

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA DE ANDRADE FERRAZ

**REUTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO
AGREGADO NO COMPOSTO DE CONCRETO LEVE PARA
CONTRAPISO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

GABRIELA DE ANDRADE FERRAZ

**REUTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO
AGREGADO NO COMPOSTO DE CONCRETO LEVE PARA
CONTRAPISO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil, pela
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Campo Mourão.

Orientadora: Prof. Dr^a Maria Cristina Halmeman

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 43

**REUTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO AGREGADO NO COMPOSTO
DE CONCRETO LEVE PARA CONTRAPISO**

por

Gabriela de Andrade Ferraz

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 09h00min do dia 19 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Me. Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

Prof. Me. Thiago Morais de Castro

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Halmeman

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof^a Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

À você, meu Pai, que vai viver pra sempre
no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus. Em seguida, à minha família, em especial à minha avó Maria do Carmo e ao meu tio Ronaldo. Sem o apoio, fé, compreensão, amor e paciência de ambos, eu não sei o que teria acontecido nesses últimos tempos.

Aos meus pais agradeço pela vida, por todo amor, por tudo.

Aos meus anjos da guarda, Mateus e Jaqueline, nem tenho palavras para agradecer todo alicerce, paciência e carinho. Vocês me mantiveram em pé e me fizeram continuar a caminhar.

Agradeço ao Zé que além de me ajudar com o maquinário, sempre se mostrou disposto a colaborar quando havia necessidade de realizar experimentos.

À responsável pela obra, Paula Cristina de Souza, e aos funcionários da obra agradeço imensamente pela disposição e atenção, em especial ao Seu Geraldo.

À minha orientadora, Maria Cristina Halmeman, agradeço pela compreensão durante todo o processo.

E por fim, agradeço aos meus amigos que tiveram muita paciência e compreensão durante todo o processo de desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

FERRAZ, Gabriela de Andrade. (2014). **Reutilização do Poliestireno Expandido como agregado no composto de concreto leve para contrapiso**. Campo Mourão, 2014. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Campo Mourão.

O concreto leve com adição de EPS apresenta versatilidade dentro da construção civil, podendo ser utilizado para qualquer peça pré-moldada não estrutural, contrapisos, revestimentos, proteção contra incêndio em estruturas metálicas, entre outros. Buscando alternativas para os resíduos de isopor um sistema construtivo de seis pavimentos em Campo Mourão - Paraná, analisou-se o uso do EPS como agregado no composto de concreto leve produzido para aplicação de contrapiso, aplicando assim o conceito de logística reversa - que é uma opção perante o problema de destinação correta dos resíduos resultantes de obras. Os resultados dos experimentos realizados *in loco* mostraram que o concreto leve com adição de 60% de isopor apresenta trabalhabilidade viável e baixa densidade, indicada por uma redução de 27% em relação ao concreto convencional. Por fim, apoiado na viabilidade construtiva, trabalhabilidade do produto final e destinação correta de resíduos, o concreto leve com adição de 60% de isopor é satisfatório.

Palavras – chave: Reutilização do isopor, Destinação de resíduos, Trabalhabilidade.

ABSTRACT

FERRAZ, Gabriela de Andrade. (2014). **Reutilização do Poliestireno Expandido como agregado no composto de concreto leve para contrapiso**. Campo Mourão, 2014. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Campo Mourão.

The lightweight concrete with added EPS displays versatility in construction and can be used for any non-structural precast piece, subfloors, coatings , fire protection for steel structures , among others . Seeking alternatives to Styrofoam from the use of lattice slabs of a work six floors in Campo Mourão - Paraná, analyzed the use of EPS compound as aggregate in lightweight concrete produced for applying subfloor , thereby applying the concept of reverse logistics - which is an option with the problem of proper disposal of waste resulting from work . The results of experiments carried out in situ showed that the lightweight concrete with addition of 60 % Styrofoam presents viable and low-density workability, indicated by a reduction of 27 % compared to conventional concrete. Finally, based on the constructive feasibility, workability of the final product and proper disposal of waste, the lightweight concrete with addition of 60 % polystyrene satisfactory.

Keywords: Reuse EPS, Waste disposal, Workability.

LISTA DE FOTOGRAFIA

Figura 1 - Dimensões dos corpos de prova.....	13
Figura 2- Local de disposição do isopor destinado ao concreto leve	16
Figura 3 - Isopor após trituração	17
Figura 4 - Quadro para confecção dos panos	18
Figura 5 – Preparação do concreto na betoneira	19
Figura 6 – Processo de confecção do pano	20
Figura 7 - Processo de confecção do pano.....	21
Figura 8 - Pano finalizado	22
Figura 9 - Tubos de PVC selados com tampas de PVC.....	23
Figura 10 - Tubos de PVC untados internamente com óleo vegetal	23
Figura 11 - Preparação do concreto na carriola	24
Figura 13 - Corpos de prova de concreto leve com adição de 60% de isopor	25
Figura 14 - Corpos de prova de concreto convencional	26
Figura 15 - Taliscas para nivelamento do pano de concreto.....	28
Figura 16 - Pano finalizado.....	29
Figura 17 – Cômodo no qual realizou-se o pano de concreto.....	30
Figura 18 - Pano finalizado.....	30
Figura 19 - Aspecto final do pano de concreto leve com adição de 60% de isopor ..	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das misturas do concreto para produção do contrapiso.....	12
Tabela 2 - Quantidade de materiais utilizados para confecção dos quatro panos destinados à avaliação da homogeneidade.....	19
Tabela 3 - Valores da pesagem dos corpos de prova confeccionados em obra para comprovação da baixa densidade do concreto leve com adição de isopor.....	26
Tabela 4 – Densidades dos corpos de prova produzidos na obra.....	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 JUSTIFICATIVA	6
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 LOGÍSTICA REVERSA	7
4.2 USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL	9
4.3 UTILIZAÇÃO DO EPS PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE	10
5 METODOLOGIA	13
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
6.1 TRITURAÇÃO DO ISOPOR	16
6.2 HOMOGENEIDADE DO CONCRETO LEVE	18
6.3 BAIXA DENSIDADE DO CONCRETO LEVE	22
6.4 CONFECÇÃO DO PANO FINAL	28
7 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Colmenero e Silva (2010), a logística reversa é o processo que busca gerar valor aos produtos retornados e um diferencial competitivo frente outras empresas.

