enchimento de EPS, de 2:1, utilizando-se um material de resistência maior no topo do aterro e de resistência menor nas camadas inferiores. Nas áreas do pavimento não sujeitas ao carregamento pesado (inclinações laterais, margens, bordas), as classes de uma densidade menor são

especificadas freqüentemente, melhorando a economia do projeto. Para definir a classe de poliestireno expandido a utilizar nas diversas camadas do aterro é necessário calcular as forças máximas que agem na espuma nos diversos níveis.

Em seguida devem-se proteger os blocos de eventual derramamento de solvente que possam atacá-los, através de um filme de polietileno. Pode-se partir então para a preparação da base da pavimentação e nas laterais coloca-se terra para plantio das encostas. Concluída a pavimentação obtêm-se estradas de baixo custo de manutenção. Em locais alagadiços, o adequado dimensionamento da drenagem é imprescindível e evita a ação do empuxo nos blocos.

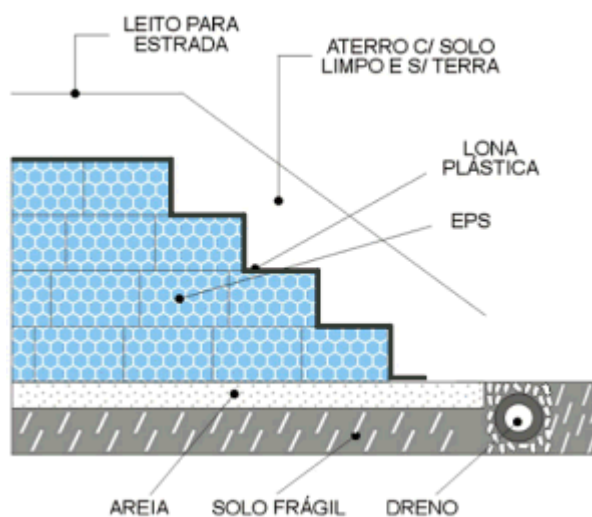


Figura 23 - Fundação para estradas.
Fonte: (ABRAPEX, 2000).

Outra tecnologia inovadora de utilização de EPS na infra-estrutura de estradas é na cabeceira de pontes e viadutos. O uso de blocos de poliestireno expandido como um enchimento leve atrás dos limites da ponte reduz significativamente os esforços laterais na estrutura, podendo oferecer benefícios econômicos no dimensionamento desta e das fundações (THOMPSETT et al. 1995).

A Construtécnica Engenharia, responsável pela construção do Complexo Viário de Várzea Paulista, está substituindo grande parte do aterro que forma o maciço das cabeceiras do viaduto, por blocos de EPS. A técnica utilizada neste tipo de construção é o aterro. Neste novo processo os blocos de EPS suportarão a camada de asfalto e o trânsito pesado do local, diminuindo consideravelmente os

esforços horizontais no tabuleiro da ponte, facilitando o cálculo e reduzindo o dimensionamento da estrutura (CANAL DO TRANSPORTE, 2001).

O sistema foi desenvolvido pela BASF para atender especificamente ao segmento da construção de estradas e foi registrado com o nome de Geofam. Utilizado desde os anos 50 como isolante térmico, o EPS tem sido aplicado em obras rodoviárias de vários países desde a década de 70 e é indicado para substituição de aterros em áreas de solo inconsistente e de baixa resistência. O produto é totalmente inerte, atóxico e não oferece riscos de contaminação ambiental. Além disso, reduz a poluição causada pelo transporte de terra e a agressão ao meio ambiente decorrente das escavações necessárias para obter material de aterro. Ele pode ser utilizado ainda em contenção de encostas e para ajudar a evitar as deformações de estradas e na verticalização dos taludes laterais. Na construção do Complexo Viário em Várzea Paulista foram utilizadas 80 toneladas de Geofam em substituição às 13 mil toneladas de terra necessárias no aterro (CANAL DO TRANSPORTE, 2001).

As fotos abaixo mostram a obra do Complexo Viário de Várzea Paulista, agosto / 2001.





Figura 24 - Imagens do Complexo Viário de Várzea Paulista.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.5. Os pedidos de patentes de produtos ou processos utilizando EPS na construção civil

Visando contribuir com a análise da situação da utilização do poliestireno expandido na construção civil, foi realizada uma busca em toda a base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI (disponível em www.inpi.gov.br) visando verificar a utilização que era dada ao material neste ramo, segundo os pedidos de Patente no órgão.

O INPI é o órgão governamental responsável pela concessão das Patentes de Invenções (invenções de novos produtos ou processos) ou de Modelos de Utilidade (aperfeiçoamento de invenções já existentes), que asseguram a seu titular a exclusividade na sua disposição, fabricação e comercialização.

Assim, verificou-se a existência de diversos pedidos, que foram agrupados segundo sua destinação, a saber:

Foram localizados cinco pedidos de patentes relativos à utilização de EPS para a fabricação de painéis de fechamento ou vedação, sendo: um de painel de isolamento a vácuo de poliestireno e poliuretano (pedido de Patente de Invenção nº 9810324-5), outro de painel fechado pré-fabricado em placa plana de concreto em armação de tela (pedido de Modelo de Utilidade 8403125-5), e um terceiro de painel para revestimento antiruído de fachadas, forros e congêneres (pedido de Patente de Invenção 0406338-4). Também foi objeto de pedido o processo de fabricação de painéis de fechamento e lajotas para laje na construção civil com a utilização de EPS, que é baseado na combinação de gesso com poliestireno expandido (pedido de Patente de Invenção 0300112-1), bem como um sistema construtivo estrutural

termo-acústico, utilizado na estruturação de casas (pedido de Patente de Invenção 0405421-0).

Noutro sentido foram identificados três pedidos relacionados a blocos de concreto. Em um primeiro, o pedido envolvia blocos de construção de alvenarias em geral, constituídos na utilização do EPS no miolo de placas de concreto armado (pedido de Modelo de Utilidade 7703096-6). Outros dois se referem à fabricação de blocos de concreto utilizando materiais recicláveis, com EPS triturado e garrafas plásticas inteiras e tampadas (pedidos de Patente de Invenção 0003542-4 e 0004181-5).

Outra utilização verificada, em cinco pedidos perante o órgão, foi para a construção de lajes, paredes e painéis, sendo: a) um para sistema construtivo para lajes nervuradas com mesa dupla, constituído por um bloco de poliestireno expandido (pedido de Modelo de Utilidade 8202730-7); b) três para sistemas de pré-fabricação de paredes, divisórias e lajes em poliestireno expandido e materiais de alvenaria (pedidos de Modelo de Utilidade 7400820-0, 9504649-6 e 9505326-3); e, c) um em placas pré-fabricadas autoportantes de poliestireno expandido (pedido de Patente de Invenção 9913438-1).

Por fim, foi localizada nos pedidos a utilização do EPS para: preenchimento de compartimentos em uma disposição construtiva introduzida em cantoneira (pedido de Modelo de Utilidade 8402505-0); e, fabricação de estacas utilizando EPS juntamente com concreto tradicional (pedido de Patente de Invenção 0301635-8); revestimento termo-acústico de telha metálica (pedido de Modelo de Utilidade 7400155-8).

Estes diversos pedidos evidenciam a efetiva utilização deste material na construção civil, e sua importância, conforme vem sendo demonstrado no decorrer da presente pesquisa, destacando-se sua utilização para a construção de lajes e painéis, considerando os benefícios econômicos, ambientais advindos da utilização de materiais reciclados e também relacionados a sua contribuição no isolamento térmico e acústico.

2.6. Controle Ambiental dos Resíduos

Este capítulo visa desenvolver o conceito de resíduo sólido, suas conseqüências e as principais formas de tratamento do problema. Assim, serão apresentadas inicialmente a conceituação de resíduo e suas origens. Em seguida serão mostradas as principais formas de controle dos resíduos e as alternativas de reaproveitamento do EPS, de forma a desenvolver não só um conhecimento técnico, mas também um espírito crítico sobre o problema. Entende-se que a abrangência do tema é bastante ampla, envolvendo enfoques diferentes, dependendo da diversidade de formação dos indivíduos.

2.6.1. Resíduos Sólidos: Conceituação

O homem é capaz de transformar em larga escala os materiais e tornar estáveis substâncias e produtos, colocando-os no meio sob formas que o ambiente naturalmente não conhece e não tem capacidade de absorção nem mesmo em longo prazo.

Quanto maior for essa escala, maiores serão as adaptações e transformações do ambiente natural, maiores serão a diversidade e a velocidade de recursos extraídos, maiores serão a quantidade e a diversidade dos resíduos gerados e menor será a velocidade de reposição desses recursos. O agravamento se evidencia quando se une a essa capacidade o fenômeno do crescimento populacional observado nas últimas gerações, aumentando a demanda com relação ao suprimento de matérias-primas, alimento e energia, podendo comprometer a qualidade de vida das gerações futuras. Esse compromisso com as gerações futuras é o princípio do que se denomina crescimento sustentável. Assim, espera-se que esta geração e as futuras usem a capacidade que o homem possui de transformar as matérias, porém de forma sustentável.

Neste contexto, em função da sua complexidade, torna-se necessária a atuação conjunta dos diversos agentes envolvidos, numa abordagem multidisciplinar, em busca de soluções reais pra uma gestão ambiental eficaz.

Atualmente, um dos maiores desafios da humanidade é a prevenção e o controle da poluição ambiental. Dentre as diversas formas de poluição, uma das mais preocupantes é a representada pelos resíduos sólidos, em especial o resíduo

plástico, da qual o EPS faz parte, pois sua degradação espontânea demanda muito tempo e ocupa muito espaço nos locais de destinação final.

Do ponto de vista ambiental, existem três classes diferentes de poluição: a poluição atmosférica, a contaminação das águas e os resíduos sólidos. A palavra resíduo, aliada à palavra sólido, possui um significado técnico específico definido por norma técnica:

...”resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (NBR 10004/1987).

2.6.2. A situação dos resíduos sólidos no Brasil

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) relativos ao saneamento básico no ano de 2000 apontam que das cerca de 230 mil toneladas de resíduos geradas por dia no Brasil, cerca de 22% são destinadas a vazadouros a céu aberto ou lixões. A maioria absoluta, cerca de 75%, destinam-se a aterros controlados ou sanitários.

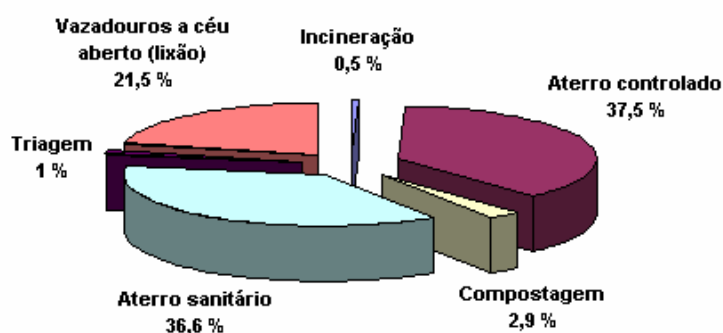


Figura 25 - Perfil da destinação dos resíduos por quantidade no Brasil.
Fonte: (IBGE, 2002).

Pela pesquisa e pela figura acima constatou-se que 41,0% dos resíduos coletados recebiam destinação final adequada e 59,0% eram destinados inadequadamente. A disposição final em aterros sanitários, estações de triagem, reciclagem, compostagem e incineração através de equipamentos e procedimentos próprios para este fim foram considerados sistemas de tratamentos adequados. Já o lançamento de resíduos em vazadouros a céu aberto, em locais não fixos e outros destinos e, em aterros controlados, foram considerados inadequados.

