

O USO DO ISOPET COMO SUBSTITUIÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO NA CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS

Maria José Ferreira de Oliveira¹

Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó²

Valdilea Ferreira Lopes³

RESUMO

Neste trabalho, o objetivo geral consistiu em analisar o uso do ISOPET em substituição aos tijolos cerâmicos. Dessa forma, tratou-se em discutir acerca do PET e do EPS como materiais de grande valor, e que podem ser reciclados e/ou reutilizados inclusive na construção civil; impactos gerados pelos resíduos sólidos; a importância da reciclagem e da construção sustentável; e a relevância da utilização do ISOPET na construção civil. Para o estruturamento metodológico, utilizou-se a revisão bibliográfica, fundamentalmente a partir de livros, artigos, monografias e outros trabalhos. Os principais resultados mostraram que os resíduos sólidos causam impactos negativos no meio ambiente, e além disso, a construção civil é um dos setores que mais impactam o meio ambiente com a utilização do recursos naturais, resultando em falta de sustentabilidade na construção. Contudo, a reciclagem do EPS e a reutilização do PET na construção do bloco do ISOPET é uma alternativa para promover a sustentabilidade na construção civil, a partir dessas alternativas que mostram grandes vantagens tanto econômicas quanto ambiental. Dessa maneira, o emprego do ISOPET traz uma visão de sustentabilidade na construção civil, prevenindo impactos ambientais, preservando os recursos naturais, evitando descarte irregular de resíduos, gerando emprego e gerando retorno ambiental e econômico.

Palavras-chave: PET e EPS. Reciclagem. Sustentabilidade. ISOPET.

ABSTRACT

In this work, the general objective was to analyze the use of ISOPET in substitution of ceramic bricks. In this way, it was discussed about PET and EPS as high value materials, which can be recycled and/or reused even in construction; impacts generated by solid waste; the importance of recycling and sustainable construction; and the relevance of the use of ISOPET in construction. For the methodological structuring, we used the literature review, mainly from books, articles, monographs and other works. The main results showed that solid waste causes negative impacts on the environment, and in addition, construction is one of the sectors that most impact the environment with the use of natural resources, resulting in a lack of sustainability in construction. However, the recycling of EPS and the reuse of PET in the construction of the ISOPET block is an alternative to promote sustainability in construction, from these alternatives that show great economic and environmental advantages. Thus, the use of ISOPET brings a vision of sustainability in construction, preventing environmental impacts, preserving natural resources, avoiding irregular waste disposal, generating employment and generating environmental and economic return.

Key-words: PET and EPS. Recycling. Sustainability. ISOPET.

¹ ¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís. E-Mail: Mariaoliveira.m@outlook.com

²Orientador: Mestre em Engenharia Elétrica. E-Mail: franklin.doo@edufor.edu.br

³Mestre em Construções Cíveis. E-Mail:valdilea.ferreira@edufor.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A humanidade ao longo do tempo, desenvolveu e ainda desenvolve soluções para os problemas e as demandas com o uso de recursos naturais e conhecimentos disponíveis no momento. Durante o século XX, os impulsos tecnológicos desenvolveram áreas nunca imaginadas anteriormente. Também não podemos esquecer do avanço e da importância que a sociedade impõe nas edificações, priorizando sustentabilidade, automação, eficiência energética, reuso de águas e tantas outras possibilidades de valores pessoais que podem ser transmitidas para o uso dos espaços, tanto públicos quanto familiares (RIBEIRO, 2021).

Os resíduos da construção civil, tanto na geração como no manejo, podem causar impactos: na saúde, segurança e no bem-estar da população; nas atividades sociais e econômicas; na biota; nas condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e na qualidade dos recursos ambientais. A principal causa de impactos negativos no meio urbano resulta dos descartes em áreas impróprias (terrenos baldios, córregos, vias públicas de pequena circulação, áreas não licenciadas e até em áreas de preservação permanente). Essas ações inadequadas potencializam a proliferação de vetores e potencializam suas periculosidades (TELLES, 2022).

O último quarto de século após os primeiros esforços significativos para aplicar o paradigma da sustentabilidade para o ambiente construído no início dos anos 1990, o movimento da construção sustentável ganhou importante força e ímpeto. Na segunda década do século XXI, as circunstâncias mudaram significativamente em relação ao surgimento do movimento da construção sustentável. Passados quase um quarto de século, a população mundial já está em quase 7,4 bilhões, os efeitos das mudanças climáticas vêm se tornando evidentes numa velocidade maior do que esperado. Essas mudanças estão afetando o ambiente construído de maneiras significativas. Primeiramente, há uma crescente demanda por edifícios eficientes em recursos, que usem minimamente energia e água e cujo conteúdo material tenha valor para as populações futuras (KIBERT, 2020).

Construir de modo sustentável é uma necessidade premente. Nunca foi tão importante observar o aproveitamento adequado dos recursos durante a obra e ao longo do seu uso. Entretanto, ainda há uma distância considerável entre as necessidades e as práticas relacionados ao assunto (MEDEIROS, 2012).

Atualmente, no Brasil, tem-se uma ampla variabilidade de tijolos e blocos cerâmicos para diversas modalidades como, blocos de vedação que são usados para fechar estruturas ou dividir vãos e blocos estruturais que são usados para a função estrutural da obra. É perceptível

que um não substitui o outro. Dessa forma, é possível utilizar ISOPET na substituição de tijolos na construção civil e quais seus principais benefícios?

A partir desse questionamento, o objetivo geral deste trabalho consiste em analisar o uso do ISOPET em substituição aos tijolos cerâmicos. Os objetivos específicos são: descrever conceito e utilização do isopor e da garrafa pet, e impactos gerados no meio ambiente; discutir a reciclagem e reutilização das garrafas pets e EPS; enfatizar a importância da sustentabilidade nas construções; analisar a importância da utilização do ISOPET na construção civil. Para que os objetivos sejam alcançados, a pesquisa consiste de uma revisão bibliográfica.

Desse entendimento, justifica-se a construção desta pesquisa, diante do fato de que a construção civil está lidando com transformações rápidas e profundas, notadamente, pelos avanços tecnológicos. Devido esse desenvolvimento, a construção como o papel fundamental para o mesmo depende do uso de recursos naturais, o que faz do setor da construção o que mais consome recursos naturais.

Aliado à isso, nos últimos anos, a preocupação das indústrias da construção civil com o termo sustentabilidade e preservação ambiental, temas que vem sendo um fator discutido amplamente na atualidade, se tornou uma temática de grande importância para o desenvolvimento de pesquisas e inovações tecnológicas, no que se refere ao critério econômico e produtivo, e que ao mesmo tempo respeito as Normas e leis de proteção ambiental. Por isso existe o desenvolvendo e pesquisa de técnicas para abranger a essa necessidade. Muitas dessas técnicas podem ser usadas na construção civil já que a mesma sempre está em busca de novas formas de desenvolvimento de mão de obra, materiais e equipamentos.

Ademais, o Brasil ainda é desprovido de infraestrutura como redes de esgoto e água em parte do seu território, além de um déficit muito grande em questão de moradias, principalmente para pessoas com baixa renda. Desse modo, tem-se constituído uma grande preocupação em apresentar uma solução para a falta de recursos naturais, menos poluição causada pelos materiais como a garrafa pet, constituindo um novo produto como o ISOPET para atender essa demanda.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ISOPOR - EPS

O poliestireno (EPS/PS) é sintetizado a partir do monômetro etil-benzeno, e para a formação do isopor, gases são injetados durante a polimerização expandindo o polímero. Se caracteriza por ser um termoplástico duro, contudo, quebradiço e de baixa resistência a solventes orgânicos, mesmo apresentando boa resistência perante ácidos e bases. Seu maior uso está nos eletrodomésticos, embalagens, copos e xícaras (TOLENTINO, 2015).

O isopor é um material bastante versátil, de modo que de várias formas é utilizado, inclusive na construção civil, na indústria de bebidas e alimentos, e na indústria de eletrodoméstico tem bastante significado, pois é utilizado especialmente para a proteção no momento do transporte e armazenamento (TELLES, 2022).

Devido à sua praticidade, leveza, capacidade de isolamento térmico, e principalmente ao baixo custo, a produção de isopor tem aumentado cada vez mais.

O estireno é um dos compostos de vinila mais antigos, contudo, sua exploração industrial não era conhecida até o final da década de 1920, mesmo sendo isolado em 1839 pelo químico alemão Edward Simon. E, por volta de 1925, o poliestireno (PS) estava comercialmente disponível na Alemanha e nos Estados Unidos. A produção do poliestireno expandido se dá por grânulos de poliestireno contendo um agente de sopro aprisionado, que pode ser neopentano, éter de petróleo ou pentano. Na pré-expansão ou moldagem final, o agente de sopro é volatilizado, e as pérolas individuais sofrem expansão e se fundem. Para provocar essa expansão usa-se vapor ou outras fontes de calor. Tanto as formas expandidas quanto espumosas têm uma estrutura celular fechada de tal forma que podem ser usadas como dispositivos de flutuação. Devido sua baixa condutividade térmica, este material tem encontrado largo uso como isolante térmico usado em geladeiras, salas frias para armazenamento, caixas de exibição refrigeradas e paredes de prédios (LOKENS GARD, 2013).

O EPS é uma espuma rígida, cuja obtenção é via polimerização em suspensão, e sua característica principal é a baixa massa/volume, que geralmente varia entre 5 e 80kg/m³ conforme a aplicação a que se destina. Sua principal aplicação é para acondicionar produtos das linhas branca e marrom, em aplicações na construção civil como, fabricação de concreto leve, isolamento térmico e acústico, etc., e na fabricação de utilidades domésticas, como conservadoras térmicas, porta-copos, dentre outras. Em suas embalagens, os principais

fabricantes estampam que o produto é reciclável por se tratar de poliestireno, entretanto, na prática, dois principais fatores contribuem para que a reciclagem do EPS não seja amplamente difundidas: baixa relação massa/volume desestimula a ação de catadores, a separação na coleta seletiva e o transporte; e, a reciclagem por extrusão para fabricar perfilados de poliestireno, por exemplo, que resulta num produto de baixa tenacidade e com aplicações bastante limitadas pela baixa resistência ao impacto que apresenta (NUNES; SANTOS, 2015).