Segundo a definição de Stock (1998 apud PEREIRA et al, 2012) esse ramo da logística refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução de fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.

Pereira et al. (2012) afirmam que o conceito de logística reversa aliado a sustentabilidade propõe um novo modelo de gestão de negócios, levando em consideração, os impactos ambientais e sociais, além das questões econômicas.

Os resíduos provenientes da construção civil se tornaram uma preocupação para as construtoras a partir do momento que os pontos de destinação e as empresas recicladoras se tornaram escassas ou específicas para apenas alguns materiais. A logística reversa é uma opção viável perante o problema de destinação correta dos resíduos provenientes de obras, enfrentado por várias empresas do ramo da construção civil, pois agrega valor ao resíduo enriquecendo a própria obra.

Halmeman, Souza e Nascimento (2009) afirmam que em Campo Mourão haviam 10 empresas coletoras de RCD's na cidade até 2009, porém as mesmas depositavam os resíduos em aterros sanitários e devido a intervenção do poder público, atualmente, há apenas uma empresa de recebimento autorizada por órgãos ambientais na região que é responsável por 80% da destinação dos resíduos sólidos gerados pela construção civil. Contudo, o poliestireno expandido – conhecido como Isopor® e representado pela sigla EPS - não pode ser descartado na unidade devido ao seu longo período de decomposição perante aos demais resíduos, gerando diminuição da área útil de recebimento de materiais. Perante esse cenário, é favorável a busca por atividades alternativas de destinação do EPS na cidade, como por exemplo, utilização do material no composto de concreto leve. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver a logística reversa dentro de uma obra de seis pavimentos, reaproveitando o EPS, proveniente das lajes treliçadas utilizadas na estrutura, de forma a incorporá-lo ao concreto leve para compor o contrapiso.

Segundo Tessari (2006), para confecção do concreto leve com EPS, é indicado o uso de flocos com 1 a 8 mm de espessura, e de acordo com o método proposto por Helena (2009) a proporção de isopor no composto cimentício deve ser entre 20 a 40%.

O concreto leve com adição de EPS apresenta versatilidade dentro da construção civil. De acordo com a ABRAPEX (2000) o mesmo pode ser utilizado para qualquer peça pré-moldada não estrutural, base para calçamento, quadras poliesportivas, contrapisos, revestimentos, muros pré-moldados, balaústres, painéis pré-moldados, proteção contra incêndio em estruturas metálicas, entre outros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o uso dos resíduos de EPS proveniente da laje treliçada como agregado no composto de concreto leve produzido para aplicação de contrapiso dos pavimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar coleta e trituração do EPS existente em obra;
- Determinar a fração volumétrica do EPS a ser adicionado na produção do contrapiso, em função da trabalhabilidade, de acordo com experimento realizado *in loco* com quatro porcentagens distintas de EPS ao total do composto cimentício;
- Confeccionar corpos de prova na obra e avaliar o peso, comparando a argamassa convencional e o concreto leve com adição de EPS com porcentagem determinada em experimento;
- Verificar a aplicabilidade desse produto final com EPS conforme a porcentagem definida para a produção do contrapiso na obra.

3 JUSTIFICATIVA

Do ponto de vista econômico e ambiental, a logística reversa apresenta diversas vantagens à construção civil. A preocupação de empregar o produto já utilizado em outro campo faz com que o mercado utilize os rejeitos ou materiais integrando-os ao processo produtivo.

Na cidade de Campo Mourão, a destinação do EPS à unidade de recebimento de resíduos sólidos da construção civil se torna inviável devido à falta de licença ambiental para recebimento de tal material. Logo é importante a busca por alternativas para utilização do EPS proveniente das lajes treliçadas utilizadas em obras na cidade, sendo esse o principal motivo do desenvolvimento desse trabalho. Uma possível solução é o uso do EPS na composição do concreto leve para contrapisos.

Para Tessari (2006), a preocupação com a correta destinação de resíduos e redução de custos é o que impulsiona atualmente o mercado a implementar a logística reversa em diversas áreas. A Resolução CONAMA nº 307/2002 determina que os geradores de resíduos da construção civil são os responsáveis pela destinação final correta dos RCD'S ao final do processo construtivo.

Aliado a essa preocupação, o isopor é um material versátil dentro da construção civil. “Os agregados de isopor podem substituir em parte ou completamente os agregados miúdos comumente usados no concreto ou a areia no caso de massas cimentícias.” (OLIVEIRA, 2013).

Sendo assim, o concreto leve com adição de EPS (sigla internacional para o Poliestireno Expandido - Isopor®) é uma opção perante o problema de descarte. De acordo com a ABRAPEX (2000) ele vem se tornando o material com maiores possibilidades de aplicação na indústria da construção devido a seus valores de isolamento, o peso escasso de elemento construtivo, a possibilidade de elaboração - tanto nas indústrias como na obra, a possibilidade de composição com o concreto convencional. O mesmo pode ser utilizado em elementos da edificação quando não há exigência de resistência a grandes esforços, proporcionando redução de peso na construção.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa pode ser definida como o processo de planejar, implementar e controlar de modo eficiente e eficaz o fluxo de matéria-prima, embalagens, estoque, bens acabados e suas respectivas informações do ponto de consumo para o ponto de origem, com o objetivo de agregar valor a esse material ou então dispor dele da forma correta (ROGERS, 1998).