Os lixões são formas de disposição final de resíduos sólidos a céu aberto. São caracterizados pela simples descarga dos resíduos sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública (IBGE, 2002). Embora seja a forma mais inadequada, os lixões ainda são uma forma muito utilizada de disposição de resíduos no Brasil. Conforme mostra a tabela 2, em cerca de 70% dos distritos que possuem serviços de limpeza urbana, ainda existem vazadouros a céu aberto. Ou seja, apesar de a maioria dos resíduos ser disposta em aterros, o número de vazadouros a céu aberto é extremamente elevado, mais que o dobro do número de aterros.

Tabela 2 - Distribuição das formas de destinação e tratamento de resíduos sólidos no Brasil.

Destinação	Quantidade (unid.)
Distritos com serviços de limpeza urbana e/ ou coleta de lixo	8.381
Vazadouro a céu aberto (lixão)	5.993
Aterro controlado	1.868
Aterro sanitário	1.452
Aterro de resíduos especiais	810
Usina de compostagem	260
Usina de reciclagem	596

Fonte: (IBGE, 2002).

Os aterros controlados utilizam princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Esta alternativa é preferível aos lixões, porém considerado um sistema de tratamento inadequado, pela ausência de coleta e tratamento dos gases e dos líquidos gerados e pela falta de impermeabilização da base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas).

Para atender as exigências impostas pela legislação ambiental, aterros mais modernos foram introduzidos. Os aterros sanitários destinam-se à disposição final do lixo, onde são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais específicas para confinar os resíduos com segurança, do ponto de vista do controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública (IBGE, 2002). A disposição em aterros sanitários constitui-se na melhor alternativa para os resíduos que não possuem valores a recuperar, ou seja, não podem ser reciclados e nem incinerados. A reciclagem e a incineração, nesta ordem de hierarquia, contribuem para a redução do volume de resíduos a ser disposto e o aumento da vida útil dos aterros (VALLE, 1995).

A incineração é a queima dos resíduos sólidos, destruindo-os descaracterizando-os e transformando-os em cinzas, permitindo a redução drástica do volume de resíduos a serem dispostos. É a solução mais adequada para o lixo séptico, aquele proveniente de hospitais e estabelecimentos de serviços de saúde.

A estação de triagem para a reciclagem é a instalação apropriada para a separação e a recuperação de materiais usados e descartados presentes no lixo, e que podem ser transformados e reutilizados. Quando o município realiza a coleta seletiva o material que nela chega é mais limpo e seco, facilitando a triagem pelos trabalhadores, tornando a separação mais rápida e eficiente. Na ausência de estações de triagem, a separação dos resíduos pode ser efetuada nos próprios lixões, nas associações ou cooperativas de catadores, etc.

Atualmente os lixões e os aterros, controlados e sanitários, são as formas mais usuais de destinação dos resíduos sólidos gerados no Brasil, conforme pode ser verificado na figura 25. Entretanto, tais alternativas não são as soluções mais adequadas para a problemática da destinação desses resíduos. O adequado gerenciamento dos resíduos sólidos torna-se necessário, com o objetivo de evitar ou minimizar os agravos à saúde e à poluição ambiental, como também manter aspectos estéticos e de bem estar para a população, contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Nos últimos anos, a reciclagem tem ganhado muita importância como método de tratamento dos resíduos sólidos, surgindo então como uma alternativa que permite o reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima, reincorporando-os ao processo produtivo, reduzindo o seu impacto ambiental.

Dentre os materiais recicláveis, o plástico representa um resíduo de grande aceitação para ser submetido ao processo de reciclagem (WIEBECK, 1997 apud ROLIM, 2000).

De acordo com informações da Abrapex (2000), o EPS é caracterizado como um material plástico na forma de espuma com microcélulas fechadas, composto basicamente de 2% de poliestireno e 98% de vazios contendo ar, na cor branca, inodoro, 100% reciclável, não poluente, fisicamente estável.

Os dados de um artigo do Grupo Polimex (1997) intitulado como “Reciclabilidade y Ecologia” mostram que o EPS é um material inerte quimicamente, não é biodegradável, isto é, não se decompõe, não se desintegra, não desaparece no ambiente e não contém CFC; com isso não contamina quimicamente o solo, a água ou o ar, mas constitui-se de um problema ambiental se não reciclado, pois é um material considerado eterno e ocupa muito espaço devido a sua baixa densidade, causando problemas nos lixões ou aterros sanitários.

Neste contexto, e nos outrora citados, é que se busca a seguir descrever as principais formas existentes de reaproveitamento e reciclagem de resíduos de EPS, visando uma divulgação das possibilidades como alternativas para a minimização de seus impactos no ambiente.

2.6.3. Das possibilidades do reaproveitamento de EPS

Os diversos processos para o reaproveitamento e a reciclagem dos materiais à base de EPS são aplicados conforme a utilização final do produto. Os rejeitos podem ser processados para incorporação na moldagem de novas placas e blocos, para uso como substratos no melhoramento de solo, para drenagens e jardineiras, na aeração de substâncias para melhoria da decomposição, podem ser reutilizados na construção civil ou até gerar energia elétrica ou calorífica por combustão direta.

Embasados na nova visão sobre um velho desafio que é o desenvolvimento, qualquer forma de reciclagem deve estar relacionada com o meio ambiente e não somente aliada à relação econômica tradicional. Quando se interrompe a cadeia de produção de um produto inserindo matéria prima reciclada, diminui-se parte do processo de fabricação, o que conseqüentemente traz economias, tanto em termos de custos diretos e conservação de energia como em termos de preservação do meio ambiente.

Existem vários processos para reaproveitamento e reciclagem de resíduos de EPS, conforme mostra o fluxograma abaixo, recebendo destaque a: geração de energia, retorno como matéria-prima, aeração de solo e concreto leve.

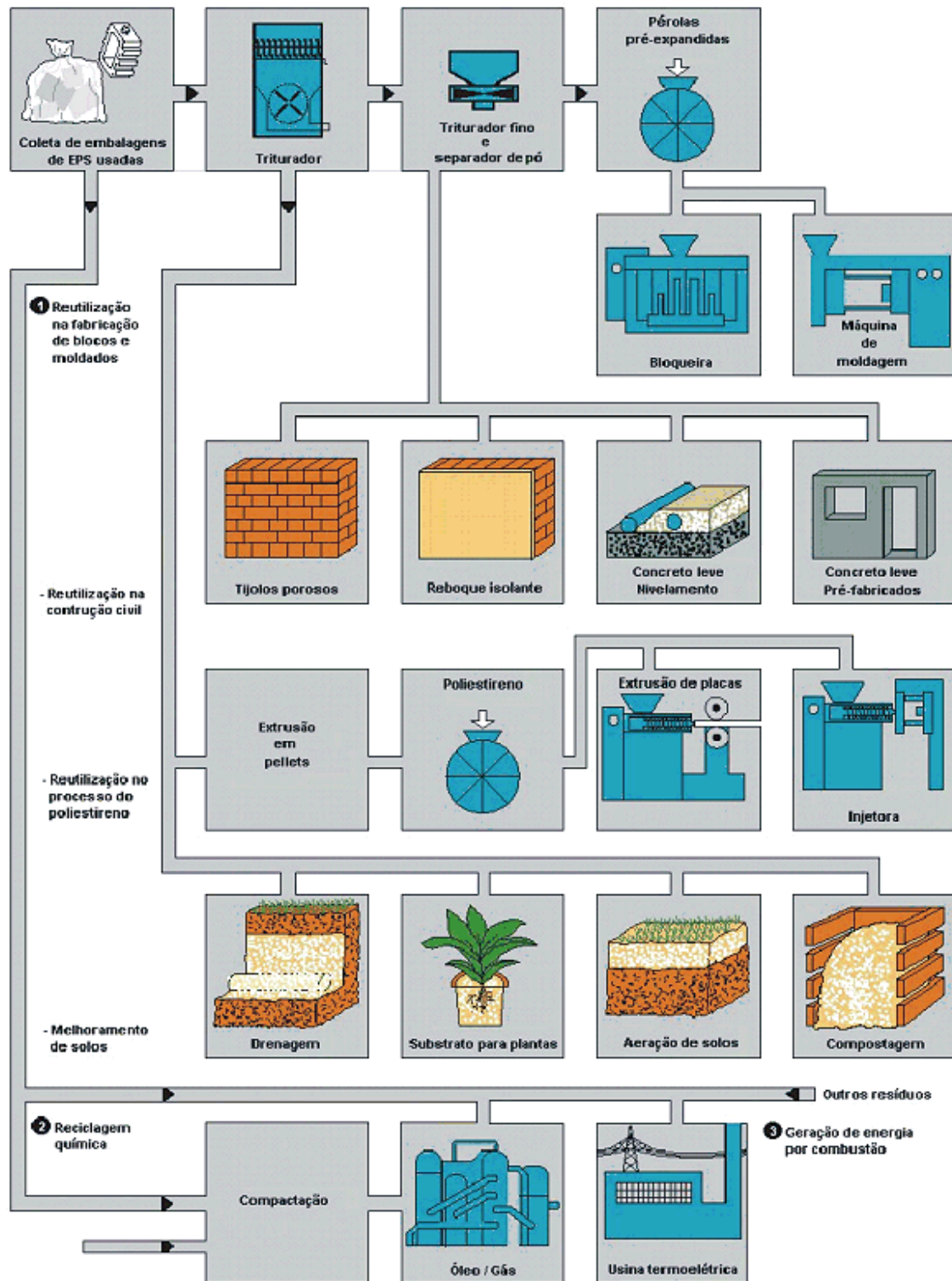


Figura 26 - Processos implantados com sucesso para a reciclagem.

Fonte: (ABRAPEX, 2000).

2.6.3.1. Retorno como matéria-prima

Ao ser reciclado, o EPS pode ser utilizado novamente como matéria prima. Os resíduos são moídos e reincorporados no processo de fabricação de blocos e peças, sendo misturados com material virgem. Segundo as aplicações e os processos, pode-se chegar a taxas de incorporação superiores a 50% (ACEPE, 2005).

Indústrias que produzem blocos de EPS podem reincorporar os resíduos provenientes de seu próprio processo de produção (aparas) para a fabricação de novos produtos. Pinto (1995), afirma que 100% dos resíduos termoplásticos pré-consumo ou pós-industrial são reciclados e a qualidade dos artefatos produzidos com esse material é essencialmente a mesma daquela obtida com a utilização de resinas virgens. A reciclagem pós-consumo, ou seja, aquela proveniente do descarte de produtos pelos consumidores, também pode ser uma alternativa aos resíduos de EPS, exigindo, contudo uma boa separação para poderem ser reaproveitados.

Um acordo entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a empresa de Joinville – Termotécnica, está reciclando parte do material produzido no Estado, depois de mais de um ano de pesquisas nos laboratórios do departamento de engenharia química e de alimentos da universidade. Características apontadas importantes, que dificultam o transporte, podendo tornar inviável a reciclagem do EPS, são a sua leveza e o seu volume. Embora sendo muito leve, é um material que ocupa muito espaço. Primeiramente, os pesquisadores desenvolveram um equipamento para aglomerar o material, facilitando o transporte e diminuindo os custos para em seguida transformar o resíduo em um novo produto. Atualmente, fruto de um trabalho de 20 pesquisadores, entre químicos, engenheiros e técnicos de laboratório, mantém-se uma fórmula de 30% de resíduos de EPS com 70% de poliestireno, formando um novo EPS. O projeto está sendo benéfico para os três lados: a universidade recebe investimentos privados e abre mercado de estágio para seus alunos, a empresa utiliza o know-how para se tornar a primeira do Brasil a reciclar o EPS, refletindo no meio ambiente os benefícios advindos do processo (SETOR RECICLAGEM, 2005).