Na produção do EPS, as minúsculas contas são expandidas em 40 vezes seu tamanho original. Apresenta menor desempenho que o EPP, por exemplo, pois não apresenta a mesma densidade, força e flexibilidade. Na forma de espuma é extrusado e moldado termicamente em bandejas, e os componentes moldam-se em ferramentas de alumínio do tipo macho-fêmea. Mesmo contendo 98% de ar em sua estrutura, o EPS em termos de sustentabilidade não é pouco amigável. Entretanto, na sua espuma nunca usou CFC ou HCFCs durante a sua produção. Além disso, há uma percepção frente a não reutilização e não reciclagem, de que ambientalmente não é viável por muitos. Contudo, o material pode ser devidamente coletado, compactado e remoldado ou triturado para ser usado em novas demandas (LEFTERI, 2015).

A resina de poliestireno são plásticos rentáveis, de fácil fabricação e, portanto, uma das mais versáteis, podendo ser moldada, extrudada e expandida. É utilizada em larga escala para fabricação de objetos robustos, mas também para confecções de outros como: caixas para joias, tampas, bandejas para alimentos, acolchoamento, etc. Em alguns países onde a legislação e a economia são favoráveis, embalagens de FPS/OS são recicladas. O PS quando passa pela incineração causa emissões de gases tóxicos, fazendo necessário equipamento especial para controle de emissão dessa poluição que atinge níveis inaceitáveis. Existem dois tipos de OS: o de finalidade geral e o de alto impacto (TWEDE, 2009).

O PS é transparente, facilmente colorido e moldado, mas em temperaturas elevadas se degrada e se dissolve em diversos solventes. O poliestireno pode ser utilizado para diversas finalidades, como também em embalagens sob a forma de espuma de PS que são conformadas por extrusão e moldagem, em que na primeira, um agente de espumação físico ou químico é colocado no polímero fundido, próximo à extremidade do corpo da extrusora onde se encontra a matriz, de modo que o extrudado é o polímero expandido. Grandes painéis e placas são fabricados desse modo e posteriormente cortados nos tamanhos adequados para peças e painéis de isolamento térmico (GROOVER, 2017).

O PS é rígido, fornecendo isolamento térmico excelente, podendo ser feito transparente ou mesmo em uma larga variedade de cores, acarretando seu uso em copos descartáveis de café e estojos de CDs. O emprego mais usual é como poliestireno expandido, consistindo em 50%

de poliestireno e 95% de ar, que pode ser moldado facilmente em inúmeras formas, por essa razão, a maioria das embalagens para consumidores e enchimento de embalagens é feita do poliestireno expandido (NEWEL, 2018).

O poliestireno expandido tem sido bastante utilizado na confecção de inúmeros materiais utilizados especialmente no âmbito de alimentos, contudo, uma nova demanda tem crescido potencialmente que é na construção civil, especialmente na Europa, com a construção de casas inteiras, plataformas flutuantes, dentre outros, além de ser também empregado no controle de temperatura na agricultura (LEFTERI, 2015).

Para a utilização em finalidades gerais, o EPS consiste de um polímero brilhantes, transparente, não cristalino, mesmo recebendo o nome de poliestireno cristal, que se refere à sua transparência e dureza em vez de sua estrutura. Sua superfície é lisa e lustrosa, com densidade de $1,05 \text{ g/cm}^3$, amolecendo à cerca de 95°C . O de finalidade gerais é quebradiço, restringindo seu uso em embalagens, especialmente para contêineres grossos, claros, moldados por injeção como caixas de joias, usadas para produtos domésticos, brinquedos, fitas de áudio e CDs. Do tipo de uso geral, dois tipos são feitos do PS expandido. Vale destacar que a espumação minimiza a fragilidade do PS e capitaliza na sua rigidez. O PS expandido é a espuma para embalagem mais utilizada, usada para isolamento, preenchimento de vazios, etc. (TWEDE, 2009).

O EPS tem a vantagem adicional de ser à prova de umidade, e por suas características como a absorção de impacto, auto valor de isolante térmico o uso é bastante elevado em todo o mundo, o que reduz significativamente os custos de transporte e quebra. Além disso, as folhas de PS expandido podem ser termoformadas. De suas vantagens, pode-se cita: propriedades elétricas excelentes, alto brilho, massa leve, bons graus disponíveis, baixo custo, processável por todos os métodos termoplásticos, boa estabilidade dimensional e boa rigidez (LOKENSGARD, 2013).

Produz-se o isopor por meio de um processo conhecido como “moldagem por expansão”, em que os grânulos de poliestireno contendo de 4% a 7% de um líquido com baixo ponto de ebulição, são colocados em um molde e aquecidos com vapor d’água ou ar quente. Com o aquecimento, dá-se a evaporação do solvente, e então uma espuma no polímero fundido é criada, expandindo-se para o preenchimento da forma do molde. O poliestireno é um polímero de adição comum, e são usados em coolers de bebida e comida, isolamento e material de construção (KOTZ et al., 2015).

O isopor que é o resultado do PS expandido à gás, tem baixa densidade, o que contribui fundamentalmente para o aumento da sua capacidade de amortecer impactos e de isolante

elétrico. Quando derrubado sobre uma superfície, ele emite um som metálico; não possui cheiro nem gosto, na sua queima é liberado fuligem. Sua utilização na termoformagem e injeção é devido suas propriedades de tingibilidade, isolamento elétrico, absorção de água, baixo custo, boa estabilidade dimensional, resistência química razoável. A baixa condutividade do EPS o deixa credencia para ser utilizado como isolante térmico. Contudo, a alta fragilidade e falta de capacidade de resistir à água em ebulição e resistência à óleos são as principais limitações do uso do EPS. Entretanto, destacam-se suas propriedades óticas como a alta transmissão dos comprimentos de onda da luz visível, bem como alto índice de refração dando-lhe brilho intenso. Porém, alguns fatores podem ser prejudiciais às suas propriedades óticas, como a formação de névoa e o amarelamento (ALMEIDA, 2014).

O EPS apresenta uma característica bastante interessante que é um alto grau de flexibilidade, entretanto, ele pode ser formulado para apresentar-se mais duro. Porém, o EPS também apresenta uma grande desvantagem, uma vez que das suas principais aplicações atualmente é em materiais de embalagens baratos e transitórios. Mesmo o EPS sendo material que formam espuma, ele merece atenção especial pois é usado de forma intensa, mas deveria ser mais empregado no dia a dia, pois suas aplicações em diversos contextos são potenciais, além do que se tem feito. Isso pode ser entendido do ponto de vista de que o EPS é um material leve, com pouca matéria-prima utilizada se comparado com plásticos sólidos (LEFTERI, 2015).

Para rocha (2005) o EPS tem grande aceitação na indústria da construção devido suas características e vantagens, como: baixa condutividade térmica, pois sua estrutura de células é cheia de ar, dificultando a passagem do calor; exposição a temperaturas extremas; baixo peso específico, uma vez que é constituído de ar em mais de 97% do seu volume; baixa absorção de água, garantindo características mecânicas e térmicas; difusão do vapor de água; resistente ao envelhecimento; boa resistência química; e, apresenta um bom comportamento microbiológico, pois nenhum animal ou microorganismo se alimenta dele, não libera substâncias tóxicas ao ambiente, não apodrece e nem embolora.

Contudo, deve-se levar em consideração uma importante observação quando ao EPS, pois mesmo que na sua aplicabilidade em diversos contextos, ressalta-se que quando descartado no ambiente, pode levar milhares de anos para degradar completamente. Dessa questão, é importante um novo olhar para a aplicação do EPS de forma consciente, reutilizável e reciclável. Assim, o EPS tem uma grande aceitação de forma sustentável, utilizado principalmente no âmbito da habitação e como isolante térmico. A grande utilidade do EPS é devido a sua estrutura aerada, o que possibilita ser controlada, levando a uma variedade de densidades até chegar a um bloco leve, porém sólido e espesso (LEFTERI, 2015).

2.2 GARRAFAS PET: CONCEITO, PROPRIEDADES E UTILIZAÇÃO

O polietileno tereftalato, mais conhecido como PET, consiste de um polímero termoplástico da família dos poliésteres. Mesmo sendo muito conhecido atualmente devido as garrafas plásticas, contudo, o material teve início na indústria têxtil. Em 1941 foi desenvolvida a primeira amostra. Somente a partir de 1945 é que a produção em larga escala ganhou força, mas em aplicações têxteis, objetivando a criação de alternativas viáveis para as fibras até então usadas. Surgiram nos Estados Unidos as primeiras embalagens de PET, e posteriormente, na Europa, especificamente no início da década de 1970. No Brasil, somente em 1988 o PET chegou, sendo que foi na indústria têxtil que utilizada primeiramente. Após 1993 é que teve uma maior escala na produção de embalagens para os refrigerantes (NUNES; SANTOS, 2015).

Os polímeros são materiais não metálicos constituídos de grandes moléculas. São materiais orgânicos formados por macromoléculas podendo conter milhares de átomos. A unidade básica da estrutura que se repete é chamada de mero, cuja união de meros resulta na polimerização, forma os polímeros. Alguns polímeros são parcialmente cristalinos (o que acontece quando a cadeia polimérica é muito regular) e outros não cristalizam, adquirindo a estrutura amorfa (BAUER, 2019).

A resina do PET tem origem de ácido tereftálico puro e monoetilenoglicol, que quando submetida a novas polimerizações no estado sólido ocorre o alongamento das cadeias poliméricas, resultando em um plástico limpo e cristalino. Para transformação em garrafas, existem duas etapas: primeiramente, por injeção, raspas de plásticos são moldadas para dar a “pré-forma” (parece um tudo de ensaio), sendo reaquecido um pouco acima do seu ponto de amolecimento antes de ser soprado para dentro de um molde para resultar no formato desejado. O resultado são cadeias poliméricas empacotadas mais próximas, resultando em garrafas menos permeáveis a gases (EMSLAY, 2009).