Mueller (2005) afirma que a logística reversa pode ser classificada como sendo uma versão contrária da logística como conhecemos; esse ramo logístico utiliza os mesmos processos que um planejamento convencional e ambos tratam de nível de serviço e estoque, armazenagem, transporte, fluxo de materiais e sistema de informação. Em resumo trata-se de um novo recurso para lucratividade.

Os principais objetivos para a implantação da logística reversa, independente da área, são (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; FLEISCHMANN, 2001):

- Econômico: ganho financeiro;
- Legais: atender as legislações vigentes;
- Mercadológico: diferenciação de produtos e serviços prestados;
- Ganho de imagem corporativa: diferenciação da imagem por realizar atividades que busquem não agredir o meio ambiente.

Em relação aos aspectos legais, destaca-se o atendimento à correta destinação dos resíduos provenientes da construção civil estabelecido pela Resolução CONAMA nº 307/2002. De acordo com o Artigo 4º da resolução, os geradores de resíduos deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Quanto à classificação dos RCD's, a CONAMA (2002) define o EPS como resíduo da Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações, assim como os plásticos, papel/papelão, metais, vidros e madeiras.

No ramo da logística reversa existem duas vertentes, a logística pós-venda e a logística pós-consumo. Segundo Fonseca e Souza (2009), a primeira

classificação refere-se ao fluxo de retorno de produtos que foram entregues com algum tipo de problema, produtos que necessitam reparos e, produtos que o produtor assume a responsabilidade sobre o mesmo, após sua vida útil; já a segunda frente aborda o fluxo de retorno de produtos que se destinarão basicamente a venda ou reciclagem, produtos que tenham sido originários do comércio, indústria ou residências.

Mueller (2005) afirma que o aumento do descarte de materiais é proporcional à diminuição do ciclo de vida dos produtos, definido por Pereira et al (2012) como sendo o tempo transcorrido desde a sua produção original até o momento em que o primeiro possuidor se desfaz dele. Sendo assim, a logística reversa pós-consumo caracteriza-se pelos subsistemas de revalorização.

Há tempos a logística reversa vem sendo implantada aos sistemas produtivos, segundo Mueller (2005) os fabricantes de bebidas iniciaram a atividade logística, pois precisavam retornar suas embalagens a fim de reutilizá-las; siderúrgicas já usam parte de sua sucata produzida por seus clientes como insumo de produção; a rentabilidade do retorno de latas de alumínio é notável e as indústrias procuram inovar em métodos de retorno dessas embalagens. Ainda de acordo com a literatura da autora, o retorno de produtos altamente nocivos ao meio ambiente como embalagens de agrotóxicos, pilhas, baterias, produtos utilizados em laboratório para fim de pesquisa, tem se tornado necessário devido ao fato desses produtos conterem compostos químicos tóxicos e compostos químicos radioativos, e os mesmos representarem perigo iminente.

Para Biazzi (2002) algumas razões que demonstram a importância da logística reversa pós-consumo são: devolução cada vez maior de produtos pelos clientes do varejo; alto desenvolvimento tecnológico – fator que gera grande obsolescência e aumenta a preocupação das empresas em evitar acúmulos de produtos; escassez de recursos virgens; e dificuldade de eliminar produtos e componentes não reaproveitados nas grandes cidades, resultando em acúmulo de resíduos. Segundo Chagas et al.(2011), grandes empresas passaram a utilizar a logística reversa no pós-consumo, onde a recuperação dos materiais era inviável e/ou a destinação era desconhecida e inadequada, visando desta maneira uma melhor imagem perante a sociedade.

O Brasil não apresenta significativas aplicações logísticas, sendo ela direta ou reversa. No campo da construção civil esse desenvolvimento é ainda menor do

que nos setores administrativos. Fonseca e Souza (2008) acreditam que o maior problema para implantação do esquema logístico reverso na área é a falta de sistemas prontos e a necessidade de se desenvolver sistemas próprios. Porém, a logística reversa tem importância para o crescimento sustentável dessa área, seja agregando valor a um produto envolvido no processo construtivo ou apenas destinando o mesmo a um novo “ciclo de vida”. O aspecto econômico é um dos pontos favorecidos com a implantação da logística reversa no canteiro de obras, refletindo na redução de investimento em matéria prima virgem, transporte e destinação de resíduos.

Tessari (2006) afirma que atualmente, a construção civil sofre com a falta de opção para descarte correto dos materiais provenientes do canteiro de obras, e em Campo Mourão não é diferente. A cidade está em crescimento e o mercado da construção civil vem acompanhando essa evolução, sendo assim, muitos são os materiais e inovações implantadas na área. De acordo com Halmeman, Souza e Nascimento (2009), a cidade conta com apenas uma opção de destinação para materiais ao final do processo.

Dentro da construção civil são muitos os materiais reaproveitados advindos da própria obra, porém devido à falta de informação e investimento em pesquisa as aplicações para absorver os resíduos na área ficam restritas. São alguns exemplos de materiais que apresentam ciclo de vida na logística reversa (CHAGAS et al., 2011): sucata de ferro, latas de alumínio, baterias, papel, papelão, embalagens PET, vidro e isopor (poliestireno expandido).

4.2 USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Mesmo o poliestireno expandido sendo totalmente reciclável e representando apenas 0,1% do lixo produzido (TESSARI, 2006), quando descartado de forma incorreta se torna nocivo ao meio ambiente. De acordo com Schicoski (2008), o EPS leva mais de 150 anos para decompor, ocupam grandes espaços nos aterros sanitários – fato que contribui para a diminuição da vida útil dos mesmos e aumento dos gastos públicos com a construção de novos aterros; quando misturado a outros rejeitos é prejudicial à decomposição de materiais biodegradáveis; quando

esfacelado e disperso em corpos hídricos podem ser confundidos por cetáceos e peixes e, às vezes, levando-os a morte; quando queimado de forma indiscriminada libera gás carbônico contribuindo com a poluição do ar e ao aquecimento global.

