



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ROMÁRIO OLIVEIRA DE PAULA

AGREGADOS RECICLADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

UBÁ – MG

2017

ROMÁRIO OLIVEIRA DE PAULA

AGREGADOS RECICLADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fundação Presidente Antônio Carlos – FUPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Dr. Érika Maria Carvalho Silva Gravina

UBÁ-MG

2017

RESUMO

A sustentabilidade é cada vez mais destacada nos dias atuais, devido ao desenvolvimento inconsciente que causa enormes impactos ao meio ambiente. É essencial utilizarmos os recursos naturais de forma inteligente, para que possam suprir a demanda atual sem comprometer o futuro das próximas gerações. A reciclagem de resíduos de construção e demolição e sua utilização como agregados tem hoje um papel importante no desenvolvimento sustentável e econômico da construção civil. Auxilia na redução dos descartes inapropriados de resíduos, reduz os possíveis impactos ambientais causados por descartes e apresenta um material granular de melhor preço em relação ao agregado natural para as obras. O objetivo deste trabalho é analisar os resíduos da construção civil, e também o concreto feito destes resíduos, apontando seus benefícios, vantagens e desvantagens, aplicações e sua eficiência. Os agregados reciclados são denominados comumente de entulho, o qual é um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas para a aplicação em obras da construção civil. Os agregados reciclados da construção civil apresentam eficiência comprovada, benefícios e vantagens sustentáveis e econômicas, apesar de possuir algumas desvantagens em relação ao concreto convencional.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Reciclagem. Concreto. Resíduos da construção civil.

ABSTRACT

Sustainability has become more prominent today, because of unaware development that occasion large impacts on the environment, it is essential to use the natural resources in an intelligent way so that they can supply the current demand without compromising the future of the next generations. The recycling of construction and demolition waste and their use as aggregates today plays a very important role in the sustainable and economic development of civil construction, as it helps to reduce inappropriate waste discards, reduces possible environmental impacts caused by them, and is a material of the best price economically in relation to the natural aggregate for the works. The objective of this work is to analyze the residues of the civil construction and demolition, as well as the concrete made of these residues, pointing out its benefits, advantages and disadvantages, applications and its efficiency for civil construction. Recycled aggregates are commonly called debris, which is a granular material from the processing of construction waste that has technical characteristics for the application in construction works. The recycled construction aggregates have proven efficiency, benefits and economic and sustainable advantages, although they have some disadvantages compared to conventional concrete.

Keywords: Sustainability. Recycling. Concrete. Waste from construction.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o termo sustentabilidade vem sendo cada vez mais discutido, e significa suprir as atuais necessidades dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material, sem agredir o meio ambiente, a sustentabilidade também pode ser definida como a capacidade de o ser humano interagir com o mundo, reduzindo os impactos ambientais, substituindo os recursos não renováveis pelos que são renováveis, sempre que possível.

As empresas de grande porte já visam seguir o modelo de Triple Bottom Line – o Tripé da sustentabilidade. Esse conceito refere-se à sustentabilidade de uma empresa, e expressa que para uma organização ou negócio seja sustentável é essencial ser financeiramente viável, socialmente justo e ambientalmente responsável. É também conhecido como *people, planet, e profit*, correspondentes aos seguimentos de uma organização medidos em termos sociais, ambientais e econômicos.

A construção civil é vista como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas ainda atua como uma grande geradora de impactos ambientais pelo consumo de recursos naturais, modificação da paisagem e/ou pela geração de resíduos.

Com a crescente evolução das tecnologias e a preocupação com a sustentabilidade, começou-se a estudar meios de reaproveitamento de resíduos de demolições e construções. Dessa forma, haverá uma boa redução desses resíduos, o que é importante para o meio ambiente, pois restringe as chances de deposição em locais clandestinos e contribui para aliviar a pressão sobre aterros de inertes, cada vez mais saturados.

A construção civil é responsável por grande parte do lixo gerado nos centros urbanos, e um modo de minimizar esse problema é o concreto de agregados reciclados que vem se tornando uma excelente alternativa para um futuro sustentável. O agregado reciclado é constituído de um material granular obtido através de processos de reciclagem de rejeitos da mineração, construção ou demolição da construção civil. Este concreto é uma ótima alternativa também do ponto de vista econômico, em razão de gerar uma redução de gastos tanto para quem gera resíduos quanto para quem compra matéria nova.