Silveira e Grote (2001), em seu estudo sobre análise termodinâmica de um processo de reciclagem de poliestireno expandido em uma indústria que produz blocos de EPS no Sul de Minas Gerais, concluíram alguns pontos que favorecem e

estimulam o reaproveitamento dos rejeitos de EPS no ciclo de fabricação de novos produtos. Dentre eles destacam-se a redução indireta dos impactos ambientais associados ao sistema primário, em termos de emissões de CO₂, como também pelo aspecto de redução de uso de insumos energéticos (petróleo, combustível e eletricidade). Em termos energéticos, os resultados indicaram que no caso da reciclagem P1R (caso de EPS com densidade tipo PI - 12 a 16 Kg/m³, com resíduos mais limpos na proporção de mistura 30%), ocorrem consideráveis reduções de uso de combustível, cerca de 17,9%; de calor fornecido ao material (calor de processo), cerca de 17,8%; de eletricidade cerca de 16,4%, com considerável redução de perdas de calor de processo (condensado, tanque de descanso e bloqueira) ao meio ambiente, num percentual de 23,0%. No caso da reciclagem REC (caso de EPS com densidade tipo PI, com uso de resíduos mais sujos na proporção 40%), os percentuais de redução são mais significativos, com valores de 23,9% no uso de combustível, 23,7% de calor de processo fornecido ao material, 22,5% de eletricidade e 30,7% nas perdas de calor, ficando evidente o benefício energético oriundo da reciclagem.

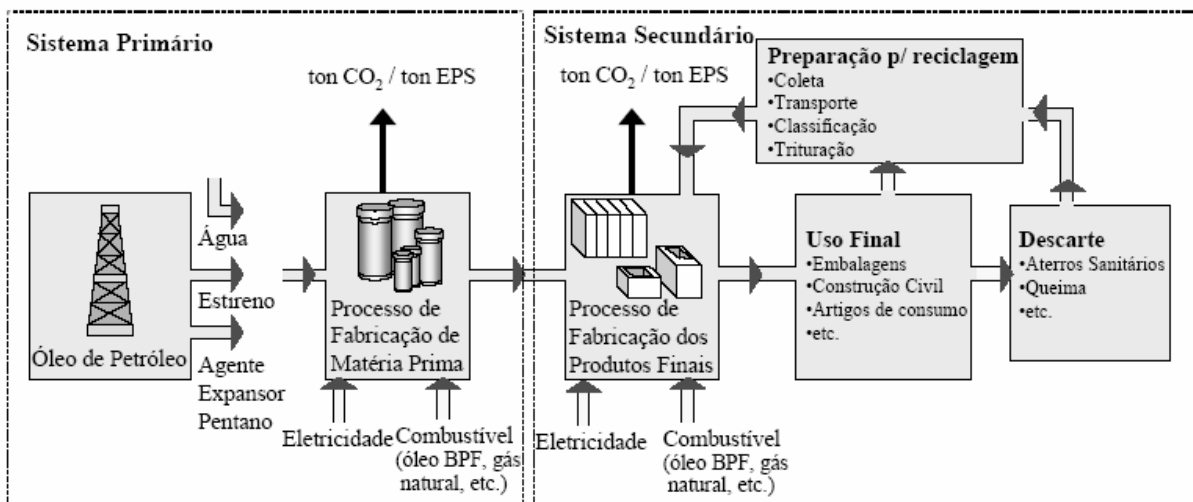


Figura 27 - Esquema do ciclo de vida do EPS considerando sua reciclagem.

Fonte: (SILVEIRA E GROTE, 2001).

Outra alternativa para a reciclagem de EPS, está sendo desenvolvida por um grupo de pesquisadores brasileiros na Universidade Federal de Minas Gerais com o apoio do Programa Tecnológico do Sebrae. O estudo consiste na utilização de bandejas de alimentos e embalagens como matéria-prima de um produto para

impermeabilizar fachada de tijolos, concreto e madeira. Os pesquisadores desenvolveram uma base química na qual o isopor é dissolvido, dando origem ao impermeabilizante. O próximo passo da pesquisa é fazer um teste de envelhecimento para saber se o verniz de EPS resiste à ação de intempéries (INSTITUTO AKATU, 2004).

2.6.3.2. Geração de energia

Outra solução alternativa para reduzir o fluxo destinado aos aterros, é a combustão limpa dos resíduos de EPS com recuperação da energia liberada. Pode também ser entendida como a queima controlada do resíduo plástico buscando recuperar a energia contida nele derivada de sua origem. Distingue-se da incineração por utilizar os resíduos plásticos como combustível na geração de energia elétrica.

Como todos os plásticos, o EPS contém um alto poder calorífico. A energia contida em 1 kg de EPS é equivalente à contida em 1,3 Kg de óleo combustível. Cerca de 15% da reciclagem de plásticos na Europa Ocidental é realizada via reciclagem energética. A utilização de resíduos de EPS como fonte energética reduz a necessidade de consumir combustíveis fósseis, conservando os recursos naturais. No que diz respeito às emissões provenientes da combustão do EPS nas incineradoras (1000 °C), estas são análogas às dos outros combustíveis - vapor de água, dióxido de carbono e quantidades diminutas de cinzas não tóxicas (ACEPE, 2000).

2.6.3.3. Aeração de solos

Como melhoramento de solo, o reaproveitamento de EPS pode ser utilizado na drenagem, substrato para plantas, aeração de solos. O uso de EPS incorporado à argila faz com que a água penetre mais facilmente no solo, levando adubo para as raízes. Na jardinagem pode ser utilizado junto com a brita como substrato para plantas, principalmente para orquídeas. Em gramados e campos de futebol, permite a drenagem das águas pluviais (SILVEIRA, 2005).

2.6.3.4. Concreto leve

Municípios que contam com coleta seletiva de lixo podem utilizar o EPS moído na produção de concreto leve para regularização de lajes em geral, calçadas, sub-base para pisos de acabamento, enchimento de rebaixos, quadras esportivas, casas pré-fabricadas, painéis de vedação, enfim, quase tudo que se faz com concreto à exceção de estruturas.

Curitiba foi a primeira cidade brasileira a reaproveitar o EPS que estava sendo depositado como lixo nos aterros sanitários. A idéia do projeto envolvia o reaproveitamento do EPS em substituição ao agregado graúdo na confecção de concreto leve (mistura de cimento, areia, adesivo e EPS). Para desenvolver este trabalho, também em caráter social, a Abrapex contou com um importante parceiro para implementar o projeto piloto: o Instituto Pró-Cidadania de Curitiba – uma Organização não Governamental criada em 1993.

Além de reaproveitar o EPS para a fabricação de produtos, o projeto lançado em Curitiba também prevê o desenvolvimento de novas tecnologias. Em parceria com o Instituto Pró-Cidadania, uma equipe de alunos e professores do Cefet-PR (Centro Federal de Educação Tecnológica) vai desenvolver uma pesquisa sobre a construção de casas utilizando o concreto leve. Os estudos vão incluir ensaios técnicos para verificar dados como a resistência do isopor ao fogo, à compressão e à dilatação (CIDADES DO BRASIL, 2001).

No Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, pesquisas estão sendo desenvolvidas na área de construção civil, utilizando resíduos como materiais alternativos (compósitos), visando a redução dos custos, melhorias no aspecto termo-acústico, durabilidade e agilidade de execução. No protótipo denominado “Unidade Conhecimento” foram utilizados resíduos tais como: o isopor (EPS), garrafas plásticas inteiras recicladas (PET), para confecção de blocos em concreto leve (ISOPET), e raspas de pneus provenientes de processo de recauchutagem, como parte do agregado miúdo, na execução de contra-piso. Nesta unidade, estão sendo analisados aspectos importantes da região, como: a falta de moradia, a grande quantidade de resíduos gerados e o problema com a escassez de areia. Esta tecnologia contempla o reaproveitamento do isopor, pneus e garrafas plásticas, sem gasto de energia (ANBIO, 2001).

No Brasil, onde o déficit habitacional é alto e os recursos financeiros disponíveis para aplicação em programas habitacionais são escassos, em função do custo de implantação aliado ao crescente estágio de esgotamento de certos recursos naturais, como é o caso da areia em Curitiba/ PR, os resíduos de EPS constituem-se em uma alternativa.

Além da contribuição para a melhoria do conforto térmico dos usuários das edificações, o reaproveitamento do EPS na forma de agregado para a construção civil, também permite reduzir o impacto causado pelo descarte deste material no meio ambiente.

3. METODOLOGIA

A metodologia usada nesta pesquisa foi estruturada da seguinte forma:

a) identificação das fontes de informações nacionais e internacionais, relacionadas com o tema.

b) Levantamento das alternativas existentes para a aplicação do EPS na construção civil, tanto em matéria-prima virgem quanto reciclada, em fontes bibliográficas, publicações científicas, dissertações, teses, artigos, universidades (UNOCHAPECÓ E UFSC).

c) Levantamento dos pedidos de patentes de produtos ou processos relacionados ao EPS na construção civil, em busca na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial, visando verificar a utilização do EPS neste ramo, segundo os pedidos de Patente no órgão.

d) Com a finalidade de permitir o balizamento da realidade construtiva da região de Chapecó/SC na utilização de tecnologias associadas ao Poliestireno Expandido, foi realizada uma pesquisa entre as empresas associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil – SINDUSCON (apêndice A3) para obter dados referentes à utilização do material nas obras de construção civil, à origem do EPS (fornecedores), se a empresa trabalha com o material no estado virgem ou reciclado, para quais finalidades e aplicações a empresa utiliza o EPS; qual a avaliação que a empresa faz perante o desempenho do produto, etc. Toda a coleta de dados foi efetuada por meio de entrevistas pessoais às empresas, procurando demonstrar através de registros fotográficos as várias aplicações do material.

e) Envio de questionário às empresas privadas, órgãos públicos, associações e cooperativas de catadores, (apêndice A2) responsáveis pelo tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Chapecó, a fim de obter um panorama da destinação dos resíduos de EPS na cidade.

f) Levantamento das alternativas para reaproveitamento de EPS na cidade de Chapecó, em especial no campo da engenharia, com entrevistas e questionários (apêndice A1) a pessoas e empresas que atuam no processamento de resíduos de EPS, na cidade, visando identificar as principais formas de valorização, processo de tratamento utilizado, mercado para o material reciclado e impacto ambiental advindo do processo de tratamento.

g) Análise da capacidade de absorção dos resíduos de EPS descartados, pela indústria da construção em relação aos outros processos de reaproveitamento existentes, através do levantamento dos dados referentes as formas de aproveitamento para a construção no Brasil, verificando qual a parcela de resíduos que poderia ser direcionado para este setor.

h) Apresentação e análise dos resultados, tendo em vista as aplicações levantadas ao uso do material, os fatores que condicionam o uso e aproveitamento dos resíduos pela construção civil.

i) Importância da construção civil na redução do volume de resíduos de EPS.

j) Registro dos dados e informações obtidas nos itens anteriores.

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo trata de todo o levantamento, tratamento e processamento de dados de campo que foram necessários à realização da pesquisa cujo objetivo geral foi avaliar as diferentes aplicações do EPS como material para Construção Civil assim como o potencial de aproveitamento de seus resíduos.