Tessari (2006) afirma que a reciclagem do EPS se torna muitas vezes inviável devido à sua composição (98% de ar, 2% de material plástico) que implica em inviabilidade de transporte até as indústrias recicladoras.

Conhecido usualmente como Isopor® e registrado como tal, o poliestireno expandido é um material de grande importância dentro da construção civil devido às suas propriedades físicas e químicas. De acordo com a ABRAPEX (2000) devido à extrema leveza, resistência e fácil manuseio, o isopor apresenta resultados positivos quando utilizado como isolante termo acústico e preenchimento de lajes. Outras utilizações não tão conhecidas do EPS dentro da construção civil são (ABRAPEX, 2000): proteção contra incêndio em estruturas metálicas; qualquer peça pré-moldada não estrutural; bases para calçamento; quadras poliesportivas; contrapisos; muros pré-moldados, balaústres; vasos e elementos decorativos para jardins; bancos e painéis pré-moldados para a construção de casas.

Helena (2009) utilizou o poliestireno expandido na produção de concreto leve e argamassa e analisou o comportamento físico e químico dos mesmos em comparação aos produtos convencionais. O autor afirma que através de uma análise geral a inclusão do isopor na construção civil é aceitável, por proporcionar algumas propriedades satisfatórias, no concreto e na argamassa, atingindo as resistências necessárias com possíveis aplicações da argamassa em blocos com funções estruturais e o concreto para aplicação em contrapiso.

4.3 UTILIZAÇÃO DO EPS PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO LEVE

Segundo Tessari (2006), 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 se moído e reaproveitado.

De acordo com a ABRAPEX (2000), o concreto leve com EPS (sigla internacional do Poliestireno Expandido) vem se tornando o material com maiores possibilidades de aplicação na indústria da construção devido a seus valores de isolamento, o peso escasso de elemento construtivo, a possibilidade de elaboração - tanto nas indústrias como na obra, a possibilidade de composição com o concreto convencional. Esse tipo de concreto pode ser sempre utilizado em elementos da edificação quando não há exigência de resistência a grandes esforços, proporcionando grande redução de peso na construção; e em decorrência da baixa absorção de água do EPS e a possibilidade de um acabamento homogêneo de superfície, o concreto leve pode ser utilizado em outros elementos arquitetônicos e de paisagismo entre outras possibilidades.

O concreto leve com EPS tem as seguintes aplicações (ABRAPEX, 2000):

- Regularização de lajes em geral: Inclinação para escoamento;
- Painéis de fechamento: Prédios/casas pré-fabricadas/galpões;
- Elementos pré-fabricados: Lajotas/blocos vazados, pilares para muros, elementos vazados, elementos decorativos para fachadas e jardins;
- Pavimentos: Calçadas, painéis para fechamento de galerias;
- Elementos tipo “móveis”: Bancos para ambientes externos, base para montagem de sofás/ balcões/ camas;
- Áreas de lazer: Quadras de esporte, base para dispositivos de exercícios.

Os agregados de EPS podem substituir em parte ou completamente os agregados miúdos comumente usados no concreto ou a areia no caso de massas cimentícias (OLIVEIRA, 2013). Baseando-se na metodologia e aplicação do EPS na construção civil, proposta por Tessari (2006), os flocos de isopor para esta aplicação devem ser entre 1 a 8 mm aproximadamente. De acordo com Helena (2009), para confecção do concreto leve é adicionado em média entre 20 a 40% de material Isopor ao composto de cimento, areia e aglutinante, como apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo das misturas do concreto para produção do contrapiso.

Tipo de concreto	Mistura						
	EPS (%) do volume do concreto	Traço em massa (1:m)	Traço em massa (1:a:p)	a/c	Teor de aditivo (%)	Cola branca de madeira (%)	Índice de consistência pelo abatimento (cm)
Referência	-	1 : 5,5	1 : 2,58 : 2,92	0,55	0,70	-	9
Concreto com acréscimo de 20% EPS	20	1 : 5,5	1 : 2,58 : 2,92	0,53	0,70	5,0 ¹	12
Concreto com acréscimo de 40% EPS	40	1 : 5,5	1 : 2,58 : 2,92	0,60	0,70	5,0 ¹	8

Fonte: Helena (2009)

De acordo com Tessari (2006), a densidade dos concretos normais varia entre 2300 a 2500 kg·m⁻³ e, já as densidades observadas nos concretos leves atingem até 600 kg·m⁻³.

Babu (2003 apud TESSARI, 2006), realizou um estudo sobre o uso de agregados leves de EPS, em proporções compreendidas entre 94,5% e 0%, em concretos contendo 50% de cinzas volantes no material cimentício, visando identificar características da durabilidade do concreto, como: permeabilidade, a absorção e o ataque químico. Concluiu que a permeabilidade e a absorção diminuem com o aumento da densidade.

O fato de praticamente o EPS não absorver água, permite uma ótima qualidade do concreto produzido e um acabamento de superfície homogêneo, tornando possível o seu uso, mesmo exposto à intempéries, com várias possibilidades de uso arquitetônico (HELENA, 2009).

Existem duas Normas Regulamentadoras Brasileiras (NBR) que abordam o incremento do EPS no concreto leve, sendo elas: NBR 7211/2005, referente a especificação dos agregados para concreto; e a NBR 9776/1987, que trata sobre a determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.

5 METODOLOGIA

Realizou-se um estudo em um sistema construtivo de seis pavimentos, com área de 612,33 m² em alvenaria, que utiliza lajes treliçadas e está localizada em Campo Mourão, Paraná.

