



UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS COMO ISOLANTES TÉRMICOS: UMA REVISÃO APLICADA AO CASO DO PROJETO KIT-MORES SOB A ÓTICA DO ECO-DESIGN

Fabiano André Trein
Universidade Federal do Paraná
fabianotrein@feevale.br

Aguinaldo dos Santos
Universidade Federal do Paraná
asantos@ufpr.br

Alexandre Silva de Vargas
Universidade Feevale
alexandrev@feevale.br

Marco Antônio Siqueira Rodrigues
Universidade Feevale
marcor@feevale.br

Resumo: Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o elevado volume de resíduos sólidos gerados pela indústria para suprir a demanda por bens de consumo da população mundial. Exemplos são comuns em todas as áreas e em todos os processos industriais onde uma grande quantidade de materiais são encaminhados a centros de armazenamento permanente devido à falta de métodos de reintrodução destes materiais ao processo fabril. Os problemas relacionados com as questões ambientais, como a poluição e geração de resíduos, e as suas consequências são, em muitos casos, ligada aos processos de produção. Neste sentido, a apresentação deste trabalho tem como objetivo apresentar o levantamento técnico de empresas da Região Metropolitana de Curitiba, geradoras de resíduos sólidos, com o intuito da utilização dos mesmos como isolante térmico no sistema construtivo sob a ótica do Eco-design, desenvolvido pelo projeto KIT-MORES (“Kit de Moradia utilizando Resíduos”) financiado junto à empresa Soliforte pela FINEP, para habitação de interesse social. Após a execução do levantamento dos resíduos possíveis de serem utilizados como isolantes térmicos evidenciou-se a plena confirmação de que há na Região Metropolitana de Curitiba fornecedores suficientemente capazes e hábeis de suprirem a demanda exigida pelo projeto atendendo às premissas básicas do Eco-design na produção dos novos produtos.

Palavras-chave: Resíduos, isolante térmico, sustentabilidade, Projeto KIT-MORES, Eco-design.

Abstract: *One of today's major environmental problems is the high volume of solid waste generated by industry to meet the demand for consumer goods of the world population. Examples are common in all areas and in all industrial processes where a large amount of materials are sent to permanent storage centers due to lack of reintroduction methods of these materials to the manufacturing process. The problems related to environmental issues such as pollution and waste generation, and its consequences are in many cases linked to production processes. In this sense, the presentation of this work is to present the technical survey of companies in the Metropolitan Region of Curitiba, generating solid waste, with the aim of using them as insulation in building system from the perspective of the Eco-design, developed by project KIT-Mores ("House Kit using wastes") funded by the company Soliforte by FINEP for social housing. After running the survey of possible waste to be used as thermal insulation showed to full confirmation that there is in the Metropolitan Region of Curitiba sufficiently capable and skilled suppliers to providing for the demand required by the project in view of the basic premises of the Eco-design new products production.*

Keywords: *Waste, thermal insulation, sustainability, KIT- Mores Project, Eco-design.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, situações decorrentes da globalização e da busca incansável por menores custos levam, por parte das empresas, à utilização de técnicas, processos e materiais, muitas vezes não condizentes com as necessidades de sua sustentabilidade. Elementos estes não alinhados com o próprio meio no qual estão inseridas pelo impacto ambiental que geram e pelos efeitos antrópicos futuros em decorrência de sua inadequação (RIBEIRO & MORELLI, 2009).

Aliado a isso, e ao fato de que, em vários países tem-se o custo cada vez mais crescente de novos materiais além da contínua redução dos recursos naturais, o uso de resíduos é uma alternativa potencial para a indústria da construção (KAN & DEMIRBOGA, 2009).

O artigo é apresentado num contexto da sociedade onde a preservação do meio ambiente se encontra no centro das discussões tanto no âmbito mundial como nacional e regional, em conferências e congressos. Os problemas relacionados às questões ambientais como a poluição e a geração de resíduos, e suas consequências, estão, em muitos casos, associados aos processos produtivos. O melhor aproveitamento da matéria-prima por meio de processos que incorporem o conceito de logística reversa e os princípios de gestão ambiental vem ganhando importância nas indústrias e instituições de pesquisas, pois, além dos benefícios ambientais, trazem vantagens econômicas às empresas (LEITE, 2014).

Neste sentido, este artigo tem por objetivo apresentar o levantamento técnico de empresas da Região Metropolitana de Curitiba, geradoras de resíduos sólidos, com o intuito da utilização dos mesmos como isolante térmico no sistema construtivo

desenvolvido pelo projeto KIT-MORES (“Kit de Moradia utilizando Resíduos”) financiado junto à empresa Soliforte pela FINEP, para habitação de interesse social.