Das propriedades típicas constam que são poliésteres, e que apresentam alta rigidez, com grades de alta cristalinidade. Apresenta grande resistência mesmo submetidas a temperaturas de -40 °C a +100 °C (PET) e baixa resistência à água quente. O PET tem sua maior aplicação em embalagens rígidas sopradas (SOUZA; ALMEIDA, 2015).

O PET é inerte, apresentando alta transparência, é tenaz, forte e na forma moldada é rígido, e relativamente bom no que se refere à barreira a gás e de forma moderada, tolera altas temperaturas. Essas propriedades podem ser melhoradas por orientação, revestimento ou copolimerização. Sobre seu uso para contato com alimentos não há restrição e a maioria de suas aplicações é para embalagens de alimentos. É utilizado para contêineres rígidos como garrafas,

bandejas, blisters e potes. Seu maior uso está em garrafas utilizadas para bebidas não alcoólicas e água. O PET substituiu o PVC em um grande número de aplicações por razões ambientais e quando a transparência é a principal preocupação (TWEDE, 2009).

Tem sido quase impossível pensar a vida sem plástico, uma vez que ele está presente no cotidiano das pessoas, constando em itens como telefones, automóveis, óculos, dentre outros. Contudo, vale destacar que cerca de anos atrás, os plásticos eram inexistentes. Muito antes do desenvolvimento de plásticos comerciais, os poucos materiais conhecidos exibiam características únicas. Embora fossem fortes, translúcidos, leves e moldáveis, somente algumas substâncias combinavam essas qualidades. Atualmente, estes materiais são chamados plásticos naturais e são o ponto de partida para uma breve história dos materiais plásticos (LOKENSGARD, 2013).

O PET é um dos plásticos mais utilizados atualmente, especialmente na fabricação de utensílios que por vezes nem pensamos que são feitos com plásticos. Sua aplicação está voltada para um contexto de facilidade, menor custo dentre outros fatores, dentre os quais a substituição do vidro pelo plástico devido à resistência ao impacto, leveza, versatilidade de design, entre outras propriedades. Além disso, o PET é identificado facilmente no pós-consumo em, em face desse fator, é o material plástico que apresenta os maiores índices de reciclagem no mundo (FRAGA, 2014).

Segundo Crivelaro e Pinheiro (2020) o PET é uma resina de engenharia, possuindo boa resistência química e térmica, e fácil reciclagem. Na construção civil são utilizados polímeros naturais e polímeros sintéticos. Entre os naturais tem-se a lã, a borracha, o asfalto, o couro, a madeira e o algodão. Entre os sintéticos, estão os poliésteres além do poliuretano, a resina epoxídica, por exemplo. Todos eles são utilizados amplamente em várias indústrias, e desempenham um importante papel em inúmeras atividades econômicas. O PET é utilizado diversas aplicações, inclusive na reciclagem que tem crescido consideravelmente, aumentando o leque de utilização, como por exemplo, na confecção de tecidos, vassouras, fios, etc.

O PET tem uma gama de utilidades, pois apresenta características e propriedades altamente úteis, sendo que o PET reforçado apresenta uma rigidez dielétrica bastante elevado, boa resistência à degradação fotoquímica. Quanto às propriedades mecânicas, apresenta boa tenacidade, suportando até 0,8 J em impacto por queda de dardo. Além disso, suportam os efeitos de esterilização em água fervente ou vapor em curto prazo. Devido à função éster presente em sua estrutura, a exposição contínua acima de 60°C resulta em decomposição hidrolítica crescente, pois absorve umidade muito rapidamente. Por isso, deve ser seco antes do processamento, pois é suscetível à hidrólise (NUNES; SANTOS, 2015).

A propriedade biomaterial mais notável do poli (tereftalato de etileno) (que tem o nome comercial de Dacron) é a compatibilidade com o sangue — quando em contato com o sangue, o PET não promove coagulação. Geralmente, ele é usado mais na forma de tecidos tricotados ou entrelaçados em cirurgias vasculares — por exemplo, como enxertos vasculares e anéis de costura em válvulas coronárias artificiais. Outras aplicações incluem suturas, a fixação de implantes, o reparo de hérnias e a reconstrução de ligamentos (CALLSTER, 2021).

2.3 PETS E RESÍDUOS SÓLIDOS: IMPACTOS GERADOS

As garrafas de PET são extremamente utilizadas, sendo que são 25% mais eficientes energeticamente que aquelas feitas de outros materiais. Por exemplo, gasta-se cerca de 100 kg de óleo para produzir mil garrafas PET de 1 L, mas são necessários 250 kg de óleo para fazer mil garrafas de vidro. E não é apenas durante a fabricação que a energia é economizada. Um caminhão de entrega pode levar 60% mais limonada ou refrigerante de cola e 80% menos embalagens se estiver com garrafas de bebidas de PET em vez das de vidro (EMSLEY, 2009).

O aumento na geração de resíduos sólidos está também diretamente ligado ao consumo de produtos descartáveis como pratos, colheres, sacolas e outros de plásticos, como o PET. Especialmente nos centros urbanos vê-se esse consumo aumentando, e conseqüentemente o aumento e acúmulo de resíduos sólidos desses compostos (como o plástico), que causa problemas relacionados não somente com poluição, mas nos centros urbanos, esses resíduos em conjunto com outros, por exemplo, como sobras de alimentos, atraem mosquitos, baratas, ratos e outros que são considerados vetores de transmissão de doenças (NASCIMENTO NETO, 2013).

Na medida em que a humanidade se tornou urbana, progressivamente, mais bens de consumo passaram a ser produzidos. Conseqüentemente, aumentou também a produção de resíduos sólidos. O artigo 225 da Constituição Federativa do Brasil, de 1988, garante um meio ambiente ecologicamente equilibrado à todo brasileiro e, portanto, a existência de lixo fora do local correto fere esse direito (PIRES, 2018).

Pode entender o resíduos como todo e qualquer produto ou material, proveniente de um processo, e que ainda pode ter alguma serventia, podendo ser reaproveitado para ser reutilizado ou reciclado (como o PET). Contudo, o lixo consiste de todo e qualquer produto ou material sem nenhuma serventia. Desse modo, uma importante ressalva é a coleta seletiva dos resíduos que minimiza a quantidade de impurezas e facilita o acúmulo posterior (MANCINI; FERRAZ; BIZZO, 2012).

Nos centros urbanos os resíduos gerados tem grande complexidade, pois são fruto do crescimento desordenado na maioria das grandes cidades, que depois de anos de negligência agora correm contra o tempo, tentando atenuar a sensível queda da qualidade ambiental e os impactos dela decorrentes, como o aumento do lixo, da poluição do ar, da desvalorização imobiliária, da disseminação de doenças, entre outros aspectos. Em face dessa perspectiva preocupante, governo e sociedade civil tentam uma conciliação sustentável entre a produção e o consumo, e conseqüentemente a gestão dos recursos renováveis e não renováveis, apontando como objetivos prioritários: aumento da reciclagem; educação para o consumo sustentável; agenda ambiental na administração pública; compras públicas sustentáveis; construções sustentáveis; varejo e consumo sustentáveis (BARBOSA; IBRAHIM, 2014).

Os recursos naturais utilizados intensivamente traz grandes impactos e, aliados aos resíduos que sobram de processos produtivos que são descartados irregularmente nos aterros, nos lixões e outros locais acabam por acúmulos de grandes proporções, muitas vezes acima da capacidade de muitos aterros, o que resulta em mais danos como, poluição e contaminação de riachos, áreas preservadas, lagos dentre outros ambientes. E, quando não tomada a devida providência, esse problema local torna proporções maiores, regionais e alguns, globais (LUSTOSA, 2018).

Além disso, a crescente população dos centros urbanos e a expansão industrial são importantes geradoras de diversos resíduos sólidos, dos quais tem-se o plástico que é um dos mais visíveis e abundantes, que acumulam-se no ambiente e sem reutilização ou reciclagem, contribuindo para lixões sem controle de disposição dos mesmos. Agregado à isso, tem-se os resíduos de alto poder de poluição que ajudam a impactar negativamente o ambiente. Outros materiais como, mercúrio, cádmio, chumbo dentre outros são componentes de alta periculosidade pois apresentam características de oxidação, inflamabilidade e toxicidade que podem contaminar o ambiente (LESSA; PAREDES, 2017).

É preciso entender que o ambiente impactado negativamente é resultado de vários fatores, dentre os quais a disposição irregular de resíduos sólidos, inclusive oriundos da construção civil. Além disso, o uso em larga escala de matérias-primas utilizada na construção civil também acarreta danos, do quais tem-se alguns que são irreparáveis, uma vez que são esgotáveis. Esses resíduos que incluem plásticos, ferros, madeiras e outros materiais constituem grande risco para a biodiversidade, poluindo fontes de água potável, rios, alterando a composição química, destruindo muitas espécies (BAUER, 2019).

Frente a esses entraves é importante destacar que as repercussões ambientais associadas aos resíduos sólidos e seus impactos no ambiente estão se tornando cada vez mais

generalizadas. Impactos ambientais pontuais, corrigíveis facilmente no passado, atualmente se transformaram em efeitos generalizados que podem muito bem acabar se tornando irreversíveis. Diante disso, há uma preocupação maior com a reciclagem e reutilização de muitos materiais. Não é de se admirar, então, que a observação da qualidade do ambiente natural se tornou um dos principais focos do interesse público. Como seria de se esperar, as pessoas têm respondido a isso de muitas maneiras (FIELD; FIELD, 2014).

Um dos principais fatores/propriedades do plástico ao ser descartado irregularmente no ambiente é sua durabilidade, sendo que pode levar no mínimo cem anos para se decompor na natureza. O PET não é biodegradável, ou seja, os microorganismos existentes no ambiente natural não têm poder de decompor o plástico, e por isso, o material além de poluir o ambiente, também impacta negativamente com a poluição visual. Com isso, a reutilização e/ou reciclagem são alternativas favoráveis a fim de evitar impactos ambientais causados pelos plásticos (CRIVELARO; PINHEIRO, 2020).