A observação *in loco* para verificação do uso do EPS no contrapiso da obra foi realizada em quatro etapas. O material encontrava-se disponível na edificação e as etapas consistiram em:

- Etapa 1: Coleta do EPS para trituração em flocos do mesmo, resultando em granulometria entre 1 a 8 mm, determinada em trabalho realizado por Tessari (2006);

- Etapa 2: Definição da homogeneidade do concreto leve com o auxílio de um pano de 1m² na própria edificação na qual foi realizada a fase de contrapiso. Realização de experimentos com a adição de 0, 20, 40 e 60% de EPS em relação ao total de composto cimentício;

- Etapa 3: Confeção em obra de seis amostras de corpos de prova de argamassa convencional e seis amostras de corpos de prova de concreto leve com adição de EPS produzido com a porcentagem na qual a homogeneidade foi satisfatória na etapa anterior. Para a fabricação dos corpos de prova foram utilizados moldes cilíndricos de plástico, com dimensões de 75mm de diâmetro e 250mm de altura, conforme figura 1.

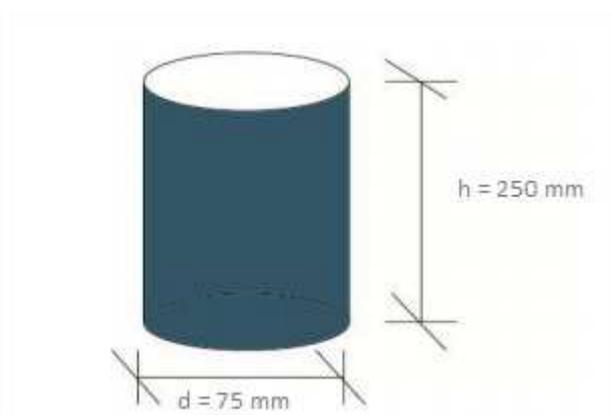


Figura 1 - Dimensões dos corpos de prova

Para a confecção dos corpos de prova, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003) que determina a moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Primeiramente foram revestidos internamente os moldes dos corpos de prova com uma fina camada de óleo mineral, em seguida iniciou-se o processo de preenchimento dos moldes com concreto. Assumindo as condições estabelecidas na Tabela 1 da NBR 5738 (ABNT, 1993) que indica o número de camadas para moldagem dos corpos de prova, para o concreto leve com adição de EPS e a argamassa convencional que serão confeccionados, deve-se realizar nove camadas com adensamento manual em 225 golpes, totalizando 25 golpes por camada de composto cimentício. Para o cálculo da densidade dos concretos utilizou-se a fórmula do volume do cilindro para quantificar o volume de concreto em cada corpo de prova, como indicado na Equação 1.

$$\text{Volume cilindro} = \pi r^2 h = m^3 \quad (01)$$

Após o cálculo de volume utilizou-se a fórmula da densidade, expressa na Equação 2, para determinar as densidades de cada corpo de prova.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} = \frac{kg}{m^3} \quad (02)$$

Para calcular a densidade média do concreto leve e do concreto convencional utilizou-se o método estatística ANOVA, aplicando os valores desejados no programa Bio Estat 5.0.

- Etapa 4: A fim de verificar a homogeneidade do material, foi aplicada a argamassa em um pano dentro de uma obra de construção civil. De acordo com o Caderno de Técnicas Construtivas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o concreto de preparação de piso deve ser aplicado em espessura mínima de 5cm e deve-se obter ao final do processo uma superfície perfeitamente plana e nivelada.

Como o objetivo do estudo não consiste na análise das propriedades favorecidas ou não com esse enriquecimento do concreto leve, não foi realizado nenhum experimento em laboratório, apenas experimento para determinação do peso.

A confecção do concreto leve foi baseada em estudo realizado por Helena (2009) que descreve o processo da seguinte forma: mistura-se o concreto durante três minutos em betoneira de 120 litros, seguidos três minutos de descanso e logo após, mais dois minutos de mistura final, conforme indicado pela NBR 12821 (ABNT, 1993); seguindo-se o procedimento de mistura indicado em norma, adiciona-se o agregado graúdo, antes de ativar a betoneira, em seguida adiciona-se parte da água com aditivo e do cimento, os flocos de EPS, o agregado miúdo e por fim o restante do cimento e da água.

As propriedades físico-químicas do concreto leve foram apresentadas com base em Normas Reguladoras, dados fornecidos por Órgãos Responsáveis como a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX) e, por resultados de pesquisa técnicas e acadêmicas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 TRITURAÇÃO DO ISOPOR

O isopor proveniente das sobras das lajes treliçadas utilizadas na obra está localizado no piso térreo da mesma, próximo à entrada, ocupando aproximadamente 100 metros quadrados, como indicado na Figura 2. A escolha desta localização para depósito foi decorrente do fato do local possibilitar proteção do isopor a vento e intempéries e também não interferir no andamento da obra.



Figura 2– Local de disposição do isopor destinado ao concreto leve

Para a trituração do isopor presente na obra, foi utilizado um triturador de cereais elétrico localizado em uma chácara na região de Farol, Paraná. O isopor foi levado até o local em bags pertencentes à própria obra, cortado em pedaços menores e em seguida foi triturado com o auxílio do maquinário.

Não foi possível determinar corretamente a granulometria do isopor após a trituração, pois o maquinário não realiza um processo padronizado, já que o mesmo é utilizado para silagem de cereais e tal atividade não necessita de granulometria padrão. Não realizou-se nenhum ensaio para determinação granulométrica, impossibilitando a utilização do padrão granulométrico estabelecido por Tessari (2006), porém o isopor triturado apresentou resultado viável para realização dos experimentos, como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3 - Isopor após trituração

6.2 HOMOGENEIDADE DO CONCRETO LEVE

No dia 22 de outubro de 2013 realizou-se o experimento referente à homogeneidade do concreto leve a ser utilizado em obra. O experimento consistiu na produção de quatro panos com dimensões de $(50 \times 106 \times 5) \text{ cm}^3$, como ilustrado na Figura 4, e a cada um foi adicionado concreto leve com determinada porcentagem de adição de isopor triturado. As proporções estipuladas foram de 0, 20, 40 e 60 por cento em relação ao produto final. O concreto sem adição de isopor foi confeccionado apenas para comparação em relação aos demais.