Consciente da importância de se usar tecnologias alternativas, que reduzam os custos de disposição final, e de avaliar as questões eco-sustentáveis de cidadania e da preservação do meio ambiente, as ações analisadas neste artigo buscam avaliar as alternativas sustentáveis de transformar resíduos, que tradicionalmente são descartados, em matéria-prima para produtos da construção civil sob a ótica do Eco-design, contribuindo para a melhoria da qualidade do ambiente e para o desenvolvimento sustentável.

2. LOGÍSTICA REVERSA E O ECO-DESIGN

Segundo Gadea et al. (2010), os processos industriais geram uma enorme quantidade de resíduos, sendo que, a maioria sem um uso específico, acabam dispostos em aterros industriais. É necessário, portanto, que se estabeleçam procedimentos ou métodos de reutilização destes resíduos no sentido de minimizar este impacto ambiental. Segundo Cruz (2009), as empresas têm feito uma restrição ao conceito de crescimento e passaram a introduzir as questões de ecologia e de sustentabilidade como critério fundamental das atividades de negócio, tornando-se também uma função da administração.

Em meio a essa expansão mundial, há uma crescente preocupação com as questões de reutilização dos resíduos e o crescimento de barreiras ao comércio internacional de diversos produtos, oriundos principalmente de empresas de setores tradicionais, como é o caso da construção civil, da indústria petroquímica, alimentícia, entre outras, localizadas em sua maioria, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, os quais afetam consideravelmente o meio ambiente (INMETRO, 2009).

Um indicador da demanda ambiental atual é a adesão das empresas aos processos de certificações ambientais e, em alguns casos, até florestais e hídricos, solicitados pelos mercados, especialmente os internacionais, exigindo do setor produtivo a responsabilidade ambiental e social na exploração dos recursos naturais, com a máxima preservação possível destes recursos.

De acordo com Silva et. al. (2006), o consumismo desenfreado e a ausência de programas que se preocupam desde a extração da matéria-prima (berço) até o descarte pelo consumidor final (túmulo), passaram a ser argumento para pesquisas, com o intuito de elaborar projetos comprometidos e que possam minimizar o impacto sobre a natureza. Papanek (1977) já afirmava que o design tinha a responsabilidade social com esses aspectos, e que o profissional da área deveria elaborar projetos com essa preocupação, utilizando ferramentas adequadas para tomada de decisões, de forma que os recursos sejam melhores aproveitados, tanto na escolha do material quanto no processo de fabricação, procurando avaliar todos os requisitos necessários em todas as fases do seu ciclo de vida.

De acordo com Pazmino (2007), para criar um produto com critérios ecológicos ou fazer um re-design de um produto já existente, o designer deve estar atento às decisões que precisa tomar em todas as fases do ciclo de vida do produto: pré-produção, produção, uso, descarte, reciclagem, reuso, etc., para que a minimização do impacto ambiental do produto ocorra de forma a atender seus objetivos. Com isso, é

possível perceber que os principais objetivos de produtos desenvolvidos com foco no eco-design são o econômico e o ambiental, conforme pode ser visto na Figura 1.

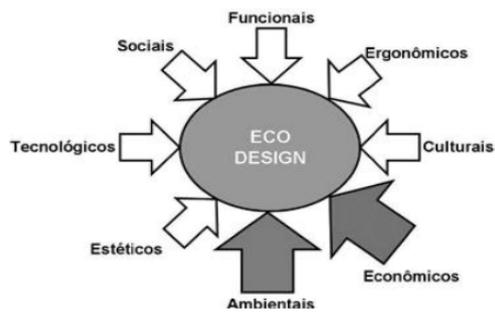


Figura 1 – Aspectos do Eco-Design. Fonte: Pazmino, 2007.

Como exemplo desta mudança de comportamento, pode-se visualizar a Figura 2, elaborada por um órgão público, onde já contempla a logística reversa dos materiais, considerando todas as etapas do ciclo de vida e a reciclagem como alternativa anterior à disposição final.