Atualmente há um esforço por parte dos governos e da sociedade que investem na sofisticação dos seus processos produtivos, evidenciando o compromisso com a preservação ambiental, além, é claro do retorno financeiro, sendo que existem benefícios para as empresas, com ganhos econômico-financeiros diante da preservação ambiental, ou seja, para as empresas ambientalmente responsáveis (LINS, 2015).

A disposição de resíduos sólidos como o PET dentre outros, tem deixado o ambiente impactado negativamente, provocando um desequilíbrio ecológico, com profundas alterações na natureza, de forma agressiva, pela imperícia, irresponsabilidade, negligência ou imprudência do ser humano com os recursos naturais e outros aspectos ambientais, ameaçando inclusive a sobrevivência de muitas espécies. Preservar os recursos naturais bem como todo o meio ambiente foi por muito tempo considerado sem importância, ou seja, uma verdadeira omissão por parte da sociedade e dos governos. Contudo, tem havido discussões constantes nas últimas décadas a fim de tornar a questão do meio ambiente, algo amplo, democrático, acessível por todos, de forma que leis foram criadas para punir aqueles que cometem crimes ambientais. Não se pode esquecer, dentro desse contexto, o papel do governo, a partir de ações, programas, suportes para o investimento em saneamento, além de outras prioridades para garantir um ambiente limpo, agradável, seguro e natural para todos (BARSANO; BARBOSA, 2014).

Atualmente, a sociedade consumista gera cada vez mais resíduos cujo destino final é o ambiente, que se encontra cada dia mais poluído, degradado, com prejuízos ecológicos incalculáveis, com poluição e contaminação dos recursos ambientais que afetam direta e indiretamente a saúde das pessoas, com doenças, diminuindo a qualidade de vida humana e

ambiental, comprometendo as futuras gerações. A grande pressão exercida pelas atividades humanas, associada a uma taxa de renovação do solo extremamente lenta, torna os recursos ambientais que são finitos, de utilização limitada, com atividades causadoras da poluição do solo por exemplo, que podem levar a impactos irreversíveis, seja por questões econômicas ou indisponibilidade tecnológica, ou irresponsabilidade (LESSA; PAREDES, 2017).

2.4 A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM

Vive-se em um mundo altamente consumista, resultando entre outras coisas, na grande quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente, dos quais as garrafas PET, que ganham cada vez mais significado com pesquisas de como aproveitá-las. Desse modo, a reutilização tem ganhado força ultimamente. Trata-se do aproveitamento do produto, podendo ser um pouco modificado, como cortar uma garrafa para utilizar como vaso ou mesmo cortá-la em pequenas tiras para fazer uma vassoura, contudo, sem ser descaracterizado. Nesse entendimento, sobressai-se a recuperação, que pode ser entendida como o ato de desviar o material da disposição final, posteriormente ao descarte, fazendo com que ele deixe de ser lixo. Desse modo, recupera-se um resíduo antes de reciclá-lo (MANCINI; FERRAZ; BIZZO, 2012).

Reutilizar é dar um novo uso para aquilo que por vezes julgamos não ter serventia, evitando que esse material se torne lixo. Nessa perspectiva, o PET é um dos materiais com maior poder de reutilização, isso porque o plástico deriva-se do petróleo, proveniente de resinas sintéticas, sendo um dos materiais mais encontrados nos aterros sanitário e sua decomposição pode demorar séculos para ocorrer. Além disso, a quantidade de PET produzida, utilizada e descartada, é imensa em todo mundo, tornando esse material de fácil identificação e acesso, evitando lançar nos lixões clandestinos de forma irregular. Contudo, reutilizar esse produto bem como outros de forma efetiva, é necessário existir conscientização das pessoas para após o uso, recolher, separar e destinar de forma correta. Assim, reduz-se a quantidade de resíduos que vão para o aterro sanitário e lixões; reduz-se os impactos ambientais; reduz-se o consumo de energia elétrica; além de reduzir a poluição ambiental (BARBOSA; IBRAHIM, 2014).

A reciclagem é uma ótima alternativa para evitar danos ambientais, de modo que no caso do EPS, o reaproveitamento é por meio do processo para serem incorporados na moldagem de novos blocos e placas, na reutilização na construção civil, para melhoramento e solo, geração de energia elétrica, dentre outras finalidades (TESSARI, 2006).

Amianti (2005) esclarece que mesmo de grande conhecimento e de fácil acesso, o EPS ainda tem uma reciclagem considerada limitada, o que requer mais estudos para a aplicação

desse material. E, mesmo sendo 100% reciclável, não contamina lençóis freáticos e nem o solo, mas nos aterros sanitários, ocupa muito espaço face ao seu baixo peso específico.

O EPS ainda não tem grande visibilidade, utilidade e valorização no mercado da reciclagem, entretanto, o material apresenta fácil processabilidade na reciclagem, e bastante utilizado devido suas propriedades isolantes, mecânicas e térmicas. Reciclar o EPS traz benefícios diretos para o ambiente, e no processo de reciclagem especialmente do EPS descartado de embalagens de eletrodomésticos, pode-se obter a redução do volume de suas pérolas, inclusive quando colocado sob processo de estufa (SILVA, 2013).

O EPS pode ser reutilizado em diversos setores, e mesmo ocupando grande volume, apresenta baixa densidade, o que pode onerar o processo de reciclagem devido o transporte do material. E, mesmo diante de um panorama de crescimento, especialmente na construção civil, milhares de toneladas ainda são descartadas nos aterros sanitários, representando uma das maiores categoriais de resíduos. Frente a isso, é preciso buscar alternativas para a reciclagem do EPS, como matriz de produção de compósitos diversos, aumentando sua relevância econômica e ambiental (JESUS et al., 2019).

Reutilizar também o plástico é uma das melhores medidas para evitar os impactos ambientais decorrentes desse material que não é biodegradável e devido as suas micropartículas tem alto poder de poluição. Além disso, o plástico é uma substância que decai muito lentamente para os padrões humanos, de forma que quando é descartado, continuará no meio ambiente permanentemente. É um produto poluente cumulativo, uma vez emitido, continuará conosco praticamente para sempre (FIELD; FIELD, 2014).

Muitos resíduos sólidos, dos quais o PET, o EPS dentre outros, podem ser reutilizados e/ou reciclados, servindo de matéria-prima para a fabricação/confecção de outros produtos. Nesse sentido, é fundamental que haja investimentos nos sentido de tornar a reutilização e reciclagem algo natural, ambientalmente sustentável e, portanto, seguro, a fim de acabar com o preconceito de que produtos originários de reciclagem/reutilização são inferiores à outros, ou seja, que não seguros. Além disso, no âmbito da reciclagem e reuso de muitos materiais e resíduos, destaca-se o papel social, uma vez que gera renda para milhares de família, faz a economia dinâmica, contribuindo para o desenvolvimento da região e/ou cidade. Dessa forma, promove-se a cidadania quando a reciclagem traz benefícios sociais como a produção de renda, geração de rendas dentre outros benefícios (SILVA FILHO; SOLER, 2019).

Baird e Cann (2011) frisam que em torno de 2 bilhões de quilogramas de PET eram produzidos a cada ano. E, mesmo sendo o PET reciclado, geralmente esse material não pode ser reutilizado em garrafas de bebidas, portanto, sua reciclagem está direcionada para fibras de

poliéster para ser utilizada em produtos como camisetas, carpetes, jaquetas de fleece, forro de caminhonetes, sacos de dormir, ou em produtos termoformados como frascos de sabão em pó, frascos para produtos não alimentares e para frutas.

É importante frisar que até a década de 1990, dos materiais polímeros que usados comercialmente, quase 90% terminavam em aterros, com cerca de 10% sendo incinerados. A reciclagem de polímeros tecnicamente, inclui tanto o reciclado nas fábricas quanto o descartado após consumo. A reciclagem nas fábricas envolve moer novamente e refundir refugos de polímeros, que nunca deixaram a fábrica em um produto acabado. O material descartado após o consumo inclui todos os materiais poliméricos que foram descartados após deixar as fábricas. O PET é um dos polímeros mais fáceis de ser reciclado. Garrafas de bebidas são separadas pela cor, são então moídas em pellets e lavadas. O PET é mais denso que a água, de modo que ele afunda durante a lavagem, enquanto o PEAD e qualquer resíduo dos rótulos flutuam. Os pellets limpos são recolhidos e tem muitos usos, incluindo fibras para carpetes, novas garrafas e enchimentos para travesseiros. Os fatores limitantes para a reciclagem do PET tendem a ser a necessidade de separação manual e o custo do transporte das volumosas garrafas vazias de refrigerantes até os recicladores (NEWELL, 2018).

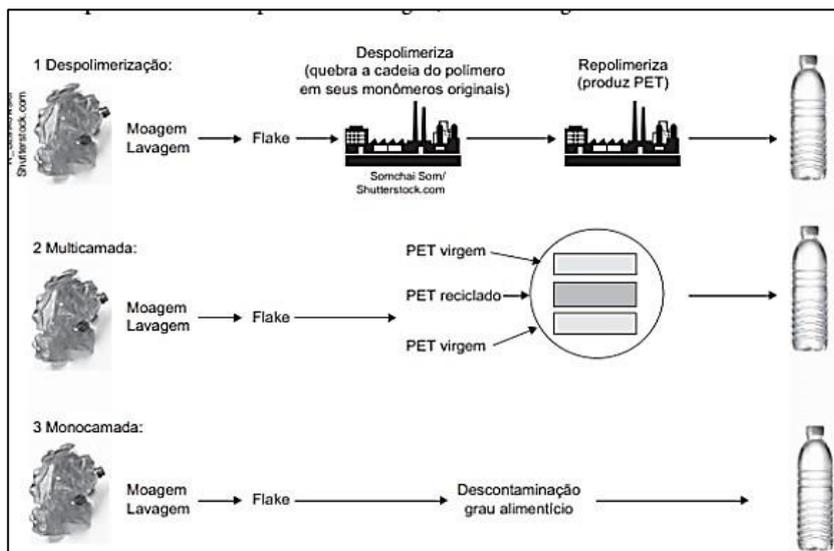
Contudo, a Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet, 2022) informa que a reciclagem cresceu consideravelmente nos últimos anos, em que mais de 56% das embalagens descartadas pelos consumidores são descartadas, com um volume de 359 mil toneladas de PET recicladas somente no ano de 2021. Desses PET reciclados, são em sua maioria da indústria de água, refrigerantes, além de bebidas não alcoólicas, energéticos dentre outros.