Figura 4 - Quadro para confecção dos panos

O concreto foi confeccionado com base no traço de 1: 2,5: 3 (cimento: areia: pedrisco) e o isopor foi aplicado ao composto cimentício substituindo o volume de pedrisco nas proporções indicadas na Tabela 2. Para padronização das medidas,

utilizou-se um recipiente graduado de polipropileno com capacidade volumétrica de dois litros.

Tabela 2 - Quantidade de materiais utilizados para confecção dos quatro panos destinados à avaliação da homogeneidade.

<i>Tipo de concreto</i>	<i>Cimento</i>	<i>Areia</i>	<i>Pedrisco</i>	<i>Isopor</i>
Concreto convencional	5	12,5	15	0
Concreto leve com 20% de EPS	5	12,5	12	3
Concreto leve com 40% de EPS	5	12,5	9	6
Concreto leve com 60% de EPS	5	12,5	6	9

A massa foi produzida em uma betoneira de 120 litros, como nota-se na Fotografia 5.



Figura 5 – Preparação do concreto na betoneira

A confecção dos panos foi realizada seguindo os passos estabelecidos no Caderno de Técnicas Construtivas da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o nivelamento dos panos foi auxiliado pelo uso de uma régua, como observa-se nas Figuras 6 e 7.



Figura 6 – Processo de confecção do pano



Figura 7 - Processo de confecção do pano

Após realização do experimento, optou-se pela utilização do concreto leve com adição de 60% de isopor. A engenheira responsável pela obra optou por essa dosagem de isopor no concreto devido ao melhor resultado em relação à trabalhabilidade. Helena (2009) confirma que devido à maior área de contato entre os flocos de isopor e a pasta de cimento, elevam-se os vazios do concreto proporcionando aumento de porosidade e aderência.

Na Figura 8 verifica-se o quadro finalizado com os quatro tipos de concreto produzidos com as diferentes porcentagens de adição de isopor durante o experimento.

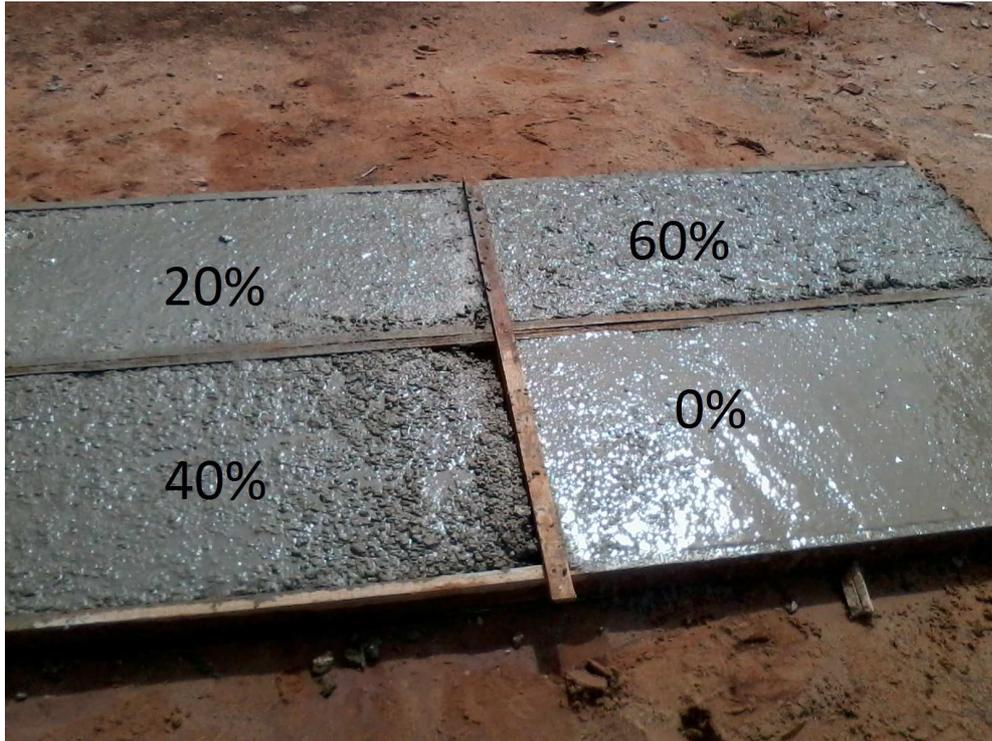


Figura 8 - Pano finalizado

6.3 BAIXA DENSIDADE DO CONCRETO LEVE

O segundo experimento aconteceu no dia 06 de novembro de 2013 na própria obra. O mesmo consistiu na produção de doze corpos de prova para comprovação do peso e menor densidade do concreto leve em relação ao concreto convencional.

Utilizou-se doze tubos de PVC com diâmetro de 75 mm (7,5 cm) e com tampas de mesmo diâmetro, a altura para cada corpo de prova foi de 25 cm, conforme Figura 9. Seis tubos de PVC foram destinados ao concreto leve com adição de 60% de isopor e os demais tubos, ao concreto convencional.



Figura 9 - Tubos de PVC selados com tampas de PVC

Primeiramente, untou-se os tubos de PVC com óleo vegetal para facilitar a retirada dos corpos de prova posteriormente, como recomendado na NBR 5738 (ABNT, 2003) e demonstrado na Figura 10.



Figura 10 - Tubos de PVC untados internamente com óleo vegetal

Em seguida, confeccionou-se as massas para realizar o preenchimento dos tubos de PVC. Novamente utilizou-se o recipiente graduado de polipropileno com capacidade volumétrica de dois litros como medida padrão.