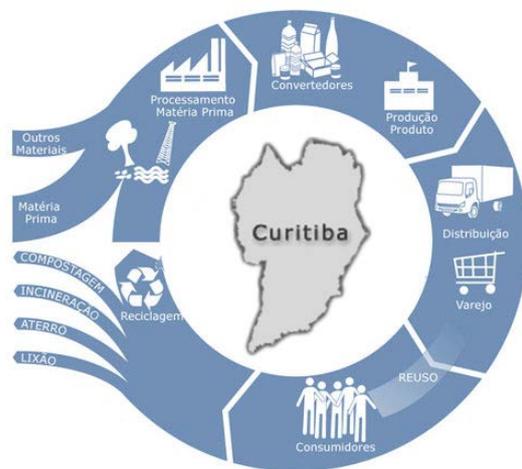


Figura 2 – Mapeamento do Ciclo de Vida do Produto – Engenharia Reversa

Fonte: COMEC, 2014

O atual consumo de madeira em grande escala, por exemplo, pelos diversos setores da sociedade, faz com que surjam discussões e questionamentos sobre os impactos dos resíduos madeireiros ao ecossistema, instigando a ciência florestal no desenvolvimento de pesquisas sobre soluções mitigadoras dos impactos ambientais gerados nos processos produtivos, onde se tem a matéria-prima madeira ou painéis compensados de madeira como principais componentes do processo (LA MANTIA, 2002). Neste contexto, existe a demanda por soluções que viabilizem a utilização de resíduos de painéis de madeira, oriundos do setor moveleiro, da construção civil e outros setores onde ocorre elevado descarte desses produtos, para compor novos materiais que fechem o ciclo produtivo e possam ser reaproveitados. Essas soluções podem favorecer o melhor aproveitamento da matéria-prima, proporcionando maior valor agregado ao produto bem como novas propriedades que melhoram o desempenho dos mesmos.

No caso das indústrias do setor coureiro-calçadista, por utilizarem diversos tipos de materiais para a produção de calçados, bolsas e acessórios, citam-se as solas de borracha, o couro, os materiais têxteis e os laminados sintéticos, os quais geram uma quantidade considerável de resíduo após seu uso, o que tem causado problemas ambientais, inclusive no que tange a locais e formas pouco apropriadas para a sua armazenagem e disposição (ROBINSON, 2009).

Um mau controle deste descarte ou a não reutilização dos resíduos pode causar um agravamento do dano ambiental regional, e a busca por alternativas para o reaproveitamento faz-se urgentemente necessária.

Pode-se citar ainda o caso das fibras sintéticas, em geral poliéster, combinadas com tecidos naturais, como o algodão são hoje recobertas por camadas poliméricas (compósitos) sintéticos, em especial os poliuretanos, oriundos da reação química entre os polióis e isocianatos. Conhecidos e tratados como materiais sintéticos, esses materiais modificados são mais leves, versáteis, disponíveis em várias formas, duráveis e flexíveis. Sua utilização, portanto, começa a ser cada vez mais intensificada e ampliada na indústria calçadista na substituição de materiais tradicionais, como o couro, gerando por sua vez, uma nova soma de resíduos contaminantes.

O copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA) é um dos materiais mais utilizados na indústria brasileira em diversas partes do calçado, sobretudo no solado, pois é leve e macio, possuindo baixa massa unitária (180 kg/m^3), boa resistência ao desgaste e podendo ser produzido em diversas cores. De acordo com Andrade e Medeiros (2012), o EVA é fornecido para a indústria do calçado na forma de chapas expandidas retangulares com mais ou menos 1m^2 cada uma, de onde é recortado, por um processo mecânico, o formato da sola, entresola ou palmilha para o calçado. O resíduo de EVA em questão é composto pelos retalhos que sobram neste processo de corte. Conforme pesquisa realizada em empresas produtoras de calçados na região do Vale dos Sinos no RS, pode-se constatar que a incidência de resíduo varia de 12% a 20% sobre o consumo de EVA, dependendo do processo empregado no corte (ANDRADE E MEDEIROS, 2012). Desde o início de sua utilização, na década de 70, na área calçadista, em especial nos calçados esportivos em função de seu menor custo e peso, a sua aplicação tem crescido quase que exponencialmente ano a ano.

Atualmente, mais de 17 bilhões de pares de solados de EVA têm sido produzidos anualmente pelo mundo, o que gera uma enorme quantidade de resíduos. Além dos percentuais de resíduos citados pela ASSINTECAL (2014), somam-se ainda a geração de resíduos dos processos de preparação e asperação (desbaste com lixa) das solas de EVA, onde os níveis de descarte podem chegar até 35%, conforme Santiago et. al. (2009).

Também considerando a importância e a necessidade dos estudos sobre reciclagem de resíduos de construção no tocante ao uso pela própria indústria da construção civil, em especial os cimentos de baixo impacto ambiental, Jalali et. al. (2012) apresentam que a tendência da produção de concreto com agregados reciclados juntamente com o gerenciamento de resíduos da construção civil despontam como algumas das atividades que mais vêm sendo pesquisados no meio técnico, fatos que podem ser comprovados pelos inúmeros eventos realizados nos últimos anos, entre eles o estudo e o desenvolvimento dos geopolímeros.

De acordo com Gatelli (2011), a gestão ambiental e o tratamento dos resíduos tornaram-se obrigações dentro das empresas, de forma generalizada. Com isso, a

busca pela redução dos impactos ambientais e a minimização dos custos, tornou-se uma estratégia de sobrevivência necessária para manter a competitividade das empresas no mercado.