4.1. O uso de EPS nas obras de construção civil em Chapecó/SC

4.1.1. Da utilização

Inicialmente, efetuou-se uma pesquisa de campo (2005/2206), com 25 empresas associadas ao SINDUSCON de Chapecó/SC que atuam no mercado de construção de obras civis, sendo elas: Bellei Salvador Arquitetura Engenharia Construções Ltda, Construtora Catarinense Ltda, Construtora e Incorporadora Criativa Ltda, Construtora Incorporadora Nostra Casa Ltda, Construtora Mocelim Ltda, Construtora Oliveira Ltda, Construtora Santafé Ltda, Construtora Stormovski Ltda, Dimensão Artefatos de Cimento Ltda, JBW Construções Ltda, Embracol, Engecadi Indústria e Comércio de Pré-Fabricados, Horus Engenharia de Obras Ltda, Katedral Empreendimentos Imobiliários, Kauffmann Construtora Ltda, Mattiello Locadora de Serviços Ltda, Maciço Construções Ltda, Neocon Pré-Moldados Estruturais Ltda, Padrão Engenharia de Obras Ltda, Prumo Construtora e Incorporadora Ltda, Rotesma Artefatos de Cimento Ltda, Rotesma Engenharia e Construções Ltda, Santa Maria Engenharia e Construções Ltda, Scala Engenharia e Construções Ltda, Superti Antonini Ltda. Esta amostra foi retirada de um total de 38 empresas associadas. Deste total, podemos classificar da seguinte forma as empresas que não participaram da pesquisa:

- 3 empresas não atuam na cidade de Chapecó/SC, sendo 1 de Quilombo/SC, 1 de Coronel Freitas/SC e 1 de Cunha Porã/SC;
- 1 associada presta serviços apenas na área de estruturas metálicas;
- 1 empresa presta somente serviços topográficos e agrimensura;
- 1 atua especificamente no ramo de instalações;
- 1 empresa é de britagem, atuando apenas na produção de britas;
- 2 empresas não estavam em atuação no período da pesquisa;

- 4 empresas não foram contatadas (dificuldade de horários disponíveis ou falta de interesse em participar).

A representatividade da amostra ficou em torno de 86%, levando em consideração as questões acima evidenciadas.

A obtenção de dados foi realizada com base em questionário (apêndice A3) aplicado pessoalmente às empresas supracitadas, com a finalidade de avaliar as reais aplicações do EPS nas obras de construção civil do município. Paralelamente foram levantados os dados relativos à utilização de EPS reciclado, assim como as vantagens, desvantagens e as intervenções à utilização das técnicas associadas ao Poliestireno Expandido, tanto como matéria-prima virgem quanto reciclada. A pesquisa possibilitou determinar um percentual de empresas que utilizam EPS nas obras de construção civil, conforme mostra a figura abaixo.

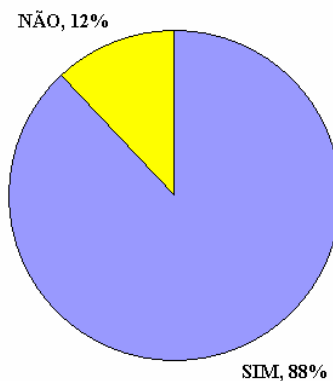


Figura 28 - Percentual de empresas associadas ao SINDUSCON de Chapecó/ SC que utilizam EPS.

A maioria das empresas entrevistadas utilizou ou utiliza tecnologia associada ao EPS nas suas obras. Este percentual revela uma grande aceitação do produto como material para a construção civil, apresentando uma gama diferenciada de aplicações em função da finalidade a que se destina. Dentre as empresas que utilizam produtos em EPS, 18% utilizam somente a matéria-prima virgem, 82% utilizam tanto a matéria-prima virgem quanto reciclada e não foi constatada nenhuma empresa utilizando apenas matéria-prima reciclada.

Considera-se aqui como matéria-prima virgem àquela proveniente diretamente da indústria, sem a incorporação de resíduos, sejam estes pré-consumo ou pós-consumo.

- pré-consumo ou pós-industrial: resíduos que provêm principalmente de sobras e aparas do processo de produção industrial.
- pós-consumo: resíduos provenientes do descarte de produtos pelos consumidores (PLASTIVIDA/ABIQUIM, 1997).

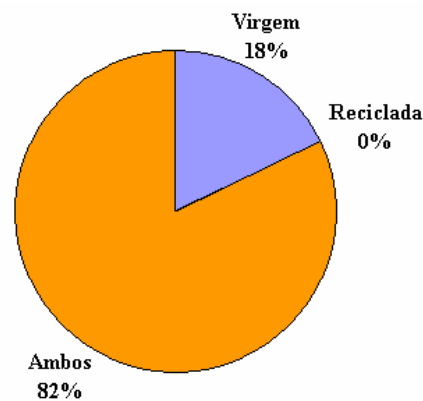


Figura 29 - Percentual de utilização de EPS em matéria-prima virgem, reciclada e ambas.

A figura 29 revela que a utilização do EPS virgem conjuntamente com o reciclado é prática nas empresas construtoras, não havendo uma resistência ao uso de material reciclado. No entanto, certas aplicações demandam uma análise criteriosa das propriedades do material, exigindo certas características, para que os requisitos de desempenho pré-estabelecidos sejam atendidos. Caso a incorporação de resíduos atenda as propriedades especificadas para determinado uso, a sua utilização deve ser incentivada, como alternativa de reciclagem e reaproveitamento, visando uma redução de impactos ambientais, advindos da falta de gerenciamento e tratamentos adequados que são dados a estes resíduos atualmente.

4.1.2. Das aplicações

A gama diferenciada de aplicações encontradas na região de Chapecó/ SC, pelas 25 empresas pesquisadas, ao uso de EPS, pode ser observada na figura abaixo, a qual apresenta 11 aplicações possíveis e o percentual de empresas que utilizam.

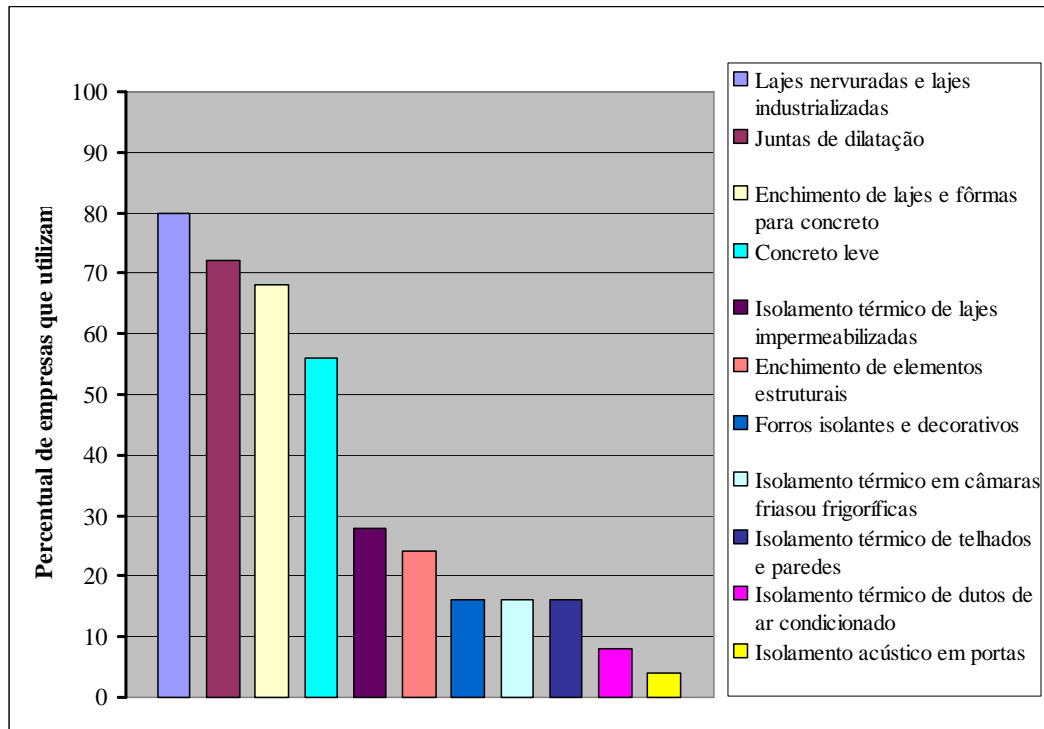


Figura 30 - Aplicações de EPS pelas empresas associadas ao SINDUSCON de Chapecó/ SC.

Visando relatar as diversas aplicações levantadas pelas empresas ao uso de EPS, optou-se por adotar uma descrição corrida e em ordem crescente de incidência, conforme a figura 30.

- As lajes nervuradas e as lajes industrializadas foram apontadas como aplicação do EPS por 80% das empresas entrevistadas, ficando clara a sua representatividade no consumo do material nas obras de construção civil na cidade de Chapecó/ SC.



Figura 31a – Laje nervurada com emprego de blocos de EPS.



Figura 31b – Laje pré-fabricada unidirecional com emprego de blocos de EPS.



Figura 31c – Laje pré-fabricada bidirecional com emprego de blocos de EPS.



Figura 31d – Laje pré-fabricada unidirecional com emprego de blocos especiais de EPS.

Figura 31 – Lajes nervuradas e lajes industrializadas.

Várias foram as vantagens apontadas ao uso do EPS na execução de lajes, prevalecendo o alívio no peso próprio da estrutura e a capacidade de isolamento térmico. Segundo relato das empresas construtoras, as lajes com espessuras de até 12 cm utilizam como material de enchimento, tabelas cerâmicas. A partir de 16 cm de espessura, a preferência por enchimento em EPS é predominante. Esta preferência deve-se ao peso reduzido do material, sua capacidade de isolamento e a possibilidade de se projetar grandes vãos com cargas elevadas, além da facilidade de manuseio comparado aos materiais utilizados para o mesmo fim.

No que tange às desvantagens, a baixa aderência do reboco ao EPS foi apontada como predominante. Neste sentido, blocos especiais de EPS para enchimento de lajes industrializadas foram desenvolvidos com o intuito de minimizar este aspecto da baixa aderência. Pode-se observar na figura 31d que a superfície inferior dos blocos de EPS apresentam uma certa rugosidade capaz de proporcionar uma interface melhor entre o revestimento e o EPS. Inobstante, recomenda-se a incorporação de um aditivo adesivo no chapisco à base de acrílico ou PVA. A aplicação do chapisco com rolo irregular também é uma técnica utilizada para facilitar a etapa de execução do revestimento.

Outros blocos especiais destinados às lajes industrializadas estão disponíveis no mercado, conforme mostra a figura 32. O primeiro apresenta a geometria análoga aos blocos de cerâmica, com a considerável vantagem de facilidade de manuseio e corte inerente ao seu peso reduzido. O segundo bloco consiste em uma base fixa de

EPS, onde através da altura de laje necessária, determina-se a espessura da parte superior, podendo-se com isso, abranger as mais variadas alturas de lajes.



Figura 32 - Blocos especiais de EPS para lajes industrializadas.

- A segunda aplicação com destaque no uso de EPS foi juntas de dilatação, onde 72% das empresas utilizam o material. Vem sendo aplicado amplamente em pisos industriais, para isolar o piso de estruturas como pilares, vigas baldrames, blocos de concreto, bases de máquinas ou outras, de forma a proporcionar uma descontinuidade do piso com as outras estruturas existentes. Nas juntas de dilatação entre elementos estruturais, em obras que ultrapassem 35m de extensão, utiliza-se também o EPS como material para preenchimento.



Figura 33a – Junta de dilatação com EPS em elemento estrutural.



Figura 33b – Junta de dilatação com EPS em pisos industriais.

Figura 33 - Juntas de dilatação em EPS.