Para a confecção do concreto leve com adição de 60% de isopor utilizou-se o mesmo traço anterior. Devido ao baixo volume desejado a massa foi preparada na própria carriola com as proporções de 0,5: 1,2 : 0,6 : 0,9 (cimento, areia, pedrisco, isopor). A massa convencional de concreto foi produzida com traço de 0,5: 1,2: 1,5 (cimento, areia, pedrisco), também confeccionada na carriola.

A Figura 11 ilustra a preparação do concreto na carriola.



Figura 11 - Preparação do concreto na carriola

A cada camada de massa, delimitada pela aplicação de uma colher de pedreiro de massa, foi realizado adensamento manual com 25 golpes por camada, totalizando 100 golpes por tubo de PVC.

Os corpos de prova foram deixados na própria obra durante o período de cura do concreto, totalizando vinte oito dias.

Ao fim do período de cura, os corpos de prova foram levados ao laboratório de Ensaios Tecnológicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para realização da pesagem dos mesmos. Foram retiradas as tampas de cada tubo, porém manteve-se o tubo de PVC para pesagem devido ao material ter aderido ao tubo. As Figuras 13 e 14 ilustram os corpos de prova de concreto leve e de concreto convencional pré-pesagem.



Figura 12 - Corpos de prova de concreto leve com adição de 60% de isopor



Figura 13 - Corpos de prova de concreto convencional

A pesagem foi realizada com balança digital Balmak ELP-10, obtendo os resultados expostos na Tabela 3:

Tabela 3 - Valores da pesagem dos corpos de prova confeccionados em obra para comprovação da baixa densidade do concreto leve com adição de isopor.

Corpo de prova	Concreto convencional	Concreto leve com adição de 60% de isopor
Corpo de Prova 1	1,575 kg	1,093 kg
Corpo de Prova 2	1,490 kg	1,082 kg
Corpo de Prova 3	1,472 kg	1,071 kg
Corpo de Prova 4	1,480 kg	1,089 kg
Corpo de Prova 5	1,432 kg	1,198 kg
Corpo de Prova 6	1,499 kg	1,001 kg

Através da fórmula de volume do cilindro, substituindo as dimensões do tubo de PVC em metros, encontrou-se o valor do volume do corpo de prova.

Admitindo o volume do corpo de prova igual a $0,003068 \text{ m}^3$ ($3067,9 \text{ cm}^3$), realizou-se o cálculo da densidade dos corpos de prova de concreto convencional e de concreto leve com adição de 60% de isopor. Os valores são observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Densidades dos corpos de prova produzidos na obra.

Corpos de prova	Concreto convencional	Concreto leve com adição de 60 % de isopor
Corpo de prova 1	1426,63 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	990,03 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Corpo de prova 2	1349,64 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	980,07 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Corpo de prova 3	1333,33 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	970,11 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Corpo de prova 4	1340,58 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	986,41 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Corpo de prova 5	1297,10 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	1085,15 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Corpo de prova 6	1358,70 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	906,70 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Após lançamento dos valores no programa Bio Estat 5.0 para aplicação do método ANOVA, notou-se menores densidades nos corpos de prova de concreto leve em comparação aos corpos de prova de concreto convencional. A redução de densidade entre os concretos leve e convencional é de, aproximadamente, 27%.

De acordo com Kerbauy (2010 *apud* CATOIA, 2012), o Concreto Leve com EPS é denominado Concreto Ultraleve®, ou Concreflex® (CFX), que é um concreto que contém isopor, atuando como agregado leve e ao mesmo tempo como incorporador de ar, destinado para fins estruturais e não estruturais, apresentando massa específica variando entre $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e $1300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, inferior à massa específica usualmente apresentada pelo Concreto Leve Estrutural. Sendo assim, a densidade média encontrada no experimento corresponde ao intervalo citado pelo autor.

6.4 CONFECÇÃO DO PANO FINAL

Por fim, realizou-se, no dia 19 de dezembro de 2013, a aplicação do pano com concreto leve com adição de 60% de isopor na própria obra.

Devido ao grande volume de massa necessária utilizou-se a carriola como medida padronizada para confecção do concreto leve com adição de 60% de isopor, apresentando traço 1:2,5:1:2 (cimento:areia:pedrisco:isopor).

Utilizou-se guias para produção do pano, sendo elas tijolos deitados que serviram como niveladores para o pedreiro, como observa-se na Figura 15.



Figura 14 - Taliscas para nivelamento do pano de concreto

O nivelamento do pano foi obtido através do uso de uma régua e o nível de pedreiro, como indicado na Figura 16. O espaço entre as duas taliscas consecutivas foi preenchido com o concreto leve em excesso, em seguida passou-se a régua

entre as duas taliscas com movimento lateral vai-e-vem. Por fim, o excesso de massa foi retirado, restando a guia perfeitamente plana.



Figura 15 - Pano finalizado

O experimento foi realizado em um cômodo localizado no último pavimento da construção. A área do cômodo, indicada na Figura 17, era de aproximadamente 20 metros quadrados, nos quais cerca de 5 metros quadrados foram destinados à aplicação do pano final.



Figura 16 – Cômodo no qual realizou-se o pano de concreto

Ao fim do experimento, como observado na Figura 18, constatou-se trabalhabilidade satisfatória do concreto leve com adição de 60%.



Figura 17 - Pano finalizado

De acordo com estudo realizado por Helena (2006), a aplicação de porcentagens superiores a 50% de isopor ao composto cimentício apresenta resultados positivos quanto à trabalhabilidade do concreto, como no experimento utilizou-se adição de 60% de isopor ao concreto leve, reafirma-se o resultado satisfatório.

Na Figura 19, é possível observar o aspecto final do concreto leve produzido no experimento.