3. ISOLAMENTO TÉRMICO

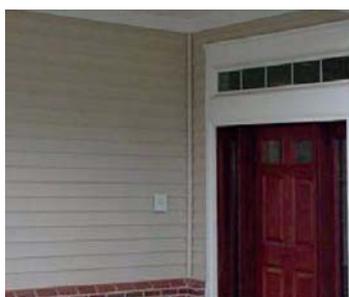
Por definição, transferência de calor é a passagem de energia térmica a partir de um corpo de temperatura mais elevada para um de temperatura mais baixa, conforme a segunda Lei da Termodinâmica. Isto ocorre quando um corpo está em uma temperatura diferente do seu entorno, até atingir o equilíbrio térmico de ambos.

Segundo a Lei da Termodinâmica, "A quantidade de entropia de qualquer sistema termodinâmico isolado tende a aumentar ao longo do tempo." Em outras palavras, quando uma parte de um sistema fechado interage com uma outra parte do sistema em função das diferenças de temperatura, a energia tende a ser dividida em partes iguais, até o sistema atingir o equilíbrio térmico. Concluiu-se que, quando existe uma diferença de temperatura entre dois objetos na proximidade um do outro, a transferência de calor não possa ser interrompida; ela só pode ser retardada.

A mensuração dessa troca térmica é chamado de fluxo de calor. O fluxo de calor é o fluxo de energia por unidade de área por unidade de tempo, e pode ser expressa em W/m^2 (watts por metro quadrado). Este princípio está associado com a lei de Newton do resfriamento, que argumenta que a perda de calor de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre esse organismo e seus arredores.

Já, a condutividade térmica é a propriedade do material que indica a sua capacidade de conduzir calor. Isso aparece principalmente na Lei de Fourier para a transferência de calor, e é medida em $W/m K$ (watts por metro por Kelvin). Pela norma ABNT NBR 15575:2013, considera-se isolante térmico os materiais que apresentam condutividade térmica menores ou igual a $0,065 W/(m.K)$

Na Figura 3, por exemplo, as imagens pertencem à entrada de uma casa, realizadas num dia quente. Na Figura 3B, no entanto, a mesma foto foi realizada com uma câmera térmica. As cores brilhantes mostram áreas com altas taxas de transferência de calor (tons azuis são pontos frios e amarelo são pontos quentes). Observa-se que a porção sem isolamento da parede é da mesma cor que a janela e em torno da porta. O fluxo de calor através de um isolador é muito mais lenta do que uma cavidade ou espaço de ar, efeito este proporcionado pela característica de isolamento térmico dos materiais preenchedores da parede.



A



B

Figura 3 – Entrada de uma casa em dia quente: A) Normal B) Com Câmera Térmica

Fonte: Prodex, 2014

3.1 TIPOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Todos os corpos emitem e absorvem a radiação de seus arredores. Se o corpo é mais quente do que os seus arredores, ele vai esfriar na velocidade com que emite energia. Ao atingir o equilíbrio térmico, a transferência para. Da mesma forma, dois corpos que estão no vácuo e a diferentes temperaturas, tendem a alcançar o equilíbrio dinâmico através de radiação .

Essa transferência de calor pode ser de 3 tipos: por condução, por convecção ou por radiação.

3.1.1 Condução

A condução é um mecanismo de transferência de calor ou energia entre dois sistemas. Baseia-se em contato direto das partículas na fronteira de ambos os sistemas de geração de energia do sistema, com maiores concentrações de temperatura em menor concentração. Esta transferência de energia ocorre durante o tempo necessário para igualar a temperatura em ambos os sistemas até o estado de equilíbrio.

A principal característica dos materiais que mensuram a condução de calor é a condutividade térmica, já citada anteriormente. Esta é uma propriedade física que mede a capacidade de condução de calor ou a capacidade de uma substância para transferir o movimento cinética das moléculas adjacentes às suas próprias moléculas ou outras substâncias com as quais está em contato.

O inverso da condutividade térmica é a resistividade térmica, que é a capacidade do material para resistir à passagem de calor.

Na Figura 4 pode-se observar o calor do telhado sendo transferido para os apoios estruturais por condução, elevando a temperatura de todos os elementos estruturais do teto que estão em contato entre si.

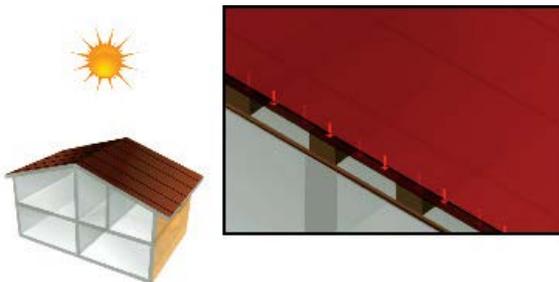


Figura 4 – Aquecimento estrutural em função da condução do calor do telhado

Fonte: Prodex, 2014

3.1.2 Convecção

A convecção é caracterizada por utilizar um fluido tal como ar ou água, que transporta o calor entre diferentes zonas de temperatura. Convecção ocorre exclusivamente através de fluidos, os quais, quando aquecidos, tem a sua densidade variada, provocando um deslocamento de fluido, quando em contato com outros sistemas, à temperatura mais baixa.