O primeiro surgimento do concreto de agregados reciclados foi na Alemanha, por conta das cidades destruídas na Segunda Guerra Mundial. Esse concreto vem sendo investigado desde a década de 80 em vários países europeus, em que se viabilizava essa alternativa, devido à proibição da prática de uso de aterros para a destinação de resíduos

passíveis de reciclagem. No Brasil esta atividade ainda é recente, por não haver uma cultura de utilização deste material, mesmo existindo as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para seu uso como a NBR 15112, NBR 15113, NBR 15114, NBR 15115, NBR 15116 e a NBR 10004, que foram criadas em 2004. No entanto, esse concreto vem se mostrando bastante útil para a construção civil como na: vedação de edificações, na base e sub-base de pavimentos, em calçadas externas e similares sem função impermeabilizante, entre outras.

O objetivo deste trabalho consiste em estudar os agregados reciclados de resíduos, da construção e demolição, e o concreto de agregados reciclados como fonte sustentável na construção civil, apontando sua eficiência na engenharia, benefícios, vantagens, desvantagens e suas aplicações.

A escolha desse tema foi baseada na questão da sustentabilidade, que vem sendo destacada devido a sua importância na manutenção do planeta. A reciclagem é uma solução que reduz a taxa de desperdícios de materiais, diminuindo o descarte inadequado de lixos, sendo ótima alternativa, do ponto de vista econômico e sustentável.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sustentabilidade e construção civil

A construção civil tem uma grande contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população, mas apesar disso, ela gera grandes impactos ambientais como a contaminação de aterros sanitários, a proliferação de insetos, devido aos fragmentos de resíduos de construção e demolição que são descartados incorretamente na natureza, entre outros. Com isso, atualmente, procura-se construir com responsabilidade, não pensando apenas no momento presente, mas também no que é possível em prol das futuras gerações, procurando uma construção sustentável (TEODORO, 2011).

O nosso planeta enfrenta hoje um desafio ambiental cuja falta de resolução ou adiamento poderá gerar desequilíbrios que atuarão diretamente sobre a civilização humana. Esses efeitos, vindos dos padrões nas atividades sobre o meio ambiente e o consumo da civilização, podem produzir resultados que afetarão as gerações vindouras. Com essa constatação, surgiu a ideia do desenvolvimento sustentável, procurando conciliar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental (COLAÇO, 2008).

A sustentabilidade trata da busca constante pelo desenvolvimento sustentável e, a partir disso, tenta desacelerar os impactos ambientais que podem acarretar diversos problemas para as futuras gerações como a elevação do aquecimento global, o desequilíbrio do meio ambiente, extinção de diversos animais e plantas, entre outros.

Com o crescimento da preocupação global com o meio ambiente e a alta concorrência no mercado atual tem-se criado a necessidade das empresas adotarem estratégias e programas ambientais no intuito de ter um status socioambiental. Para isso, as organizações estão procurando inserir o tripé da sustentabilidade (Triple Bottom line) que visa o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Procura-se uma estratégia de gestão de negócios para as empresas que querem obter a sustentabilidade, baseando-se em eficiência econômica, equilíbrio ambiental, justiça social e governança ambiental (ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE – ENGEMA, 2016).

No setor da indústria da construção civil, pensa-se cada vez mais em desenvolver um ambiente sustentável. Dessa maneira, deve-se incentivar: o desenvolvimento de novos projetos e novas tecnologias que propiciem a redução da produção de resíduos; o uso racional de recursos naturais, tais como a energia e a água; a utilização de materiais ecologicamente

corretos e, a partir dessas medidas, determinar parâmetros para avaliação ambiental da construção e dos edifícios. Estes objetivos têm levado algumas instituições a desenvolverem parcerias com as universidades, centros de pesquisa, consultores especializados e projetistas que garantam, no futuro, um patrimônio construído sustentável. Inserido neste contexto, surgiu o concreto obtido com agregados reciclados (COLAÇO, 2008).