- Enchimentos de lajes e fôrmas para concreto também tiveram uma participação significativa no uso de EPS. Atualmente, grande parte das construtoras utiliza no contrapiso de suas obras o enchimento conjugado com flocos de EPS, em função da espessura necessária para nivelamento, muitas vezes elevada, seja por questões de execução ou de cálculo estrutural. Esta técnica consiste na incorporação de flocos de EPS na argamassa com o intuito de se obter um enchimento leve e econômico, em face de parte da matéria-prima poder ser reaproveitada em substituição aos materiais tradicionalmente utilizados. A produtividade de execução do contrapiso com enchimento leve é superior ao do contrapiso convencional, em virtude da leveza tanto no preparo, quanto no transporte e espalhamento. Sobre o enchimento leve aplica-se uma camada de 2cm de argamassa sem incorporação de agregados leves.



Figura 34 - Contrapiso executado com incorporação de resíduos de EPS.

Este enchimento nada mais é do que a composição de um concreto leve constituído por cimento, areia, água e flocos de EPS, em proporções adequadas. Pode ser facilmente preparado em betoneiras, não exigindo o uso de equipamentos especiais. Percebeu-se através das entrevistas com as empresas construtoras uma ampla variação na composição dos traços destinados à produção dos concretos leves, sendo estes utilizados principalmente para enchimento e regularização de lajes em geral com reaproveitamento de material. Isto explica o fato da proximidade nos percentuais encontrados para enchimento de lajes (68%) e concreto leve (56%). A pequena diferença deve-se também à utilização de placas de EPS como material

de enchimento e ao percentual atribuído à utilização de EPS em formas para concreto.



Figura 35 - Preparação de concreto leve de EPS em betoneira.

Em relação às formas para concreto, abordou-se a utilização de EPS como fôrma de fundo de viga, no caso de paredes cegas, onde a alvenaria é executada anteriormente à estrutura. A priori elevam-se as alvenarias e, em seguida concretam-se os pilares e as vigas. Este método executivo é recente, e demanda a utilização de um material entre a parede e a viga, a fim de que as tensões de deformação provocadas pela estrutura sejam absorvidas pelo material e não transmitidas aos elementos de vedação, evitando o aparecimento de fissuras e trincas. No caso da utilização do material EPS para esta finalidade, o projetista estrutural, vai poder especificar as características exigíveis (espessura e densidade), baseado nas flechas máximas das vigas.

Esta técnica reduz mão-de-obra e material necessários à execução de fôrmas e escoramentos.



Figura 36 - EPS como fôrma de fundo de viga, sobre parede cega de alvenaria.

- Aproximadamente 30% das empresas direcionaram o uso de EPS para o isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, com predominância pela proteção térmica sobre a impermeabilização. Concluída a laje e sua regularização, com as declividades necessárias para o escoamento de água, e após a aplicação da impermeabilização, são colocadas as placas de EPS e sobre estas é feita a proteção mecânica de argamassa desempenada. Dependendo das dimensões do pano de laje, o projeto de juntas de dilatação torna-se imprescindível para o adequado funcionamento do sistema. Segundo as empresas, a preferência pela proteção térmica sobre a impermeabilização é devida ao fato daquela proporcionar um aumento na vida útil desta.

- Como enchimento de elementos estruturais, o EPS constitui-se em alternativa de fácil aplicação, tanto para se obter formas mais complexas de elementos estruturais quanto para a otimização do seu dimensionamento no caso de impossibilidade de alteração das dimensões. Cerca de 25% das empresas citaram o uso do EPS para enchimento de elementos estruturais, compreendendo pilares, vigas e castiçais.



Figura 37 - Enchimento de elementos estruturais em EPS.

Na figura acima, tem-se um exemplo da aplicação do EPS como enchimento de pilares em uma obra cujos elementos estruturais não possuíam flexibilidade para alteração nas dimensões. Em função das dimensões dos pilares serem superiores às necessárias para a carga atuante, tornou-se conveniente o uso do EPS no seu interior, permitindo assim uma otimização no seu dimensionamento e um alívio no peso do elemento estrutural, característica relevante para elementos pré-fabricados sujeitos a etapas de transporte e montagem.

Nas vigas, o uso de EPS é destinado para casos em que haja necessidade de aberturas para passagem de tubulações. A incorporação de EPS no interior das fôrmas facilita a obtenção de tais furos, não exigindo para isso a execução de formas especiais. Após a concretagem do elemento o EPS é facilmente removido.

Na pesquisa, apontou-se a experiência de uso do EPS como enchimento nos castiçais buscando favorecer a obtenção da geometria necessária ao elemento, dispensando a execução de fôrmas de madeiras complexas. O castiçal é um elemento executado sobre bloco de fundação, que recebe posteriormente o elemento pré-fabricado. Suas dimensões variam de acordo com o cálculo e com as dimensões do pilar. Este tipo de aplicação apresenta um inconveniente no que tange à retirada do EPS após a concretagem, tendo em vista que o material fica confinado, surgindo como alternativa o uso de solventes que atacam o EPS.

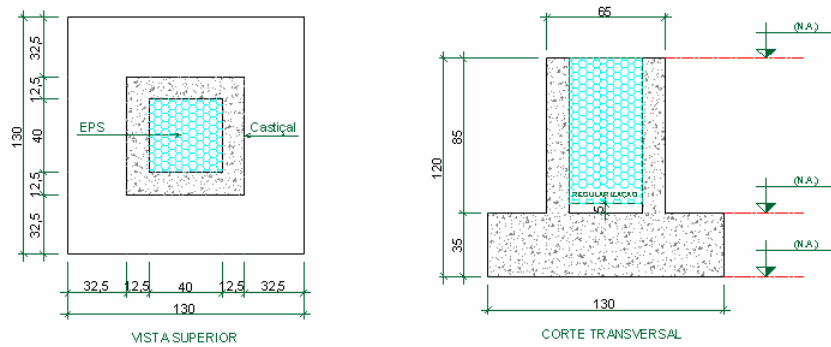


Figura 38 - Detalhe de castiçal com emprego de EPS.

- Na seqüência, três aplicações tiveram o mesmo percentual de utilização pelas empresas: forros isolantes e decorativos; isolamento térmico de telhados e paredes e; isolamento térmico de câmaras frias ou frigoríficas, com índices baixos de incidência (16%).



Figura 39 - Forro isolante e decorativo com o emprego de placas de EPS.

Estes índices baixos podem ser atribuídos tanto às situações específicas a que se destinam quanto ao monopólio de determinadas empresas na execução de tais serviços. No entanto, as vantagens advindas de tais aplicações não devem ser desprezadas, em virtude principalmente do isolamento térmico obtido com a utilização de EPS em face de suas inerentes propriedades isolantes.



Figura 40 - Instalação industrial com isolamento de telhados e paredes.

A figura 40 ilustra uma obra industrial destinada ao armazenamento de frutas e verduras, na qual a preocupação e os cuidados com o devido isolamento térmico são imprescindíveis. O telhado é constituído por painéis termoisolantes para cobertura, formados por um núcleo em EPS envoltos em chapas metálicas, conferindo um maior conforto térmico aliado à redução de energia na climatização e ganhos na produtividade. Como a instalação depende de temperaturas controladas para a conservação de seus produtos, optou-se pela utilização de EPS como isolante tanto na cobertura quanto nas paredes, os dois grandes meios responsáveis pela troca de calor entre ambiente externo e interno.

As paredes são formadas por painéis pré-fabricados do tipo sanduíche, com núcleo central em EPS envolto em telas de aço e em camadas de concreto de 3,5cm em cada face. Apenas uma das empresas consultadas detém a tecnologia de produção em escala destes painéis, repercutindo assim, no baixo percentual de empresas que utilizam. Ensaios solicitados pela empresa, realizados em laboratórios especializados na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, demonstraram um excelente desempenho térmico e acústico destes painéis. Testes quanto a estanqueidade, resistência mecânica e segurança ao fogo também foram avaliados e atenderam aos valores especificados em norma.



Figura 41 - Produção e aspecto final de um painel pré-fabricado tipo sanduíche.

Muitos materiais têm sido utilizados para o isolamento de câmaras frias ou frigoríficas, sendo abordado na pesquisa o de EPS. O uso de EPS para isolamento vem crescendo consideravelmente tanto em câmaras construídas em alvenaria como pré-fabricadas. Os painéis pré-fabricados do tipo sanduíche destinados ao isolamento de câmaras com núcleo em EPS podem ser utilizados tanto nas paredes quanto no teto, conforme mostra a figura 42. Os painéis são dotados de saliências nas laterais para facilitar o encaixe, recebendo posteriormente um tratamento nas emendas a fim de se evitar uma interrupção na barreira. Assim como nas paredes e tetos, os pisos isolados com 2 camadas em placas de EPS proporcionam um melhor e mais eficiente desempenho do conjunto.



Figura 42 - Câmara fria com utilização de painéis isolantes pré-fabricados.

- Isolamento térmico de dutos de ar condicionado e isolamento acústico de portas foram aplicações com o menor percentual de incidência, fechando assim a

gama de aplicações em EPS na construção civil de Chapecó/ SC. As portas com miolo de EPS foram utilizadas em consultório onde se exigia um certo nível de isolamento acústico entre os ambientes contíguos. Tentativas para incorporação de molduras em EPS substituindo o gesso estão sendo feitas, apresentando ainda deficiências quanto ao sistema de fixação. As peças podem ser confeccionadas nas mais variadas formas e tamanhos, permitindo a aplicação de tinta diretamente sobre sua superfície.



Figura 43 - Molduras em EPS para substituição do gesso.

Das 13 aplicações encontradas na bibliografia para uso do EPS na construção civil, 10 tiveram aplicações reais nas obras de construção civil de Chapecó/SC. A aplicação para isolamento acústico em portas não foi exemplificada na bibliografia, porém foi abordada como uma utilização pelas empresas.

Dentre as possíveis aplicações acima descritas, algumas foram apontadas como forte potencial de utilização em EPS, de acordo com a figura abaixo.

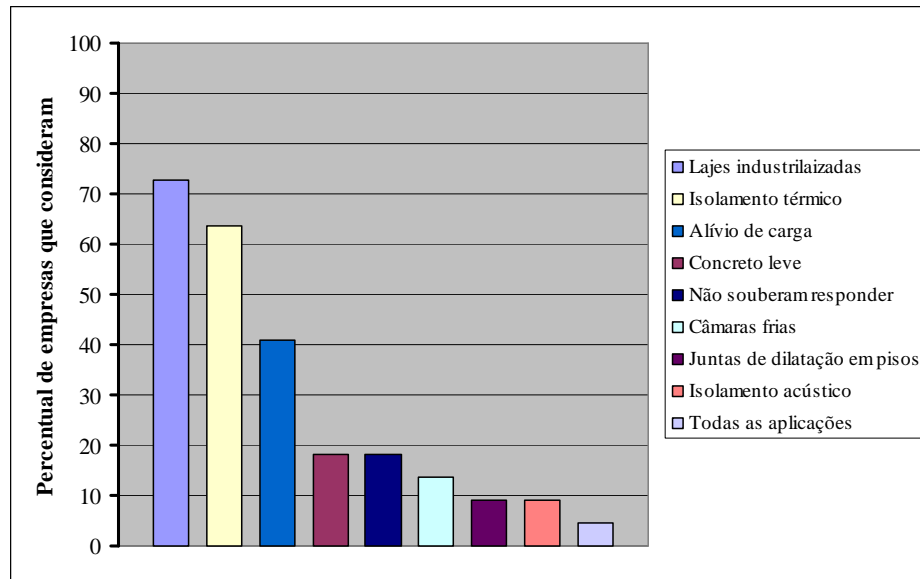


Figura 44 - Aplicações consideradas como forte potencial de utilização em EPS.