Em resumo, a transferência de calor envolve o transporte de calor por meio de um fluido a uma superfície sólida por um agente externo, tal como uma bomba, um ventilador ou outro dispositivo mecânico, chamada convecção forçada assistida.

Na Figura 5, pode-se observar que uma vez que as telhas e sua estrutura estão a uma maior temperatura do que o resto do telhado, correntes de convecção de ar são geradas, que por sua mudança de densidade, deslocam o ar mais frio, deixando o ambiente mais quente. Esse efeito é conhecido como convecção natural.

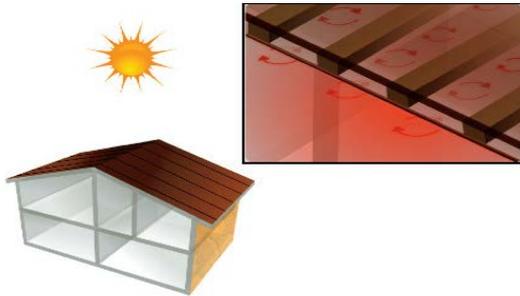


Figura 5 – Convecção natural

Fonte: Prodex, 2014

3.1.3 Radiação

Transferência de calor por radiação é a energia radiante que viaja através do espaço por meio de raios infravermelhos aquecidos a uma superfície de temperatura inferior. Todas as superfícies como um radiador, uma cozinha, um teto ou telhado e isolamento comum irradiam raios infravermelhos. O calor radiante é invisível e não tem a temperatura, apenas energia. Quando esta energia bate contra a outra superfície ela é absorvida pela mesma. Diariamente o Planeta Terra é aquecido pelas ondas de radiação emitidas pelo Sol, que é a principal fonte de energia responsável por manter o nosso planeta quente e adequado para a vida.

Na Figura 6, os raios infravermelhos (produtos da radiação solar) atacam as superfícies expostas das edificações, as quais absorvem essa energia, se aquecendo e emitindo ao meio, devido ao seu alto valor de transmissão.



Figura 6 – Transferência de calor por Radiação

Fonte: Prodex, 2014

3.2 DESEMPENHO TÉRMICO

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia. A avaliação de desempenho pode ser feita de forma simplificada, com base em propriedades térmicas das fachadas e das coberturas, ou por simulação computacional, onde são considerados todos os elementos e todos os fenômenos intervenientes.

Na caracterização de desempenho térmico apresentada pela norma ABNT NBR 15575:2013 não se considera condicionamento artificial (refrigeração ou calefação). Ou seja, todos os critérios de desempenho das instalações são estabelecidos com base em condições naturais de insolação, ventilação e outras.

Portanto, deve-se levar em conta que, o desempenho térmico depende de diversas características do local da instalação, tais como a topografia, a temperatura, a umidade do ar, a direção e velocidade do vento além das características próprias da edificação, como materiais constituintes, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé-direito, orientação das fachadas, etc.

A sensação de conforto térmico depende também ainda das condições de ventilação dos ambientes, com grande influência do posicionamento e dimensões das aberturas das janelas, além do tipo de atividades no interior do imóvel, quantidade de mobília, tipo de vestimentas, número de ocupantes, idade, sexo, condições fisiológicas e psicológicas dos usuários.

Dessa forma, quando se trata de conforto térmico, está se referindo sempre a uma condição média, que atende à maior parte das pessoas expostas a uma determinada condição.

De acordo com a norma ABNT NBR 15575:2013, a avaliação térmica pode ser efetuada por vários métodos, entre eles, cita-se o Procedimento 1 A – Simplificado, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) tanto das paredes de fachada como das coberturas.

Os valores de U e CT (obtidos pelos ensaios citados na norma ABNT NBR 15220:2003) são confrontados respectivamente com as exigências citadas na norma ABNT 15575: 2013. Caso ocorram simultaneamente $U \leq U \text{ limite}$ e $CT \geq CT \text{ limite}$, considera-se que a parede atende ao nível Mínimo de desempenho. Caso não se verifique nenhuma das desigualdades acima, ou mesmo no caso de desejar-se classificar o sistema de paredes no nível Intermediário ou Superior, há necessidade de proceder-se à avaliação detalhada por simulação computacional ou medições em campo.