De acordo com Neto *et al* (2016), dentre as ações para se obter um progresso em um novo modelo do desenvolvimento sustentável, deve-se seguir medidas como:

- Dependência de suprimento externo contínuo de energia (Sol);
- Uso racional da energia e da matéria com ênfase na conservação em contraposição ao desperdício;
- Promoção da reciclagem e do reuso dos materiais;
- Controle da poluição, gerando menos resíduos para serem absorvidos pelo meio ambiente;
- Controle do crescimento populacional em níveis aceitáveis, com perspectivas de estabilização da população.

Para modificar os impactos ambientais já causados como, a redução dos aquíferos, elevação dos oceanos, derretimento de boa parte do gelo no ártico são necessárias mudanças como: a redução de CO² no ambiente, a economia de água, entre outras medidas. Precisamos mudar nossos hábitos urgentemente, para trazermos segurança para nós e para as futuras gerações. Também devemos preparar nosso círculo social para enfrentar um futuro que pode nos proporcionar dificuldades e desafios que nunca imaginamos vivenciar (SINGER *et al*, 2013).

Segundo Teodoro (2011), pretende-se com a sustentabilidade convencer a população de que é possível minimizar os efeitos da construção no meio ambiente, sem prejudicar a natural evolução tecnológica. Todavia, poderia se pensar que a sustentabilidade impõe o regresso da população à vida mais natural do campo, mas não é isso que se planeja e sim convencer a população de que é possível a evolução tecnológica, garantindo melhores condições ambientais e, portanto, melhor qualidade de vida para a população.

2.2 Concreto

2.2.1 Definição

Para Ambrozewicz (2012), o concreto convencional é um material de construção decorrente da mistura de cimento (material que tem a finalidade de aglutinação em contato com água e outros materiais, conhecido como aglomerante ou ligante), agregados graúdos (brita), agregados miúdos (areia) e a água. Logo após a mistura, o concreto fresco (concreto recém-misturado) deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento nas formas. O procedimento da mistura do concreto consiste em inicialmente se colocar o agregado graúdo, e a metade da água na betoneira já em funcionamento, misturando-se por um minuto. Depois, se adiciona o cimento e, por fim, o agregado miúdo e o restante da água, sendo que o tempo total de mistura deve ser de 3 a 4 minutos (FIG. 1).



Figura 1 – procedimento do concreto realizado na betoneira.

Fonte: Pet Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF (2012).¹

O cimento Portland é o mais importante material de construção civil da atualidade. Sua descoberta ocorreu no século XIX e seu intensivo uso se iniciou no século XX,

¹Disponível em: <<https://petcivilufjf.files.wordpress.com/2012/06/im21.png>>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

transformando-se no material mais consumido pelo homem, depois da água. Segue inovando a arte de projetar e construir estruturas cuja evolução sempre esteve associada ao desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade (HELENE; ANDRADE, 2010).

De acordo com Bauer (2008), os agregados são materiais contendo uma vasta série de tamanhos. O termo “agregado” é de uso genérico na tecnologia do concreto. Em outros ramos da construção é chamado por seu nome específico, tendo como exemplos: filer, pedra britada, bica-corrída, rachão, entre outros. Os agregados classificam-se de acordo com sua origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente.

Segundo sua origem, os agregados são especificados em: naturais como a areia, cascalho; ou industrializados, como por exemplo: brita escória de alto-forno e argila expandida, obtidos através de processos realizados pelas indústrias. Quanto a dimensões de partículas os agregados são classificados em: miúdos (areia) e graúdos (cascalho e a brita) (BAUER, 2008).

De acordo com Bauer (2008), os agregados, com relação ao seu peso específico aparente, são classificados em leves, médios e pesados, exemplos:

- Leves: Vermiculita, argila expandida, escória granulada;
- Médios: calcário, arenito, cascalho e basalto;
- Pesados: barita, hematita, magnetita.

2.2.2 Propriedades do concreto importantes para um produto final adequado

O concreto tem várias aplicações na construção civil, como por exemplo, em: estrutura, revestimentos, pavimentos, paredes, fundações, canalizações e outros. É considerado o material mais importante da Engenharia Civil (AMBROZEWICZ, 2012).