É importante compreender que no âmbito dos plásticos, especialmente no caso do PET, é preciso dar um destino final que não seja um lixão ou aterro sanitário ou rios e lagos. Se não for possível reutilizar, pelo menos deve ser reciclado. Desse modo, o “Santo Graal” de qualquer esforço de reciclagem é o desenvolvimento de tecnologias que possam reciclar produtos de volta a seu uso original. A tecnologia da *United Resource Recovery Corporation* desenvolvida na Alemanha pode reciclar o PET em flocos de altíssima qualidade, que então podem ser utilizados para produzir as onipresentes garrafas de plástico transparente dos refrigerantes (KILBERT, 2020).

Existem atualmente, várias embalagens em PET com designs e cores muito variados, que de certa forma dificulta sua reciclagem. As garrafas transparentes e levemente azuladas são adequadas para os processos de reciclagem grau embalagem, isto é, material reciclado que será utilizado novamente para a fabricação de embalagens para o contato de alimentos e bebidas. O designer de embalagem deve ter em mente que a escolha da cor determina a reciclabilidade do

material, pois, se este for encontrado em grandes volumes, tornará a reciclagem viável técnica e economicamente. Pensando em uma escala de cor utilizada nos produtos em PET, as mais viáveis para a reciclagem são as incolores/transparentes, seguidas das translúcidas e levemente azuladas, e das translúcidas e levemente esverdeadas; as mais difíceis de serem recicladas são as de cor âmbar/vermelha e as opacas. O PET pode ser reciclado por três tecnologias, conforme Figura 01 (FRAGA, 2014).

Figura 01- Reciclagem do pet



Fraga (2014)

No processo de reciclagem do PET, primeiramente separa-se, coleta-se e transporta-se para a reciclagem. Plásticos misturados podem facilmente ser “reciclados” em energia para incineração e que em aterros sanitários eles são inertes (pelo menos por muitos anos). Os plásticos que são mais altamente reciclados são garrafas de refrigerantes PET e garrafas de leite e detergentes de PEAD. Eles são abundantes, fáceis de serem reconhecidos e separados e as resinas (especialmente o PET) têm bom valor no mercado (TWEDE, 2009).

A reciclagem é um boa opção e a mais conhecida para o destino do PET, que será beneficiado como matéria-prima para um novo produto, através do beneficiamento na indústria. Contudo, atualmente a definição de reciclagem enfrenta algumas incertezas, como a falta de consistência ao longo da medição e ainda interfaces não muito claras com as outras etapas do gerenciamento de resíduos. É importante ressaltar que o conceito de reciclagem é diferente do conceito de reutilização. Neste, ocorre o reaproveitamento de determinado material já beneficiado em outro, com características diferentes, como, por exemplo, a reutilização de papel e vidro que, após passarem pelo processo de reutilização, não voltam a ter as mesmas características físico-químicas de antes do beneficiamento (MONTEIRO, 2017).

A reciclagem de plásticos transforma-os em pequenos grânulos, que podem ser utilizados na produção de novos materiais, tais como sacos de lixo, pisos, mangueiras, embalagens não alimentícias, peças de automóveis, entre outros. A reciclagem do plástico é de extrema importância para o meio ambiente. Quando recicla-se o plástico ou compra-se plástico reciclado, contribui-se com a preservação do meio ambiente, pois esse material deixa de ir para os aterros sanitários ou para a natureza, poluindo rios, lagos, solo, matas e o oceano. Para os materiais plásticos em específico, existe uma classificação por meio de símbolos, que definem uma classificação dos materiais plásticos de acordo com o polímero. O processo de reciclagem dos materiais plásticos se faz em etapas: Seleção; Separação dos materiais; Moagem e fragmentação; Lavagem; e Separação (TELLES, 2022).

Vale lembrar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída por meio da Lei Federal n. 12.305, de 2 agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro do mesmo ano. Esses diplomas normativos impuseram uma nova dinâmica de ações, medidas e procedimentos de gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos aos setores privado e público, bem como à sociedade (SILVA FILHO; SOLER, 2019).

Destaca-se que O PET é utilizado desde a década de 40 e, devido a características como durabilidade, transparência, resistência ao desgaste e corrosão, ele é o principal componente de embalagens de diversos produtos, especialmente bebidas. A utilização do PET em grande escala preocupa devido à enorme contaminação do meio ambiente com frascos e recipientes fabricados com matérias-primas que poderiam ser recuperadas. Nesse tipo de contaminação ambiental, as garrafas entopem o sistema de drenagem de água das grandes cidades, o que ocasiona inundação das ruas e avenidas (LUZ; SILVEIRA, 2021).

Utilizar produtos/materiais sem qualquer controle pós-consumo deixaram um legado de degradação ambiental de forma tão evidente de destruidora, que os avanços tecnológicos industriais conseguidos ficaram irrelevantes frente aos problemas causados pelo desenvolvimento insustentável e irresponsabilidade ambiental com a biosfera do planeta. Utilizar a coleta seletiva, especialmente feita pelos catadores tem sido uma revolução benéfica ao meio ambiente, que além de dar um destino utilizável aos resíduos, ainda evitam enchentes e terríveis catástrofes provocadas pelas chuvas, principalmente no centros urbanos (BARSANO; BARBOSA, 2014).

Com todas as técnicas e conhecimentos para reutilização e reciclagem de materiais como o PET atualmente, é muito difícil que esses materiais sejam considerados lixos, ou seja, algo que não servirá para outro uso. Nesse sentido, se o material não pode ser reutilizável, pode ser reciclado, ou vice-versa. O que não pode é a falta de interesse do gerador de resíduo em

colaborar para um destino final do resíduo de forma adequada (MANCINI; FERRAZ; BIZZO, 2012).

Dar um destino final adequado aos resíduos deve ser uma meta para a sociedade atual, uma vez que os resíduos podem alcançar proporções astronômicas, especialmente aqueles gerados da construção civil, que se destacam tanto pelo peso quanto pelo volume, e uma boa parte desses resíduos tem destinação final inadequada, já que se tornou rotina ver esses resíduos descartados em terrenos baldios, em nascentes, depósitos e lixões clandestinos além de outros lugares inapropriados. Muitos desses resíduos são provenientes de restos de demolição, de construção, de reparos de pavimentação, reformas, e obras de infraestrutura. Outros, são provenientes do processo produtivo de blocos de concreto, tubos, peças pré-moldadas, telhas, tijolos, argamassas, dentre outros oriundos de canteiros de obras (TELLES, 2022).

Para a reciclagem, considera-se que se faz necessário a coleta seletiva e triagem dos resíduos sólidos recicláveis conforme art. 3º da Lei PNRS, além do art. 9º, que trata da gestão do gerenciamento dos resíduos sólidos. Além desses, o ar. 18 também consta da gestão integrada dos resíduos sólidos, e disponibilidade de recursos da União para os municípios que priorizarem a coleta seletiva (SAIANI; DOURADO; TONETO JÚNIOR; 2014).

2.5 SUSTENTABILIDADE NAS CONSTRUÇÕES

Sobre o conceito de sustentabilidade, ainda não existe uma definição universalmente aceita que possa ser aplicada a todas as situações e que não seja excessivamente genérica e pouco precisa. Além disso, as estatísticas disponíveis sobre esse tema ainda são insuficientes para dar conta desse objeto, mesmo adotando-se definições mais restritas do que seja sustentabilidade (CARVALHO; BARCELLOS, 2018).

Entretanto, a sustentabilidade pode ser conceituada como a característica de um sistema ou mesmo de um processo, o que permite sua existência por um determinado tempo. Nas últimas décadas, o contexto da sustentabilidade tem ganhado proporções maiores, principalmente quanto se refere ao uso dos recursos naturais sem comprometer o uso desses pelas futuras gerações. Nessa perspectiva, pode-se mensurar que a sustentabilidade na sociedade contemporânea pode ser discutida em todas as esferas da sociedade, sendo que todos precisam dos recursos naturais, e estes por sua vez, são limitados. Daí a importância de debater o uso dos recursos sem extingui-los, dentro de um desenvolvimento que seja realmente sustentável, social e ambientalmente. Entender a sustentabilidade em um sociedade consumista,

levando em consideração o respeito aos recursos, deve ser uma prioridade (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2011).

Durante todo o processo de constituição do capitalismo ocorreu uma aparente emancipação da esfera econômica em relação à sociedade. Contudo, percebe-se que no mundo real, economia e sociedade estão entrelaçadas, e que o mercado não é uma instituição autônoma e perfeita. Entre as suas falhas, uma vem ganhando evidência crescente: a incapacidade de dar respostas concretas, justas e duradouras aos conflitos de natureza socioambiental. Como resultado, paralelamente ao agravamento da degradação ambiental impulsionada pela industrialização, intensificam-se as disputas pelo acesso e uso dos recursos naturais e dos territórios (VINHA; DUARTE; DABUL, 2018).

Desse modo, pode-se afirmar que mesmo o ambiente sendo compreendido como o ser humano e o contexto no qual está inserido, ou seja, contexto social, político, econômico dentre outros, esse fato se assemelha ao da sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável, que está muitas vezes ligado somente aos recursos naturais. Diante disso, é preciso entender que a sustentabilidade está centrada no ser humano, que é o agente capaz de promover o desenvolvimento com responsabilidade, promovendo a saúde, o bem-estar, a segurança do trabalhador, o equilíbrio social e econômico em todo o ambiente à sua volta (LIMA, 2021).