4. METODOLOGIA

O Projeto KIT-MORES (Kit de Moradia utilizando Resíduos) financiado pela FINEP junto à empresa Soliforte, visa desenvolver um sistema construtivo aberto, com foco na utilização de componentes construtivos produzidos com matérias-primas provenientes de resíduos industriais. O projeto busca também a maior industrialização da construção de habitações de interesse social, com soluções voltadas à redução dos custos e aumento na velocidade de execução, sempre mantendo as características de desempenho preconizada na Norma ABNT NBR 15575:2013.

A etapa de levantamento de dados apresentada neste artigo é parte integrante do projeto KIT-MORES e tratou do mapeamento de matéria-prima reciclada ou de produtos à base de matéria-prima reciclada, classificada por tipo de material, encontrada na Região Metropolitana de Curitiba com o intuito de sua aplicação nos sistemas construtivos desenvolvidos, conforme Figura 7.

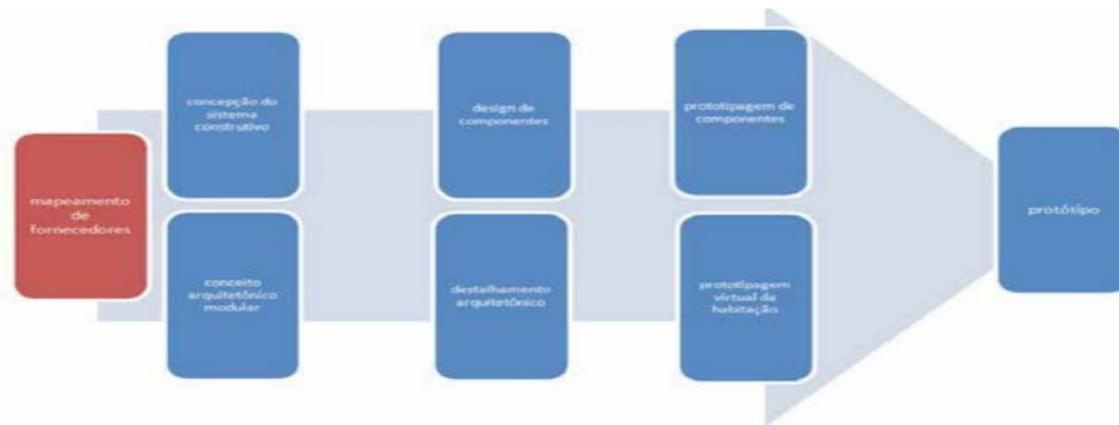


Figura 7 – Etapas do Projeto Kit-MORES

Fonte: Relatório Kit-MORES, 2015

Em meio a extratificação dos fornecedores em função da característica de seus resíduos, focou-se nos materiais adequados que poderiam ser utilizados como isolantes térmicos nas paredes dos sistemas construtivos propostos pelo projeto, no caso os polímeros e os derivados da Madeira, sob a ótica dos princípios do Eco-design.

5. RESULTADOS

Na Figura 8, visualiza-se a localização geográfica das 53 empresas identificadas por sites e entidades de classe relacionadas com a construção civil, e classificadas pelo tipo de seus resíduos e possíveis aplicações junto ao projeto KIT-MORES.