Percebe-se através da figura 44, uma diversificação acentuada nas respostas obtidas em relação a esta questão, prevalecendo ainda o uso potencial do EPS para a industrialização dos componentes da edificação, no caso as lajes e, para os benefícios advindos de suas propriedades de baixa densidade e isolamento térmico.

As principais vantagens e desvantagens ao uso de EPS como material na construção civil podem ser verificadas nas figuras seguintes.

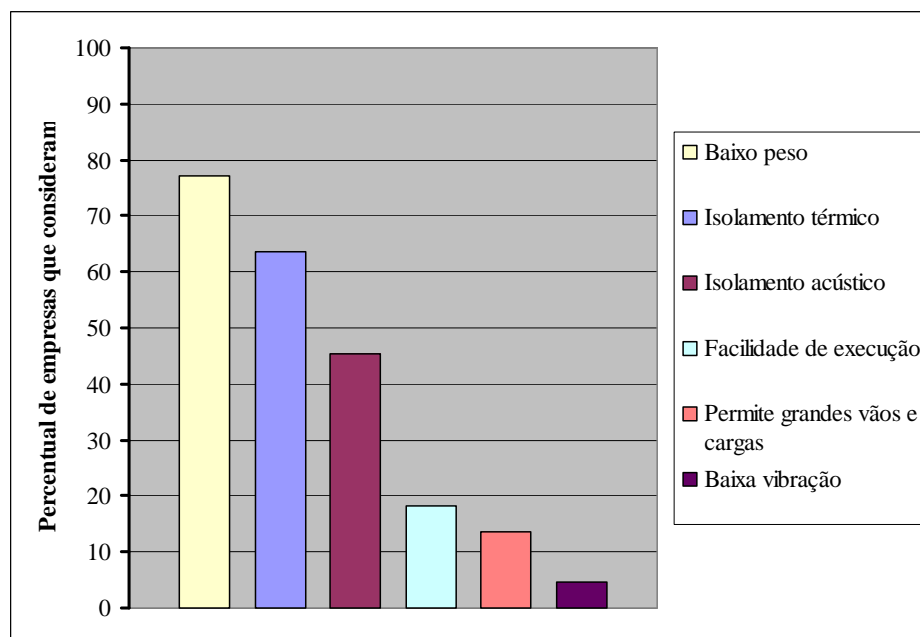


Figura 45 - Vantagens apontadas ao uso de EPS.

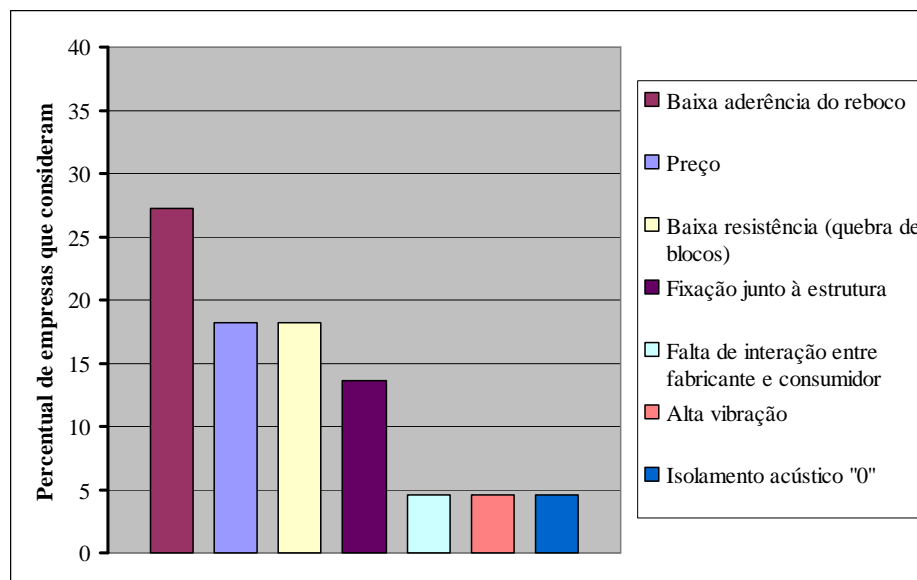


Figura 46 - Desvantagens apontadas ao uso de EPS.

O percentual de empresas que apresentaram vantagens no uso de EPS foi consideravelmente superior àquelas que consideraram alguma desvantagem, comprovando a boa aceitação do material para uso na construção civil (figuras 45 e 46). Observa-se novamente, que as vantagens apontadas com mais veemência pelas construtoras, são aquelas que exploram as propriedades de baixa densidade e isolamento térmico inerentes ao material.

Das desvantagens apontadas, torna-se oportuno comentar que a interação entre o fabricante e o consumidor é de extrema importância para o avanço e aperfeiçoamento das tecnologias, buscando nestas inter-relações, maneiras de se obter um melhor desempenho para o produto e um atendimento mais eficiente das necessidades do consumidor.

Considerando a ausência de disposição das empresas em fornecer informações quantitativas, seja por receio quanto à publicação ou por não possuírem um sistema de logística e controle da aquisição do material, buscou-se através de contato telefônico e via e-mail, com os principais fornecedores, apontados nas entrevistas realizadas com as empresas pesquisadas, a determinação de um valor médio de referência em m³, para o consumo de EPS nas obras de construção civil de Chapecó/SC. A pesquisa apontou três fornecedores do material, sendo estes denominados: A, B, C.

Fornecedor A: com um fornecimento mensal de 100m³;

Fornecedor B: com um fornecimento mensal de 230m³;

Fornecedor C: com um fornecimento mensal de 300m³.

Em síntese, Chapecó incorpora mensalmente, em torno de 630m³ de EPS nas obras de construção civil, com tendências significativas de expansão, em função das vantagens extremamente superiores frente aos materiais atualmente utilizados para o mesmo fim e da adesão gradativa das empresas na incorporação do material para utilização tanto em lajes nervuradas quanto pré-fabricadas, na qual o consumo do material é considerável.

4.2. Os resíduos de EPS na cidade de Chapecó/ SC

A diversificação e o aumento na geração de resíduos sólidos nos meios urbanos e a necessidade de disposição sustentável caracterizam-se entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados tanto pelos países industrializados quanto pelas sociedades em desenvolvimento. Sendo proporcional ao aumento da população, a geração dos resíduos vem sendo desproporcional à adoção de medidas adequadas para a sua destinação, resultando em defasagens nos serviços prestados. Equacionar o desequilíbrio entre o aumento de resíduos e as poucas possibilidades de dispô-los corretamente, utilizadas pelas prefeituras, sem agredir a saúde humana e sem causar riscos ao ambiente é o grande desafio.

Em Chapecó, o volume de resíduos de EPS gerado vem constituindo grande preocupação, havendo necessidade de buscar formas para minimizar os reflexos negativos de sua destinação inadequada. Atualmente, o município conta com a participação de empresas, prefeitura, cooperativas e associações que se encarregam da coleta, transporte e disposição final dos resíduos.

A Central de Tratamento e Disposição de Resíduos Industriais e Comerciais – CETRIC é um empreendimento privado, de prestação de serviços na área de gestão de resíduos de origem industrial e comercial, e seus serviços vão desde a caracterização dos resíduos na fonte geradora, tratamento e disposição final dos mesmos em local apropriado. A Cetric presta serviços técnicos de amostragem e classificação de resíduos, de acordo com as prescrições normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, nas NBR 10007 e NBR 10004, encaminhando as amostras coletadas para análises (testes de lixiviação e solubilização), e outros, quando necessário, buscando identificar todas as classes e

características dos resíduos gerados enviando posteriormente os laudos com as classificações dos resíduos para as empresas contratantes.

Foi possível constatar através da pesquisa com a CETRIC (apêndice A2), que o volume de resíduos de EPS coletado pela empresa é relativamente baixo. Segundo a Engenheira Química responsável pelo registro e mapeamento dos resíduos, os resíduos de EPS são enquadrados como classe IIA – não inertes (poluentes) e, aparecem esporadicamente entre uma descarga e outra. Ainda segundo a engenheira, em função da pequena quantidade recebida na central, não se realizaram ensaios para caracterização precisa de tais resíduos, sendo encaminhados diretamente para as valas de disposição final, não havendo nenhum processo de separação na central de triagem.

De acordo com informações do gerente do aterro sanitário de Chapecó, Flávio Muniz, adquiridas por meio de entrevista pessoal (apêndice A2), não se vislumbra uma identificação e uma diferenciação dos resíduos de EPS dos demais coletados pelo município.

No entanto, cabe ressaltar aqui, que este é um dos aspectos importantes e que normalmente se desconhece, não permitindo com isso determinar as quantidades de resíduos gerados e os efetivamente coletados pela municipalidade, com suas características de acordo com as origens. As informações disponíveis se baseiam em estimativas obtidas por parâmetros de produção *per capita* diária, dos denominados resíduos domiciliares, ficando excluída uma série de outros tipos, como é o caso do EPS, mas que no final são transportados para um único local de disposição final, o aterro. Grande parte dos resíduos de EPS pós-consumo que chegam ao aterro encontram-se no interior de sacos plásticos, os quais são depositados e compactados juntamente com os demais resíduos da coleta municipal.

Segundo o Diretor Administrativo e Financeiro da Fundação do Meio Ambiente – FUNDEMA, Valmir Carlos Kirschner, existem em Chapecó, além de programas como Verde Vida e duas cooperativas, cerca de 1,5 mil carroceiros atuando em prol da coleta seletiva da cidade. Como os resíduos de EPS não são valorizados, têm pouco valor comercial, acabam não sendo preferência nas coletas, principalmente dos catadores, sendo na maioria das vezes dispostos em locais não fixos, terrenos baldios ou até mesmo queimados pela própria população, causando problemas ambientais e preocupação por parte do poder público.

O Programa Verde Vida é uma Organização Não-Governamental reconhecida como de utilidade pública municipal, estadual e federal, cujo trabalho consiste na coleta, separação e venda de resíduos sólidos recicláveis, garantindo assim, a sua sustentabilidade. Viabiliza seus recursos para gerar resultados e lucros sociais, colaborando para a transformação do bem-estar da sociedade. Sua atuação é reconhecida e já foi merecedora de prêmios e destaques. A ONG Verde Vida foi reconhecida em 2001 como o melhor Programa do Brasil em Coleta Seletiva/ Categoria Comunidade, pelo Instituto Cempre – Compromisso Empresarial para a Reciclagem (VERDE VIDA, 2004). Os principais benefícios decorrentes do programa estão no atendimento de adolescentes em situação de risco social, no emprego de pessoas normalmente excluídas do mercado de trabalho e no tratamento das questões ambientais e sociais.

Em 2004, o Verde Vida coletou 3.052.829 Kg de resíduos sólidos recicláveis assim distribuídos:

Tabela 3 - Resíduos Sólidos coletados pelo Verde Vida em 2004.

MATERIAL	QUANTIDADE EM Kg
Papelão	1.954.651
Papel Misto	456.450
Papel Branco	242.530
Plástico	325.297
Alumínio	3.229
Ferro/ Aço	25.330
Isopor	13.000
Fonte: Verde Vida	

Fonte: (VERDE VIDA, 2004).

O Verde Vida possui um conjunto de containers instalados em locais estratégicos para o depósito dos materiais recicláveis pela população, atendendo aproximadamente 400 empresas de Chapecó e Cordilheira Alta. O programa não compra os resíduos de EPS como acontece com os demais, em função do baixo valor comercial, apenas recebe por doação ou entrega voluntária. Estes vêm juntamente com os demais materiais, sendo apenas separados e vendidos por valores irrisórios para uma empresa de impermeabilização, a qual tritura os resíduos para incorporação na Construção Civil. Os refulgos do processo de triagem são enviados para o Aterro Sanitário da cidade.