Entretanto, o acelerado crescimento das populações juntamente com o consumo dos recursos naturais do planos tem resultado em preocupações por parte dos governos e sociedade, uma vez que o reabastecimento de alguns recursos são impossíveis naturalmente, o que emite alertas de risco para a falta de muitos recursos. Desse modo, a ideia de desenvolvimento com sustentabilidade tem sido amplamente difundido, especialmente pelo esforço de utilização de materiais/produtos que possam ser sustentáveis. Um padrão aceito internacionalmente, o ISO 14001, foi estabelecido para auxiliar as organizações no cumprimento das leis e regulamentações aplicáveis, além de manter o equilíbrio delicado entre serem lucrativas e reduzirem os impactos sobre o meio ambiente (CALLISTER JR.; RETHWISCH, 2020).

A preocupação em busca de alternativas que visem utilizar produtos/materiais que seriam descartados, e agora são reutilizados em vários segmentos, tem aumentado especificamente devido a intensidade com que os recursos naturais estão sendo extraídos e consumidos como matéria-prima, como por exemplo, na construção civil que configura-se uma cadeia produtiva com grande utilização de água, energéticos, mão de obra, gerando resíduos e poluição, com grandes impactos na natureza, no meio ambiente natural e urbano. É preciso destacar que cerca de 75% dos recursos naturais em todo o globo terra tem seu consumo direcionado para a construção civil, com exceção da energia e água. Diante desses fatos, torna-

se urgente a busca por materiais alternativos para que as construções sejam cada dia mais sustentáveis econômica e ambientalmente (BAUER, 2019).

Pensar na reutilização dos materiais e produtos é construir sustentavelmente, uma vez que o desenvolvimento sustentável tem como ideal um desenvolvimento equilibrado, dando-se evolução socioeconômica, aplicando-se padrões e técnicas com menos impactos possível no ambiente, com base em três componentes – ambiental, social e econômico – cujo princípio busca o encaminhamento das ações destinadas ao desenvolvimento inerente da economia e da sociedade, porém, utilizando os recursos de forma mais racional, e reaproveitando outros que seriam destinados aos aterros sanitários. Assim, se consegue manter parte dos recursos naturais para as futuras gerações (SILVA FILHO; SOLER, 2019).

Kilbert (2020) explica que frente à sustentabilidade, um novo vocabulário está despontando para descrever os conceitos relativos à sustentabilidade e às mudanças no ambiente global. Tem-se como Fator 4, Fator 10, Pegada ecológica, biomimetismo, mochila ecológica, passo natural, ecoeficiência, biofilia e princípio da precaução descrevem os abrangentes conceitos filosóficos e científicos que se aplicam ao dinâmico paradigma rumo à sustentabilidade. Além desses, tem-se destacado também: edificação ecológica, certificação de edificações, projeto ecológico, avaliação do ciclo de vida, custo do ciclo de vida, edifício de alto desempenho e charrete se relacionam a técnicas específicas na certificação e aplicação dos princípios da sustentabilidade no ambiente construído. O movimento do desenvolvimento sustentável vem tornando-se mundialmente conhecido há quase 25 anos e causando mudanças significativas em sistemas de edificação num período relativamente curto. E, a construção sustentável, uma divisão do desenvolvimento sustentável, aborda o papel do ambiente construído para contribuir para a visão abrangente da sustentabilidade.

Dessa forma, pensar a sustentabilidade nas construções deve ser um passo fundamental quanto se vai construir. Assim, as decisões a serem tomadas durante as fases de planejamento, construção, reforça e manutenção das edificações têm efeitos de longo prazo diretos sobre muitos aspectos do meio ambiente – qualidade da saúde, ar, recursos naturais, uso da terra, qualidade da água e usos da energia. Além disso, as decisões de construção apresentam maiores implicações no custo da terra e de materiais usados para construir. Os materiais usados para construir, reformar e manter uma casa também causam impacto no meio ambiente, assim como a energia usada para aquecimento, resfriamento, iluminação e funcionamento de equipamentos e a quantidade de água usada durante toda a vida útil da edificação (KRUGER; SEVILLE, 2016).

Diante disso, pode-se afirmar que promove-se a sustentabilidade, por exemplo, quando em um canteiro de obra as atividades são planejadas no sentido de reduzirem os impactos e perturbações à vizinhança, quando se minimiza os desperdícios de materiais, quando previne-se acidentes e utiliza-se materiais ecologicamente sustentável. Dessa maneira, reduz-se o consumo de recursos naturais e opta-se por alternativas diversas, reutiliza-se materiais e/ou produtos que já foram anteriormente utilizados para outros fins, e recicla-se aqueles materiais que seriam descartados, para serem empregados em outra função (QUALHARINI, 2018).

Atualmente, o mundo experimenta um crescimento contínuo, em que a humanidade aproxima-se celeremente do outro extremo, a “economia da espaçonave”, sendo que a alta densidade demográfica, a alta produção per capita, a elevada utilização de recursos naturais, como os não renováveis, além da alta geração de resíduos sólidos, tanto degradáveis quanto não degradáveis pela natureza, faz com que o meio ambiente não seja mais um bem livre. É preciso haver mudança de postura, consciência na utilização de materiais, e mais pesquisas em busca de novas alternativas que solucionem os problemas causados à natureza pelo homem (CÁNEPA, 2018).

É preciso lembrar que a política ambiental consta de um conjunto de metas e instrumentos que visam a redução dos impactos negativos da ação antrópica sobre o meio ambiente. E, como toda política, que para sua existência apresenta justificativa, além de outros requisitos fundamentais como instrumentos, metas, faz também previsão de penalidades para o não cumprimento das normas. Contudo, as políticas econômicas, por outro lado, favorecem a produção e consumo demasiados, principalmente na sociedade contemporânea em que esse alto consumo está diretamente ligado à produção de resíduos que direta ou indiretamente traz algum prejuízo ambiental (LUSTOSA; CÁNEPA; YOUNG, 2018).

2.6 UTILIZAÇÃO DO ISOPET NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existe uma tendência mundial atualmente, pela sustentabilidade ambiental bem como eficiência energética dentre outras urgências. Assim, o uso de materiais alternativos é uma inovação para a indústria da construção civil, não somente pelas suas propriedades, mas também pelo barateamento na construção. Desses materiais, tem-se por exemplo, os compósitos feitos à base de isopor e gesso. Além desses, existem outros com a finalidade de substituir tijolos tradicionais de cerâmica. Até mesmo a superfície de concreto pode ser fabricado com fibras poliméricas, com grandes vantagens, sendo que a fibra propicia melhoria da resistência ao desgaste. Há também outras classes de materiais poliméricos que apresentam propriedades

muito superiores às dos compósitos, contendo quantidades relativamente pequenas de nanopartículas (menos de 5%). Os nanocompósitos são obtidos pela incorporação de cargas de dimensões nanométricas (como argila, sílica, nanotubos de carbono etc.) na matriz polimérica (CRIVELARO; PINHEIRO, 2020).

Na indústria da construção civil, há uma busca incessante por materiais alternativos que garantem qualidade, segurança e conforto nas edificações, e que sejam ecologicamente corretos, com agilidade de execução e durabilidade além de redução de custos. Desse modo, esse setor vem utilizando, por exemplo, blocos de ISOPET cuja confecção é em concreto leve com isopor reciclado, com a utilização de garrafas PET recicladas e inteiras, vertical ou horizontalmente posicionadas. O encaixe desses blocos é lateralmente (Figura 02), em forma de macho e fêmea (saliências e reentrâncias) gerando travamento entre os blocos, sem a necessidade de utilizar argamassa para unir o blocos, com exceção da primeira fiada. Em substituição das fôrmas na moldagem de vergas, existem nos blocos as canaletas que também substituem contra-vergas e cintas de amarração. Uma das vantagens do bloco é por conter um superfície poroso, o que não se faz necessário chapisco, emboço e reboco da parede, e para finalização aplica-se somente uma argamassa colante. Desse modo, utilizando o ISOPET reduz-se o consumo de recursos naturais, racionaliza-se o processo construtivo, e reduz-se o consumo de energia elétrica, mecânica e humana, sobressaindo-se a produtividade e qualidade (BORTOLI, 2008).

Figura 02: Encaixe dos blocos ISOPET



Fonte: Vezaro (2016)

Utilizar os polímeros sintéticos nas construções é uma alternativa que visa também à prevenção ambiental de reservas naturais e espécies animais, pois é um substituto aos polímeros

naturais extraídos da fauna e flora. Contudo, salienta-se que nem sempre atende às mesmas expectativas, já que alguns componentes derivam-se do petróleo, que por sua vez é uma fonte não renovável (BARBOSA; BARSANO; VIANA, 2014).

O ISOPT tem grandes vantagens, das quais a utilização do EPS para a compor o concreto leve, além das garras PET que no interior dos blocos são bem posicionadas. Assim, a interação entre PET e EPS faz com que o manuseio do bloco seja facilitado em face da redução do peso, além de possibilitar condições ergonômicas melhores, e maior economia nas edificações. A junção do PET com o EPS traz resultados positivos também no que se refere à isolamento térmico-acústica. Para a execução das paredes, o tempo de execução chega a ser superior a 50%, com redução na quantidade de argamassa de assentamento em torno de 80%. Além disso, o desgaste físico do operário é reduzido, o que aumenta significativamente a produtividade (KANNING et al., 2016).

Em um experimento de um cômodo, Silva (2010) utilizou garrafa PET e o EPS que foi descartado de eletrônicos, móveis, eletrodomésticos e outras matérias, cujo destino era o lixo. Assim, triturou-se o EPS para melhor homogeneização. Utilizou-se também, areia, água, cimento, gesso e raspa de pneus para a confecção do bloco. Inicialmente, a forma foi confeccionada de madeira, resultado em danos à forma. Posteriormente, confeccionou-se forma de aço (Figura 03).