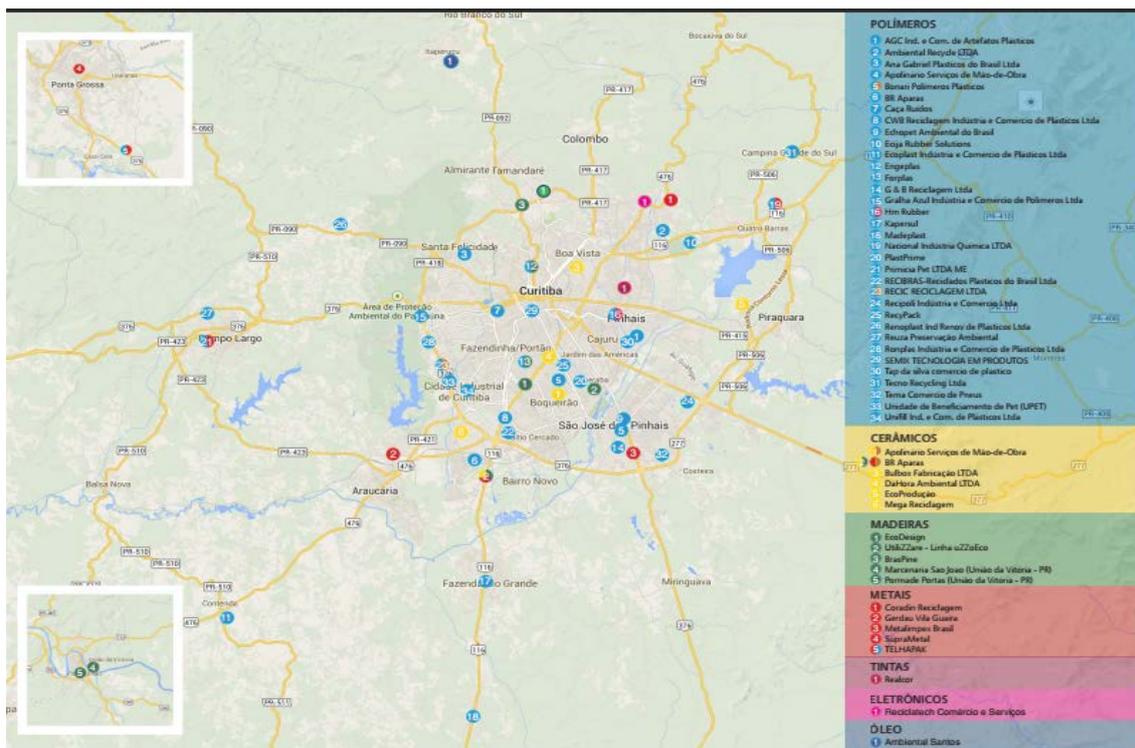


Figura 8 – Distribuição geográfica das empresas selecionadas

Fonte: Relatório Kit-MORES, 2015

5.1 Polímeros

A categoria de polímeros foi selecionada pela possibilidade de fácil aquisição e grande oferta de resíduos disponíveis na Região Metropolitana de Curitiba.

Dentre as 34 empresas selecionadas na categoria Polímeros, cita-se a infinidade de materiais poliméricos possíveis de serem utilizados como isolantes térmicos nos sistemas construtivos, citam-se o polietileno (PEBD e PEAD) e o polipropileno reciclado (PP), PET moído, EVA, ABS, PS reciclado e borracha de pneu.

A possibilidade de utilizar os materiais poliméricos como isolantes térmicos nos sistemas construtivos apresentam as seguintes vantagens:

- Baixo custo de aquisição;
- Alta oferta na região pesquisada;
- Manuseio atóxico e com ótimas propriedades de preenchimento;
- Boas propriedades de isolamento térmico;
- Baixo poder de compactação, produzindo sistemas com densidades menores.

No entanto, a sua utilização perpassa algumas limitações técnicas que na etapa da prototipagem precisam ser analisadas e resolvidas, tais como:

- Sistema de aglutinação dos materiais no interior dos painéis, para evitar que os resíduos caiam fora do sistema construtivo quando este for perfurado ou rompido;
- Propriedade de resistência ao fogo: elementos adicionais devem ser incorporados aos polímeros de forma que os mesmos possam atender aos elementos de resistência ao fogo, previstos na norma ABNT NBR 15575:2013.

5.2 MADEIRA

As empresas selecionadas na categoria Madeira foram selecionadas pela possibilidade de grande oferta de resíduos disponíveis na Região Metropolitana de Curitiba, em função do polo moveleiro do estado do Paraná.

Dentre a infinidade de materiais derivados da madeira possíveis de serem utilizados como isolantes térmicos nos sistemas construtivos, citam-se o cavaco de Madeira e a fibra de MDF (Medium Density Fiberboard), gerada no processo de produção de placas de MDF.

Os resíduos derivados da Madeira possuem as seguintes vantagens:

- Grande disponibilidade em função da oferta oriunda do polo moveleiro da Região Metropolitana de Curitiba;
- Possui baixa massa específica, produzindo um isolante térmico de boa condição inibidora em função da compactação alveolar, contribuindo inclusive para o isolamento acústico;
- Compactável e moldável de acordo com a necessidade do sistema construtivo;
- É oriundo de fonte renovável e tem alto grau de reciclabilidade;
- Aceitam recobrimento e aglutinação química, no intuito de aprimorar características específicas, tais como: inflamabilidade, absorção de água e infestação de pestes.

No entanto, possui algumas características negativas, tais como:

- Alto poder inflamável e reativo;

- Ocorrendo falhas de isolamento da permeabilidade da água, são facilmente absorvedores de água, podendo incorrer em mofo e condensação.

5.3 APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS COMO ISOLANTES TÉRMICOS

Após realizado o levantamento dos possíveis fornecedores e os principais resíduos disponíveis na Região Metropolitana de Curitiba, e equipe do projeto KIT-MORES montou, a partir de um *brainstorming*, uma possível configuração futura de sua aplicação nos sistemas construtivos, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Matriz Aplicação x Material

PAINEL ESTRUTURANTE	OSB	placa cimentícia	fibrocimento	madeira mineralizada	gesso acartonado	fibra de vidro resinada	PEBD e AIB reciclado		
ISOLAMENTO TÉRMICO OU ACÚSTICO	resíduo de pneu	resíduo vidro	IS de pet	lã de algodão	EPS				
ISOLAMENTO TERMOACÚSTICO	PU injetado	placa de PU	EPS injetado	placa de EPS	IS de rocha	IS de vidro	celulosa mineralizada	vermiculita expandida	placa de vermiculita
PREENCHIMENTO ESTRUTURAL	madeira serrada	colmeia de papelão	moldura de madeira						

Fonte: Relatório Kit-MORES, 2015

A partir da matriz apresentada no Quadro 1, realizar-se-á a definição dos produtos a serem desenvolvidos, sua concepção sob a ótica do Eco-design e o detalhamento técnico dos processos e das operações unitárias até a sua obtenção.