Figura 18 - Aspecto final do pano de concreto leve com adição de 60% de isopor

Baseando-se nas observações de Helena (2009), acredita-se que porcentagens superiores à utilizada no experimento apresentarão resultados também satisfatórios. O investimento em maquinários com funções trituradoras pode ser uma alternativa econômica para construções que utilizam lajes treliçadas e não possuem local para correta destinação dos resíduos provenientes de lajes treliçadas.

7 CONCLUSÃO

Com foco na destinação dos resíduos de isopor presentes em uma obra residencial em Campo Mourão, se fez necessário o estudo da viabilidade da implantação do EPS como agregado miúdo na composição do concreto leve para contrapiso.

Após realização de experimentos *in loco*, constatou-se a melhor trabalhabilidade e aplicabilidade do concreto leve com adição de 60% de isopor em sua composição. Essa escolha se deu a partir da análise da homogeneidade do concreto leve com adição de diferentes porcentagens de isopor, sendo que os concretos leves com adições menores de 60% não apresentaram áreas suficientes de vazios da massa. Conclui-se também por aplicação do método estatístico ANOVA a baixa densidade do concreto leve em relação ao concreto convencional, sendo essa redução de aproximadamente 27%, comprovando dados relatados em demais estudos.

Para a obra onde realizou-se o experimento, o local de destinação correta dos resíduos de isopor encontra-se à aproximadamente 200 quilômetros do local da obra, impossibilitando o transporte sem altos custos. Portanto, a busca por equipamentos trituradores instalados na própria obra pode ser uma alternativa viável.

Sendo assim, ao fim do estudo constatou-se a total aplicabilidade do concreto leve com adição de EPS, apoiando-se na viabilidade construtiva do produto final.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido – Projeto ABRAPEX: Reciclagem e Reaproveitamento de EPS. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/06Reciclagem.html>>. Acesso em: 27 Ago. 2013.

AMBIAGRO. Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa. Caderno Técnicas Construtivas. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/construtivas.pdf>>. Acesso em: 06 Set. 2013.

BLAZZI, Luiz Fernando de; SANTORO, Miguel Cezar. Logística reversa: o que é realmente e como é gerenciada. **V Simpósio de Administração da Produção e Operações Internacionais**. São Paulo, 2002.

BRASIL. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1 p. 95 – 96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 18 set. 2013.

CATOIA, Thiago. **Concreto ultraleve estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

CHAGAS, F. H. C.; BERRETTA-HURTADO, A. L.; GOUVÊA, C. A. K. Logística Reversa: Destinação dos Resíduos de Poliestireno Expandido (Isopor®) Pós-Consumo de uma Indústria Catarinense. **3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. “Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World”**. São Paulo, 18-20 Maio 2011.

COLMENERO, João Carlos; SILVA, Mayara Cristina Ghedini da. Legislações Brasileiras que Incentivavam o Desenvolvimento da Logística Reversa. **5º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. Ponta Grossa, 2010.

FELIZARDO, Jean Mari; HATAKEYAMA, Kazuo. Logística Reversa como agente cibernético. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba, 2002.

FONSECA, Sérgio Ulisses Lage da; SOUZA, Sueli Ferreira de. Logística Reversa: Oportunidades para Redução de Custos em Decorrência da Evolução do Fator Ecológico. **Revista Terceiro Setor**. Guarulhos, v. 3, n. 1, 2009.

HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues; SOUZA, Paula Cristina de; CASARIN, André Nascimento. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão – PR. **Revista Tecnológica**, Maringá, Edição Especial ENTECA 2009, p. 203-209, 2009.

HELENA, Maiko Sant'. **Estudo para Aplicação de Poliestireno Expandido (EPS) em Concretos e Argamassas**. 2009. 87 f. TCC (Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2009.

JESUS, Romério Barreto de; MOURA, Ruan Carlos de Araújo; REZENDE, Hélder Andrade. A Logística no Contexto da Construção Civil. Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas. v. 1. n. 16. p. 135-146. Sergipe: 2013.

LACERDA, Leonardo. Logística Reversa, uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Centro de Estudos em Logística da COPPEAD – UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa: Nova área da Logística Empresarial. **Revista Tecnológica**. São Paulo: Editora Publicare, maio 2002.

LIMA JÚNIOR, Orlando Fontes; PINTO, Janaina Antonino Pinto. Aplicação do Conceito de Rede Logística Reversa na Construção Civil. **XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET**. Florianópolis, 2004.

MUELLER, Carla Fernanda. Logística reversa, meio ambiente e produtividade. **GELOG - Grupo de Estudos Logísticos Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, Fabiana Gonçalves; GUIMARÃES, André T. C. Poliestireno Expanso Reciclado: Material Alternativo para Construção Civil e Naval. **IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações**. São Paulo, 5-6 Junho 2001.

OLIVEIRA, Livia Souza de. **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Mestrado em Materiais e Processos de Fabricação) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, 2013.

PEREIRA, André Luiz; BOECHAT, Cláudio Bruzzi; TADEU, Hugo Ferreira Braga; SILVA, Jersone Tasso Moreira; CAMPOS, Paulo Március Silva. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PUCCI, Ricardo Basili. **Logística de Resíduos da Construção Civil atendendo à Resolução CONAMA 307**. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROGERS, D.S., TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reverse Logistics Executive Council. Reno, University of Nevada. 1998.

ROYER, B. et al. Efeito da Aplicação do Poliestireno Sulfonado (PSSNa) como Aditivo em Argamassas e Concretos de Cimento Portland CPV32. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15 n.11, p. 63-67, 2005.

SARKIS, Carlos Eduardo. **Reciclagem de Poliestireno Expandido (EPS) para o uso na fabricação de perfilados de poliestireno**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHICOSKI, Carlos Alberto. Isopor: uso abusivo e reciclagem incipiente. **Revista Meio Ambiente**, Campo Mourão, v.3 n.11, p.16-17, fev.2008.

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