Figura 03: Confeção do bloco



Fonte: Silva (2010)

Desse modo, o resultado mostrou que: a utilização do EPS foi essencial no quesito condutividade térmica. Contudo, o autor aponta que, se aumentar o volume do EPS, o resultado da condutividade térmica será melhor, porém, na confecção do bloco, a mistura não será homogênea. O compósito também apresentou boa resistência mecânica; a porosidade

possibilita condutividade térmica reduzida; as temperaturas dentro do cômodo construído ficaram dentro do limite; boa umidade relativa do ar. Além disso, houve ganho no tempo de construção, tempo para retirar os blocos das fôrmas, excelente, além de outras vantagens.

Segundo Moraes e Sampaio (2020) usa-se forma metálica para a construção do bloco ISOPET, sendo que as garrafas precisam estar devidamente fechadas e acomodadas e lixadas. Como o resultado é um bloco construído com materiais leves e reciclados, o peso estrutural é reduzido consideravelmente. Entretanto, é indispensável o uso do nível de bolha e do prumo de forma contínua para um bom alinhamento. Com essa técnica construtiva do ISOPET, diversos benefícios podem ser também notados, especialmente no meio ambiente, uma vez que recursos naturais como a areia tem a extração reduzida, além de diminuir a quantidade de resíduos sólidos provenientes do isopor e das garrafas PET nos aterros sanitários, lixões rios. Contudo, deixa-se claro que se comparado o preço do ISOPET com a blocos de cerâmica tradicional, há um aumento no valor unitário do bloco de ISOPET. Entretanto, quando se leva em consideração o aumento do número de fiadas, o valor final é reduzido.

A vantagem na utilização do ISOPET é visto em diversos contextos, dos quais a redução do peso que chega a 50% comparado ao da alvenaria tradicional que possui peso específico do sistema em torno de 1325kg/m^3 , enquanto que o ISOPET tem peso específico de apenas 715kg/m^3 . Dessa forma, o uso do ISOPET tem um custo-benefício significativo já que reduz a quantidade de aço utilizado nas estruturas, eliminando gastos nas fundações além de resistência do concreto (VEZARO, 2016).

Para a construção do bloco do ISOPET, primeiramente em água dissolve-se o adesivo, colocando em seguida na betoneira toda a carga de isopor reciclado. Após, coloca-se, com a betoneira em movimento, metade da quantidade de cimento que serão utilizado. Quando iniciar o processo de fixação do cimento no isopor, o restante do cimento é adicionado, com a água e areia. Quando houver a homogeneização total, segue-se para a fôrma. O bloco de ISOPET tem várias vantagens como ser resistente ao fogo, por exemplo (SASDELLI, 2023).

O bloco do ISOPET tem em sua estrutura substituindo a pedra brita, o isopor (poliestireno expandido) o que o bloco leve, e as partículas do isopor são envolvidas pela mistura de cimento e areia. Essa vantagem faz com o ISOPET possa ser utilizado em diversas utilidades, como substituição de paredes através de painéis pré-moldados, o resulta em baixo custo nas construções. Além disso, em um determinado experimento, o objetivo era analisar o desempenho térmico da parede construída com ISOPET, de forma que foram confeccionados blocos para a construção, e segundo os resultados, verificou-se uma boa resistência mecânica.

Nesse sentido, além disso, a viabilidade do peso do bloco também foi um elemento bastante importante (WOLFF, 2008).

Utilizar o isopor na confecção do bloco ISOPET é uma grande vantagem, pois além de apresentar um peso bastante baixo a absorção de água é menor que 5% nos materiais confeccionados. Também, existe a questão econômica e de segurança que são características na utilização do EPS. Desse modo, o EPS, mesmo sendo bastante leve não compromete a estrutura da edificação, é considerado bom isolante térmico, o que reduz o consumo de energia utilizado para o conforto térmico (PEREIRA, 2013).

Segundo Souza et al., (2017) os tijolos feitos de PET utilizados na construção civil tem ganhado cada vez mais espaço nas construções, de maneira que a utilização desse material traz benefícios relacionados à dilatação e temperatura, segurança e transmissão de ruídos. Nesse sentido, o ISOPET se destaca devido a sustentabilidade ambiental conferida tanto na confecção do bloco, quanto na construção da edificação e reutilização de materiais como o PET e o isopor reciclado.

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2022) o emprego do PET nas construções tem ganhado espaço cada vez maior, de forma que a técnica empregada substitui o volume de areia utilizado nos blocos, em até 15%. Assim, os custos com mão de obra são reduzidos. Os blocos ficam menos permeáveis, e com maior resistência à impactos, resistência à flexão considerada maior que os tijolos tradicionais, alta resistência química, mecânica, à compressão, à fenômenos naturais e ao fogo. Também, possui grande capacidade de isolamento. No Brasil, a técnica está em evolução, mas em países como os Estados Unidos, o faturamento em 2018, por exemplo, chegou a 1,5 bilhões de dólares. Além disso, nesse país, utiliza-se as garrafas PET para a construção de fôrmas que isolam o concreto (ICFs - *Insulating Concrete Forms*), com otimização do tempo de construção, além de impermeabilização das paredes, além de proteger as edificações contra terremotos, furacões e potenciais incêndios.

Segundo Rocha (2017), o uso do PET na construção civil vem aumentando, especialmente pelas vantagens econômicas, uma vez que a matéria-prima (garrafa PET) geralmente é descartada como lixo, e de fácil acesso, pode ser utilizada de forma reciclada, incorporada ao concreto, deixando-o mais leve. Além disso, economiza-se em recursos naturais, não é preciso utilizar processo químico para utilização do PET, e o bloco tem alto potencial de isolamento térmico, ou seja, pode chegar a ser 5 vezes mais eficiente que o bloco tradicional, o que traz grandes benefícios em termos de sustentabilidade também.

Oliveira Júnior et al., (2020) destacam que é imprescindível a busca por métodos construtivos na construção civil, para minimizar os custos da construção, e não somente isso, mas também para atender a demanda da sustentabilidade, qualidade de vida das pessoas dentre outras demandas. Dessa forma, um sistema construtivo sustentabilidade apresenta estratégias como o uso de materiais, como o PET, por exemplo, que além de agregar valores econômicos, produtividade, lucros, eficiência em diversos aspectos, é um caminho viável para a redução de resíduos sólidos.

Vezero (2016) após experiência com blocos construídos com PET e EPS, verificou que houve um desempenho térmico sistema considerado dentro das normas, de forma que a utilização do ISOPET diminuiu a transferência do calor externo para o interno, com a redução da temperatura interna em torno de 20%. Quanto à resistência mecânica, o resultado foi superior ao exigido pela NBR 15270-1 (2005). Além dessas importantes considerações, a utilização do EPS e do PET é de grande significado para a sustentabilidade, reduzindo impactos ambientais causados pelo descarte desses materiais.

3 METODOLOGIA

A metodologia consiste no caminho que direciona a um determinado objetivo; metodologia configura-se como o estudo do método, isto é, o conjunto de regras e procedimentos previamente estabelecidos para realização de uma pesquisa científica origina-se de ciência, a qual compreende uma conjuntura de precisos conhecimentos e ordenados metodicamente em relação a determinado domínio do saber (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A presente pesquisa é uma investigação exploratória, pois segundo Gil (2021) visa esclarecer, desenvolver ou modificar determinados conceitos e ideias frente a um problema formulado. Nesse sentido, habitualmente é feito por meio de levantamento bibliográfico, cujo tema é desenvolvido a partir de revisão de literatura. Nesse sentido as principais obras que serviram de base para a construção teórica, são livros, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e artigos científicos com o mesmo enfoque temático abordado na pesquisa.

Quanto aos meios esta pesquisa é em seu essencialmente bibliográfica, o tipo bibliográfico procura explicar e discutir um tema ou um problema com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos etc. Busca conhecer e analisar contribuições científicas sobre determinado tema. Segundo Gil (2021) as fontes bibliográficas comumente conhecidas são os livros de leitura corrente. Porém, existem diversas fontes de interesse para a

realização de pesquisas, que podem ser: “obras de referência, teses e dissertações, periódicos científicos, anais de encontros científicos e periódicos de indexação e resumo”.

4 CONCLUSÃO

A construção civil é um setor de grande visibilidade no panorama da economia brasileira, se destacando com um dos que mais cresce, mais emprega, tanto profissionais qualificados quanto mão de obra não qualificada, de maneira que a economia no setor da construção civil é dinâmica e fundamental para o crescimento e desenvolvimento do país.

Contudo, a construção civil carrega uma péssima reputação quanto aos recursos naturais, uma vez que é responsável por consumir a maioria dos recursos que são extraídos, de forma que nas últimas décadas tem crescido o debate sobre esse contexto, em que tanto o governo quanto a sociedade tem buscado alternativas para sanar esse problema.

O impacto negativo gerado pela uso dos recursos naturais pode ir além do que se pensa, sendo que muitos desses recursos não são renováveis. Disso, ressalta-se que não há sustentabilidade nas construções quando não se pensa no meio ambiente. Diante de tais fatos, pode-se afirmar que uso de materiais alternativos nas construções é um grande passo, destacando-se o processo de reciclagem bem como a reutilização de vários materiais, dentre os quais o PET e EPS, que têm ganhado espaço cada vez mais nas pesquisas sobre seu uso na construção civil.