Essa definição necessitará também de uma busca por possíveis fornecedores dos processos escolhidos, de forma que se possa viabilizar economicamente o processamento das alternativas sugeridas.

6. CONCLUSÃO

Após a execução do levantamento dos resíduos possíveis de serem utilizados como isolantes térmicos, evidencia-se a plena confirmação de que há na Região Metropolitana de Curitiba fornecedores suficientemente capazes e hábeis de suprirem a demanda exigida pelo projeto.

Pelas evidências pesquisadas, atende-se a todos os critérios básicos da logística reversa, no tocante à oferta de materiais em relação à demanda e no tocante ao nível de deslocamento necessário entre os elos da corrente.

Parte-se a partir desta etapa para a definição das próximas ações que consistem no estudo dos processos de manuseio e transformação dos resíduos em elementos que possam ser usados nos sistemas construtivos propostos.

Planeja-se as etapas de modelagem dos produtos e sua validação através das etapas de protótipos, lote-piloto e corrida inicial de produção, trazendo à tona, subsídios para a validação dos produtos propostos junto às normas da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.; MEDEIROS. R. **Reaproveitamento de rejeitos de EVA para a produção de placas utilizáveis na construção civil**. Revista Científica Linkania Master. Ano 2. No. 3. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE COMPONENTES PARA COURO, CALÇADOS E ARTEFATOS - ASSINTECAL – **Quantificação do Uso de Materiais da Indústria Calçadista**. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de Edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro; 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro; 2013.
- COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Logística Reversa**. 2014.
- CRUZ, M.P.; **Aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico: uma proposta para utilização do poliuretano de mamona com agregado de resíduo plástico termofixo**. Dissertação de Mestrado Programa de Engenharia de Produção, UFRN. Natal, RN, 2009.
- GADEA, J. et. al. **Lightweight mortar made with recycled polyurethane foam**. Cement & Concrete Composites, v.32. p. 672 – 677. 2010.
- GATELLI, E. **Processo de Couro**: aproveitamento eficiente da pele e subprodutos da cadeia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. UFRGS. 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA – INMETRO, **Manual para implementação do REACH – Barreiras Técnicas às Exportações**. 1a Edição. Rio de Janeiro. 2009.
- JALALI, S. et. al. **Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): an overview**. Construction and Building Materials v.30.714 – 724. 2012.
- KAN, A.; DEMIRBOGA, R. **A novel material for lightweight concrete production**. Cement and Concrete Composites. v. 31. p. 489 – 495. 2009.
- KIT-MORES - **Kit de Moradia utilizando Resíduos**. <http://www.portaltransparencia.gov.br/convenios/convenioslista.asp?uf=pr&estado=&codmunicipio=7513&municipio=colombo&codorgao=&orgao=&tipoconsulta=cpdc&periodo=&ordem=-5#> Acesso em: 15/julho/2015.
- LA MANTIA, F. **Handbook of Plastics Recycling**. Shropshire, UK: Rapra Technology Limited. 2002.
- LEITE, P.R. **Logística Reversa**: meio ambiente e competitividade, Pearson Prentice Hall, 2ª ed. São Paulo. 2013.
- PAPANEK, V. **Design para el mundo real**: Ecologia humana e cambio social. Madrid: Ediciones Blume, 1977.
- PAZMINO, A. V. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco-Design e Design Sustentável**. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Anais. Curitiba, 2007.
- PRODEX, **Aislamiento Total** – Charla Técnica. San José. 2014.

RIBEIRO, D.V.; MORELLI, M.R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

ROBINSON, L.C., **Estudo sobre o nível de evolução da indústria calçadista para o desenvolvimento de calçados ecológicos.** Dissertação de Mestrado Ambiental – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2009.

SANTIAGO, E.; LIMA, P.; LEITE, M.; TOLEDO FILHO, R. **Mechanical behavior of recycled lightweight concrete using EVA waste and CDW under moderate.** Revista IBRACON de Estruturas de Materiais, v.2, p. 211 – 221. 2009.

SILVA, R. C. et. al. **Relatório sobre a Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul:** FEPAM e FNMA, 27p. 2006.