Responsáveis pelo mapeamento e pelas medições dos materiais recicláveis do Verde Vida apontam uma quantidade de coleta de resíduos de EPS em torno de 60m³/mês no ano de 2006.



Figura 47- Resíduos de EPS coletados pelo Programa Verde Vida.

A Cooperativa Vida Nova é incentivada pelo município para fomentar a coleta seletiva e beneficiar moradores de rua e jovens em situação de risco. A cooperativa adquiriu por meio da Prefeitura Municipal de Chapecó, uma área com galpões pré-fabricados para o armazenamento e separação dos resíduos sólidos recicláveis, contando com três caminhões que realizam a coleta seletiva no município. Segundo o gerente da cooperativa, o volume coletado de EPS é bastante variado, sendo separado e comercializado para a mesma empresa de impermeabilização citada anteriormente, porém considerado como um resíduo sem valor comercial. O que não é triado pela cooperativa é enviado ao Aterro Sanitário de Chapecó.

De acordo com o coordenador responsável pela cooperativa, a quantidade coletada que chega ao depósito varia em torno de 70 a 80m³/mês, aumentado cerca de 50% nas datas festivas.

Pôde-se perceber, através de visita ao local, uma grande quantidade de plásticos misturados com a matéria orgânica e o rejeito, mostrando que o sistema não é suficiente para separá-los totalmente, ficando boa parte a cargo do comprador dos resíduos. Aqui, vale enfatizar que a contaminação ou a má gestão e operacionalização dessa etapa do processo podem fazer com que os resíduos se tornem inúteis.



Figura 48 - Resíduos de EPS coletados pela Cooperativa Vida Nova.

O ser humano muitas vezes transfere sua responsabilidade sobre o resíduo gerado em sua casa, em seu trabalho, colocando-o para as coletas municipais, ou jogando-o em terrenos baldios, resolvendo, assim, o seu problema. Há pouca informação na sociedade ou até desinteresse de algumas pessoas sobre os problemas que atos como estes causam. Ressalta-se também que a existência de áreas para a disposição de lixo está cada vez mais escassa, enquanto o lixo jogado em locais inadequados agrava a poluição ambiental e favorece o desenvolvimento de animais transmissores de doenças. Simplesmente descartar os resíduos, sem considerar o tempo que estes levam para se degradar, ou até como estes serão depositados, corresponde a uma imensa falta de consciência e comprometimento, resultando em uma forma de “gestão” ambiental insustentável.

Quanto ao reaproveitamento dos resíduos de EPS em Chapecó, foram encontradas uma empresa e um autônomo ligados à área de impermeabilização que coletam estes resíduos das associações e cooperativas para triturar e incorporar na área de construção civil. O processo consiste basicamente na transformação dos resíduos em flocos de EPS.

Segundo relato do agente autônomo, o grau de sujeidade encontrado nos resíduos de EPS pós-consumo é muito alto, geralmente contaminado por resíduos orgânicos, rejeitos e dejetos. Salientando-se aqui, que isto é decorrência da não existência de um sistema de coleta seletiva na maioria dos municípios brasileiros adequado à resolução desse problema. Para o reciclador isto apenas aumenta os custos, levando muitas vezes a inviabilidade do negócio. Para este agente compensa a compra de resíduos pré-consumo ou pós-industrial de empresa do Rio

Grande do Sul, por serem mais limpos e selecionados, embora com preço mais elevado.

O processo realizado pela empresa de impermeabilização para o reaproveitamento dos resíduos de EPS, pode ser descrito da seguinte forma: um caminhão chega no depósito e despeja os resíduos que foram previamente coletados e separados pelo Programa Verde Vida e pela Cooperativa Vida Nova. Neste depósito, uma nova separação é realizada pelos funcionários para que sejam eliminados os resíduos que apresentam um certo grau de contaminação e as impurezas presentes na carga. Após esta etapa de triagem, os resíduos são colocados em um moinho destinado a triturá-los, ocasionando uma redução no volume de aproximadamente 50%.

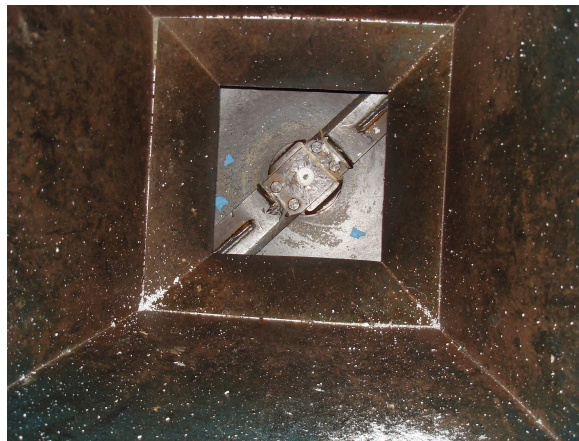


Figura 49 - Vistas interna e externa do moinho e da tubulação que leva os flocos triturados até o silo.



Figura 50 - Silo que recebe os flocos triturados de EPS para posterior ensacamento.

O moinho funciona através de um sistema de rotação das hélices, aonde os resíduos de EPS são colocados e triturados, passando por um conjunto de peneiras e em seguida, quando atinge a granulometria de aproximadamente 1", para a tubulação que os conduz até o silo de armazenamento. A condução dos flocos pela tubulação se dá através do ar gerado no interior do sistema. Ao chegar no silo, os flocos são ensacados para posterior comercialização. Segundo o proprietário, os resíduos em flocos de EPS são vendidos para as empresas de construção civil, principalmente para alívio no peso dos enchimentos de pisos. Os refugos e as impurezas advindas da etapa de separação são encaminhados para a CETRIC.

Assim, pode ser observado que o setor de reaproveitamento e reciclagem de resíduos de EPS no município encontra-se num estágio inicial e lento de desenvolvimento. De maneira geral, não há interesse pela coleta, transporte e reciclagem dos resíduos de EPS, embora iniciativas e esforços estejam sendo feitos para que seja possível dar uma destinação adequada aos mesmos. Muito ainda precisa ser feito em termos tanto de coleta seletiva e separação dos resíduos de EPS quanto de determinação dos índices de geração destes pela população e de destinação pelos diversos agentes envolvidos no processo.

Também é necessário que se faça uma análise das oportunidades de mercado e de desenvolvimento de tecnologias que possibilitem a utilização em larga escala, verificando também as cadeias de processamento e beneficiamento que assegurem a demanda de mercado, a fim de que a gestão adequada dos resíduos, mediante seu reaproveitamento, possa contribuir com a sustentabilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de busca por um modelo de desenvolvimento sustentável, a construção de moradias com melhor eficiência energética dos ambientes aliada às questões ambientais relacionadas ao inadequado depósito dos resíduos de EPS, fez com que a presente pesquisa abordasse aspectos relacionados à utilização do EPS na construção civil e ao potencial de aproveitamento dos seus resíduos.

De acordo com os objetivos inicialmente estipulados, foi possível fazer um mapeamento das aplicações do EPS na construção civil de Chapecó, assim como identificar as recentes iniciativas para o reaproveitamento dos seus resíduos. Com o conjunto de informações obtidas junto às empresas construtoras associadas ao SINDUSCON, empresas privadas e órgãos públicos responsáveis pelo tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos da cidade, cooperativas e associações de catadores e, por último, empresas de processamento e beneficiamento dos resíduos de EPS, foi possível apresentar um panorama da realidade do município ao uso do EPS tanto em matéria-prima virgem quanto reciclada.

O uso do EPS abrange uma gama variada de aplicações na Construção Civil. Em virtude de suas características peculiares, vem sendo considerado o melhor material para isolamento térmico e de preenchimento de rebaixos ou vazios necessários a vários processos construtivos, principalmente lajes e painéis pré-fabricados, garantindo uma maior qualidade da edificação, inclusive a evolução em pontos relevantes como o melhor desempenho termo-acústico.

Quanto ao uso do material na construção civil de Chapecó, identificaram-se diversas aplicações diferenciadas, cada qual com sua finalidade específica, prevalecendo àquelas que exploram as propriedades de baixa densidade e isolamento térmico inerentes ao EPS. A sua utilização permite a elaboração de projetos visando uma economia nos gastos com energia em função das melhores condições de conforto proporcionadas pelo material. As vantagens apontadas ao uso de EPS foram consideravelmente superiores às desvantagens, comprovando uma boa aceitação do material para uso na construção civil.

A disposição final de resíduos de EPS representa um problema de difícil solução, em todo mundo, inclusive no Brasil. Por ser um resíduo que apresenta pouco ou nenhum valor comercial, acaba não sendo preferência nas coletas, resultando em uma forma de “gestão” ambiental insustentável ao ser disposto em

locais não fixos, terrenos baldios e aterros sanitários. A indústria da construção civil é um mercado em potencial para absorver uma parcela dos resíduos de EPS gerados anualmente, devido a grande quantidade e diversidade de materiais que consome, contribuindo significativamente na diminuição do passivo ambiental. Triturados, podem ser utilizados na produção de concreto leve, em substituição aos materiais de construção convencionais. Sempre que não haja exigência de resistência a grandes esforços, esse tipo de concreto pode ser usado com grande redução de peso em elementos das edificações. Além do baixo peso, suas qualidades isolantes ampliam sua utilização dando um grande passo a caminho da industrialização de componentes da construção civil.

Da análise dos Pedidos de Patente em toda a base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI verificou-se a efetiva utilização deste material na construção civil, e sua importância, destacando-se a destinação para a construção de painéis e blocos, considerando os benefícios econômicos, ambientais advindos da utilização de materiais reciclados e também relacionados a sua contribuição no isolamento térmico e acústico.

Em Chapecó, algumas iniciativas na área de reaproveitamento de resíduos de EPS sinalizam boas perspectivas para o setor, porém ainda de forma tímida e lenta. Contudo, para incentivar o reaproveitamento dos resíduos de EPS pós-consumo é necessária a participação da população, seja participando do processo de coleta seletiva, através da seleção dos materiais recicláveis em suas residências, seja aceitando e valorizando os produtos feitos a partir de material reciclado. Quanto mais multiseletiva for a coleta, melhor e mais eficiente será o processo para reaproveitamento e melhores serão as características do produto formado. No que tange ao uso de EPS pelas construtoras em Chapecó, não se observou uma resistência ao uso de EPS reciclado, como geralmente acontece com os demais produtos, sendo que 82% das empresas entrevistadas estão utilizando tanto a matéria-prima virgem quanto reciclada.

Conforme constatado pela pesquisa, além da pouca disponibilidade de material e bibliografia sobre a questão, Chapecó especificamente possui pouca informação armazenada sobre a geração e destinação dos resíduos de EPS. A reunião em um banco de dados, das pesquisas que são realizadas nesta área, do volume de resíduos gerado pela população e do volume efetivamente coletado pela municipalidade, dos sistemas para tratamento e disposição final, da relação das

empresas beneficiadoras e transformadoras, poderia ser útil para elaborar estratégias com vistas a expandir a reciclagem e o reaproveitamento, facilitando o desenvolvimento de pesquisas, a sua divulgação e aplicação.

Espera-se que a pesquisa tenha contribuído para elaboração de uma fonte de informações a respeito do uso do EPS e de seus resíduos na construção civil.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, set. 2000.

ACEPE. **Associação Industrial do Poliestireno Expandido**. 2005. Disponível em: <<http://www.acepe.pt>>. Acesso em: 25 mar. 2005.