Frente a essa possibilidade, neste trabalho analisa-se o emprego com sucesso do ISOPET, que consta de um bloco que contém em sua composição o PET e o EPS. Desse modo, o referencial consultado foi fundamental para atingir os objetivos do trabalho, analisando e discutindo a viabilidade do ISOPET na construção civil como uma alternativa para uma construção sustentável, considerando ganho econômico, rapidez na execução da obra, responsabilidade ambiental, qualidade na construção, dentre outros quesitos fundamentais para uma construção segura e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gustavo Spina Gaudencio de. **Processo de transformação**: conceitos, características e aplicações sobre termoformagem e rotomoldagem de termoplásticos. São Paulo: Érica, 2014.
- AMIANTI, Marcelo. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré- fabricado**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais -UFOP/CETEC/UEMG. Ouro Preto, MG. 2005. Disponível em:
https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3255/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_UsoAplica%C3%A7%C3%A3oPoliestireno.pdf. Acesso em: 14.abr.2023.
- ABIPET. 2022. **O PET é o plástico número 1 em reciclagem**. Disponível em:
<https://abipet.org.br/reciclagem/#:~:text=O%20PET%20%C3%A9%20o%20pl%C3%A1stico%20mais%20reciclado%20em%20todo%20o,da%20Uni%C3%A3o%20Europeia%20e%20%C3%81sia>. Acesso em: 02.mai.2023.
- BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BARBOSA, Rildo Pereira; IBRAHIM, Francini Imene Dias. **Resíduos Sólidos**: impactos, manejo e gestão ambiental. São Paulo: Érica, 2014.
- BARSANO, Paulo Roberto. BARBOSA, Rildo Pereira. **Gestão ambiental**. São Paulo: Érica, 2014.
- BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira; VIANA, Viviane Japiassú. **Poluição ambiental e saúde pública**. São Paulo: Érica, 2014.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- BORTOLI, júnior de. **Blocos ISOPET intertravados**. Disponível em:
<https://maosaobra.wordpress.com/2008/08/21/blocos-isopet-intertravados/>. Acesso em: 02.mai.2023.
- CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais**: uma abordagem integrada. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli de; BARCELLOS, Frederico Cavadas. Mensurando a Sustentabilidade. In: MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- CÁNEPA, Eugenio Miguel. Economia da Poluição. In: MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CRIVELARO, Marcos; PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Materiais de construção**. São Paulo: Érica, 2020.

EMSLEY, John. **Moléculas em exposição**: o fantástico mundo das substâncias e dos materiais que fazem parte do nosso dia a dia. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

FIELD, Barry C.; FIELD, Martha K. **Introdução à economia do meio ambiente**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

FRAGA, Simone Carvalho Levorato. **Reciclagem de materiais plásticos**: aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais. São Paulo: Érica, 2014.

GERHARDT, Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (ogs). **Métodos de pesquisa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Barueri [SP]: Atlas, 2021.

GROOVER, Mikell P. **Fundamentos da moderna manufatura**: versão SI. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

JESUS, Luiz Carlos Correia de et al. Comportamento térmico de compósitos de poliestireno reciclado reforçado com celulose de bagaço de cana. **Revista Matéria**, v.24, n.3, 2019.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/bKxrSBNF8Pg44zsDZhmX8xq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02.mai.2023.

KANNING et al. Rodrigo César. **ISOPET** - análise do desempenho térmico de um protótipo habitacional construído com blocos de concreto com isopor e garrafas PET. Disponível em:

<https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/Blocos-ISOPET-An%C3%A1lise-T%C3%A9cnica.pdf>. Acesso em: 02.mai.2023.

KIBERT, Charles J. **Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman Editora LTDA., 2020.

KOTZ, John C. et al. **Química geral e reações químicas**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

KRUGER, Abe; SEVILLE, Carl. **Construção verde**: princípios e práticas em construção residencial. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LEFTERI, Chris. **Materiais em design**. São Paulo: Blucher, 2015.

LESSA, Ana Carolina Da Rocha; PAREDES, Débora Da Silva. Poluição Do Solo. In: SANTOS, Marco Aurélio Dos. **Poluição do meio ambiente**. SANTOS, Marco Aurélio dos et al. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

LIMA, Caroline Hatada De. **Proteção do meio ambiente**. São Paulo: Platos Soluções Educacionais S.A., 2021.

LINS, Luiz dos Santos. **Introdução à gestão ambiental empresarial**: abordando economia, direito, contabilidade e auditoria. São Paulo: Atlas, 2015.

LOKENS GARD, Erik. **Plásticos industriais**: teoria e aplicações. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira; CÁNEPA, Eugenio Miguel; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Política Ambiental. In: MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira. Industrialização, Meio Ambiente, Inovação e Competitividade. In: MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LUZ, Charlene Bitencourt Soster; SILVEIRA, Michele Lisboa. **Logística reversa**. São Paulo: Platos Soluções Educacionais S.A., 2021.

MANCINI, Sandro Donnini; FERRAZ, José Lázaro; BIZZO, Waldir Antônio. Resíduos sólidos. In: ROSA, André Henrique; FRACETO, Leonardo Fernandes; CARLOS, Viviane Moschini-. **Meio ambiente e sustentabilidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Construção – 101 perguntas e respostas**: dicas de projetos, materiais e técnicas. Barueri, SP: Minha Editora, 2012.

MONTEIRO, Alessandra Da Rocha Duailibe. Poluição Por Resíduos. In: SANTOS, Marco Aurélio Dos et al. **Poluição do meio ambiente**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

NASCIMENTO NETO, Paulo. **Resíduos sólidos urbanos**: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas. São Paulo: Atlas, 2013.

NEWELL, James. **Fundamentos da moderna engenharia e ciência dos materiais**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

NUNES, Edilene de Cássia Dutra; SANTOS, Leandro José dos. **Termoplásticos**: estruturas, propriedades e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, Valdemir Rodrigues de et al. **Utilização de materiais reciclados em estruturas de concreto executadas com painéis autoportantes**. São Luís - Editora Pascal, 2020.

PEREIRA, Adriana Camargo; SILVA, Gibson Zucca da; CARBONARI, Maria Elisa Ehrhardt. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2011.

PEREIRA, Juares José. **Lajotas de concreto leve com EPS descartado**. Dissertação(Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. MARINGÁ 2013. Disponível em: <http://www.peu.uem.br/JuaresPereira2.pdf>. 14.abr.2023.

PIRES, Anderson Soares. Gestão ambiental: reciclagem e a questão dos lixos nas cidades. In: RONEI, Tiago Stein et al. **Meio ambiente**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

QUALHARINI, Eduardo Linhares. **Canteiro de obras**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

RIBEIRO, Bibiana Zanella. **Tecnologias na construção civil**. São Paulo: Platos Soluções Educacionais S.A., 2021.

ROCHA, Evelise Riveros Da. **A viabilidade econômica sustentável do bloco concreto com garrafa PET**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8798/1/A%20Viabilidade%20economica%20sustentavel%20do%20bloco%20de%20concreto%20com%20garrafa%20PET.pdf>. Acesso em: 04.mai.2023.

SASDELLI, Juliana Vieira. **ISOPET** – A tecnologia do concreto aliada ao meio ambiente. Disponível em: https://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_27306/artigo_sobre_isopet--a-tecnologia-do-concreto-aliada-ao-meio-ambiente. 12.abr.2023.

SAIANI, Carlos César Sandejo; DOURADO, Juscelino; TONETO JÚNIOR, Rudinei. **Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal no 12.305 (lei de resíduos sólidos)**. Barueri, SP: Minha Editora, 2014.

SAMPAIO, Allefy Teles; MORAIS, Tiago Alves. Blocos ISOPET: Uma Alternativa Sustentável Na Construção Civil. In: **Anais da II Mostra SEC UFC**. UFC, Fortaleza (CE), 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/IIMostraSECUFC/299590-BLOCOS-ISOPET--UMA-ALTERNATIVA-SUSTENTAVEL-NA-CONSTRUCAO-CIVIL>. Acesso em: 03/05/2023.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Reciclagem de garrafas PET na construção civil**: Confira novos caminhos que podem ser percorridos na construção civil mirando os cuidados com o meio ambiente. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/reciclagem-de-garrafas-pet-na-construcao-civil,b42904406b622810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 02.mai.2023.

SILVA FILHO, Carlos Roberto; SOLER, Fabricio Dorado. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. São Paulo: Trevisan Editora, 2019.

SILVA, Kamila Maria de Souza. **Reciclagem de poliestireno expandido**: compósito com fibras de sisal para confecção de placas de circuito impresso. Trabalho de Graduação. Engenharia de Materiais – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Guaratinguetá, 2013. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121224/000736434.pdf?sequenc>. Acesso em: 02.mai.2023.

SILVA, André da Rocha. **Estudo térmico e de materiais na construção de casas populares com blocos confeccionados a partir de um composto à base de cimento, EPS e raspa de pneus**. Dissertação (Mestrado). Engenharia Mecânica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Nata/RN, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15621/1/AndreRS_DISSERT.pdf. Acesso em: 02.mai.2023.

SOUZA, Wander Burielo de; ALMEIDA, Gustavo Spina Gaudencio de. **Processamento de polímeros por extrusão e injeção**: conceitos, equipamentos e aplicações. São Paulo: Érica, 2015.

SOUZA, Ângela de Barros et al. **A posição dos alunos de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil do Instituto Federal da Bahia em relação à Sustentabilidade nas Construções Cíveis do Brasil**. ESNUS. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Acesso em:

[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/240743/ANAIS%20ENSUS%202017%20\(1\)-1466-1473.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/240743/ANAIS%20ENSUS%202017%20(1)-1466-1473.pdf?sequence=1). 14.abr.2023.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. **Resíduos sólidos**: gestão responsável e sustentável. São Paulo: Blucher, 2022.

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

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88811/234096.pdf>. Acesso em: 02.mai.2023.

TOLENTINO, Nathalia Motta de Carvalho. **Processos químicos industriais**: Matérias-primas, técnicas de produção e métodos de controle de corrosão. São Paulo: Érica, 2015.

TWEDE, Diana. **Materiais para embalagens**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

VEZARO, Simone. **Sistema Construtivo Isopet**: estudo das propriedades mecânicas e térmicas. 2016. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2016.

<https://docplayer.com.br/153975118-Simone-vezaro-sistema-construtivo-isopet-estudo-das-propriedades-mecanicas-e-termicas.html>. Acesso em: 02.abr.2023

VINHA, Valéria da; DUARTE, Francisco José Mendes; DABUL, Marcia Silva. As Empresas e o Desenvolvimento Sustentável: A Trajetória da Construção de uma Convenção. In: MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

WOLFF, Paulo Sérgio. **Resistência, densidade e desempenho termo-acústico do concreto com espuma de poliestireno expandido (ESP) aplicado às construções**. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR. 2008. Disponível em:

<https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2754/1/PAULO%20SERGIO%20WOLFF.pdf>. Acesso em: 02.abr.2023.