AMBIENTE BRASIL. **Isopor (Poliestireno Expandido – EPS)**. 2006. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&cont_eudo=../docs/residuos/isopor.html>. Acesso em: 25 mar. 2005.

ANBIO: Associação Nacional de Biossegurança. Artigos: **A Tecnologia do Concreto Aliada ao Meio Ambiente**. 2001. Disponível em: <http://www.anbio.org.br/bio/biodiver_art102.htm>. Acesso em: 16 fev. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas.

BABU, K. G.; BABU, D. S. **Performance of fly ash concretes containing lightweight EPS aggregates**. Structures and Materials Laboratory, Department of Ocean Engineering, Indian Institute of Technology Madras, India. Cement & Concrete Composites 26, 2003.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Setorial do Complexo Químico. **Poliestireno - Área de Operações Industriais**. 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 02 set. 2005.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Aspectos Gerais do Poliestireno. Rio de Janeiro, 2002. Publicação disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 02 de set. de 2005.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. São Paulo: Humanitas. Publicações FFLCH/USP, 1998.

CANAL DO TRANSPORTE. **Notícia: Construtora utiliza nova técnica na construção de viadutos**. 2001. Disponível em: <<http://www.canaldotransporte.com.br>>. Acesso em: 20 de fev. 2006.

CHAGAS, J. A. C. Projeto e Construção de Câmaras Frigoríficas. YORK Refrigeration. Joinville/ SC, 2006.

CHEN B.; LIU J. **Properties of lightweight expanded polystyrene concrete reinforced with steel fiber**. Cement and Concrete Research, 2003.

CIDADES DO BRASIL. **Tecnologia: Isopor vira concreto**. Maio de 2001, edição 20. Disponível em: <<http://cidadesdaobrasil.com.br>>. Acesso em: 15 de mar. 2006.

FINEP, IPT. Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para Habitação. Sistema Construtivo Hi-Tech. 1998. Disponível em: <<http://arq.ufmg.br/habitar/sis9.html>>. Acesso em: 25 de out. 2005.

FRANCA, A. B. M. da; FUSCO, P. B. **As Lajes Nervuradas na Moderna Construção de Edifícios**. São Paulo, 2001.

GLEIZE, P. Desempenho de Materiais de Construção Civil I – ECV 4270. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Notas de aula, 2004.

GRUPO POLIMEX. Artigo: Reciclabilidade y ecologia. México, 1997. Disponível em: <<http://www.polimex.com.mx/polimex/new/ecolog.html> >. Acesso em: 20 de mar. 2006.

HARTLÉN, J. **Environmental consequences using residues**. In: Int. Symp. On Bulk "Inert" Waste. 1995.

HEINECK, L. F.; ANDRADE, V. A.; ARAÚJO, J. L. S. **Aspectos Geométricos e indicadores de Qualidade para Casas de Classe Média**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Notas de aula, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudos e Pesquisas – Informação Geográfica número 2**. Rio de Janeiro, 2002. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, Brasil 2002. a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa **Nacional de Saneamento Básico, 2000**. Rio de Janeiro, 2002. b.

INSTITUTO AKATU. Pesquisadores Brasileiros Reciclam Isopor. 2004. Disponível em: <<http://www.akatu.org.br>>. Acesso em 20 de fev. 2006.

Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em 23 de out. 2006.

JOBIM, M. S. S. Análise dos principais problemas apontados pelos clientes em pesquisas de avaliação da satisfação. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – III SIBRAGEC. Ufscar, São Carlos, SP, 2003.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. 2000. Disponível em: <<http://www.recycle.pcc.usp.br>>. Acesso em: 20 out. de 2005.

JOHN, V. M.; ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de resíduos na construção civil**. IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil - materiais reciclados e suas aplicações. CT206 - IBRACON. São Paulo, 2001.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na Arquitetura**. São Paulo: 1997, 192p.

LAURITZEN, E. K. **The global challenge of recycled concrete.** In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Ed.). Use of recycled concrete aggregate. Tomas Telford, 1998.

METHA, K; MONTEIRO, J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** PINI, São Paulo, 1994.

MONTEIRO, P. J. M.; METHA, P. K. **Effect of aggregate, cement, and mineral admixtures on the microstructure of the transition zone.** Invited Paper, MRS Society, Boston, 1988.

ONU. Comissão Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável. **Nosso Futuro Comum.** 2 ed. Rio de Janeiro : Fundação Getúlio Vargas, 1991.

PINTO, A. G. Plástico. In: IPT/ CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 1995.

PLASTIVIDA/ABIQUIM. **Plásticos em Foco.** São Paulo, fevereiro, 1997.

SETOR RECICLAGEM. **Projeto Pioneiro Recicla Isopor/ SC.** 2005. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br>>. Acesso em: 16 de fev. 2006.

RODRIGUES, P. P. F.; GASPARETTO, W. E. Juntas em pisos industriais de concreto. Revista Técnica – set./out de 1999.

ROLIM, A. M. **A Reciclagem de Resíduos Plásticos Pós-Consumo em Oito Empresas do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado. Porto Alegre/ RS, 2000.

SILVEIRA, C. R. B. da. **Estudo da Reciclagem do EPS (Poliestireno Expandido) numa Perspectiva de Responsabilidade Ambiental e Social.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SILVEIRA, J. L.; GROTE, Z. V. **Análise Termodinâmica de um Processo de Reciclagem de Poliestireno Expandido (Isopor): Um estudo de caso.** Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2001.

TEIXEIRA, B. A. do N.; MILANEZ, B. **Contextualização de princípios de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos.** João Pessoa/ PB, 2001. 11p. ABES 21, João Pessoa, 2001. Artigo técnico.

THOMPSETT, D. J.; WAKER, A.; RADLEY, R. J.; GRIEVESON, B. M. **Design and construction of expanded polystyrene embankments.** Department of Civil Engineering, University of Surrey, Guildford. Construction and Building Materials, Vol. 9, No. 6, pp. 403-411, 1995.

VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente: (como se preparar para as Normas ISO 14000).** São Paulo: Pioneira, 1995.

VERDE VIDA. Programa Oficina Educativa. **Relatório Social: 2004.** Chapecó/ SC.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 4 ed. PINI, São Paulo, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A1

QUESTIONÁRIO ENVIADO ÀS EMPRESAS BENEFICIADORAS DE CHAPECÓ/SC

QUESTIONÁRIO PARA PROJETO DE PESQUISA/DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
ÁREA: CONSTRUÇÃO CIVIL

1) Quais os resíduos de poliestireno expandido a empresa trabalha:

() placas de EPS

() flocos de EPS

() embalagens de equipamentos e eletrodomésticos

() embalagens de alimentos

() outros. Quais?.....

.....

2) Qual a origem dos resíduos de EPS a serem tratados no seu processo?

() da própria região

empresas:.....

.....

() do próprio estado

empresas:

.....

() outros estados.

Quais estados e quais são as empresas?.....

.....

3) Como é feito a sua coleta?

.....

.....

.....

.....

.....

4) Os resíduos de EPS passam por algum tratamento prévio? Qual o tipo?

.....

.....

.....

.....

.....

5) O processo de beneficiamento utilizado pela empresa provoca algum reflexo negativo ao meio ambiente?

Processo de beneficiamento:.....

Dano associado:.....

Processo de beneficiamento:.....

Dano associado:.....

Processo de beneficiamento:.....

Dano associado:.....

6) Dos produtos processados, para qual finalidade eles se destinam ou para qual mercado? Na Construção Civil, quais são as aplicações e a quantidade que é destinada?

.....
.....
.....
.....
.....

7) Existe algum artigo ou trabalho publicado ou alguma informação que possa ser consultado para auxiliar este trabalho?

.....
.....
.....
.....
.....

APÊNDICE A2

QUESTIONÁRIO ENVIADO ÀS EMPRESAS PRIVADAS, ÓRGÃOS PÚBLICOS, ASSOCIAÇÕES E COOPERATIVAS RESPONSÁVEIS PELO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CHAPECÓ/SC

QUESTIONÁRIO PARA PROJETO DE PESQUISA/DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
ÁREA: CONSTRUÇÃO CIVIL

1) Quais os resíduos de poliestireno expandido a empresa trabalha:

- () placas de EPS
- () flocos de EPS
- () embalagens de equipamentos e eletrodomésticos
- () embalagens de alimentos
- () outros.

Quais:.....
.....

2) Qual a origem dos resíduos de EPS coletados em sua empresa?

- () da própria região

quantidade:.....

empresas geradoras:.....
.....

- () do próprio estado

quantidade:.....

empresas geradoras:
.....

- () outros estados

quantidade:.....

Quais estados e quais são as empresas geradoras?.....
.....

3) Como é feito a sua coleta? Qual a classificação que é dada aos resíduos de EPS?

.....
.....
.....
.....

4) Os resíduos de EPS passam por algum tratamento prévio? Qual o tipo?

.....
.....
.....
.....

5) Qual a destinação dos resíduos de poliestireno expandido? Há algum processo de beneficiamento ou apenas é feita a disposição final?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6) Existe algum artigo ou trabalho publicado ou alguma informação que possa ser consultado para auxiliar este trabalho?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

APÊNDICE A3

QUESTIONÁRIO ENVIADO ÀS EMPRESAS ASSOCIADAS AO SINDUSCON DE CHAPECÓ/SC

QUESTIONÁRIO PARA PROJETO DE PESQUISA/DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
ÁREA: CONSTRUÇÃO CIVIL

1) A empresa utiliza algum produto ou alguma tecnologia associada ao Poliestireno Expandido nas obras de construção civil?

sim

não

tem previsão ou conhecimento das possíveis aplicações do material na construção civil?

2) Qual a origem do EPS utilizado em suas obras?

da própria região

empresas:.....

.....

do próprio estado

empresas:.....

.....

outros estados.

Quais estados e quais são as empresas?.....

.....

importados.

Qual ou quais países e quais as empresas?.....

.....

3) A utilização de EPS pela empresa se dá somente com a matéria-prima virgem, ou há alguma aplicação onde se utilize o EPS reciclado?

.....

.....

.....

.....

4) Dos produtos e das tecnologias utilizadas, para qual finalidade elas destinam-se?

enchimento de lajes e fôrmas para concreto

quantidade:

.....

.....

.....

lajes nervuradas e lajes industrializadas:

quantidade:

.....

.....

.....

() isolamento térmico de lajes impermeabilizadas
quantidade:

.....
.....
.....

() isolamento térmico de telhados e paredes
quantidade:

.....
.....
.....

() forros isolantes e decorativos
quantidade:

.....
.....
.....

() isolamento térmico de dutos de ar condicionado
quantidade:

.....
.....
.....

() concreto leve
quantidade:

.....
.....
.....

() painéis auto-portantes
quantidade:

.....
.....
.....

() isolamento acústico – piso flutuante e painéis divisórios
quantidade:

.....
.....
.....

() enchimento de elementos estruturais (pilares, vigas, fundações)
quantidade:

.....
.....
.....

() isolamento térmico de câmaras frias ou frigoríficas
quantidade:

.....
.....
.....

() juntas de dilatação
quantidade:

.....
.....
.....

() fundação para estradas
quantidade:

.....
.....
.....

5) Qual ou quais das aplicações acima a empresa considera um forte potencial na utilização do EPS?

.....
.....
.....

6) Das experiências realizadas, qual ou quais foram os resultados obtidos em relação ao desempenho do produto? Vantagens, desvantagens, intervenções à utilização.

.....
.....
.....

7) Existe algum artigo ou trabalho publicado ou alguma informação que possa ser consultado para auxiliar este trabalho?

.....
.....
.....