Segundo Ambrozewicz (2012), dentre as propriedades que são importantes para a influência de um excelente produto final, destacam-se:

- **Trabalhabilidade:** é a propriedade que determina a facilidade com que o concreto pode ser colocado num certo tipo de forma, sem a perda de sua homogeneidade, ou seja, sem separação dos componentes da mistura. A trabalhabilidade do concreto é determinada pela medida de consistência, influenciada pelo traço, teor água/materiais secos, granulometria em forma de grãos, aditivos, tempo e temperatura. A trabalhabilidade também é influenciada por fatores externos como:

mistura manual ou mecânica, transporte vertical ou horizontal, dimensões e taxas de armadura;

- Massa específica: propriedade que influencia nos cálculos do peso próprio das estruturas. Variando de acordo com o processo de execução (adensamento, tipo de agregado, quantidade de vazios). Havendo variações, tais como: para o concreto usual a massa específica é de aproximadamente $2,3 \text{ t/m}^3$ (toneladas por metro cúbico) a $2,5 \text{ t/m}^3$; para o concreto leve em torno de $1,8 \text{ t/m}^3$ e para concreto pesado de $3,5 \text{ t/m}^3$ até $5,0 \text{ t/m}^3$;
- Resistência mecânica: a resistência mecânica é influenciada por diversos fatores, como: relação água/cimento, a idade de existência em dias, entre outros. A resistência do concreto à compressão é bem maior que a resistência à tração;
- Durabilidade: propriedade indispensável. Para que se detenha a maior durabilidade possível, é necessário que o volume de vazios no interior da massa seja o mínimo possível, diminuindo, assim, a permeabilidade, dificultando a penetração de substâncias agressivas;
- Permeabilidade e absorção: para se obter um concreto de melhor qualidade, é essencial ter um adequado controle do fator água/cimento, visto que apenas aproximadamente 20% do peso do cimento em água reage quimicamente com o cimento. O excesso evapora e deixa vazios que não são preenchidos, contendo uma absorção inevitável de ar à massa durante a mistura, resultando em uma perda de resistência do concreto;
- O fator água/cimento: a determinação do fator água/cimento, na dosagem do concreto, é uma das etapas mais importantes do processo e é essencial na determinação das características mecânicas desse concreto. O cálculo de sua relação é considerável para a definição do traço inicial do concreto. É necessário esperar o rompimento dos corpos de prova ao tempo de 28 dias para se definir a correlação existente entre resistência à compressão axial e a relação água/cimento;
- Cura do concreto: tem como objetivo impedir a evaporação da água empregada no traço, durante o período inicial de hidratação;
- Resistência à compressão simples do concreto (axial): nessa resistência é considerada a propriedade mecânica mais importante do concreto, pois este trabalha predominantemente à compressão e, além disso, deve fornecer outros

parâmetros físicos que podem ser relacionados na prática com a resistência à compressão;

- Resistência à tração (por compressão diametral): este método de ensaio utiliza o processo do professor Lobo Carneiro, apresentado pela norma NBR 7222. O concreto tem baixa resistência à tração em comparação a sua resistência à compressão. Sua resistência à tração depende da aderência dos grãos dos agregados com a argamassa, sendo um aspecto predominante na durabilidade do material;
- Deformações: são considerados dois tipos de deformações - (1) a causada por variação das condições ambientais e (2) a causada pela ação de cargas externas, sendo estas produtoras de deformação imediata ou lenta;
- Retração: a retração do concreto pode ocasionar fissuras e rachaduras neste. É a diminuição de volume do concreto desde o fim da cura até atingir um estado de equilíbrio compatível com as condições ambientais, ocorrendo devido à perda no contato do concreto com o ar, quando seca a água que não está quimicamente associada a esse concreto;
- Fluência do concreto: é afetada pelos materiais, dosagem e condições de cura. A fluência é proporcional às tensões aplicadas, que são inversamente proporcionais à resistência do concreto. Tem como finalidade o aumento da deformação, com o tempo, sob ação de uma carga constante.

2.3 Resíduos da construção civil

De acordo com a norma NBR 15116 (ABNT 2004, p. 2), a definição de resíduos da construção civil é:

São resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Resíduo da Construção e Demolição (RCD), também conhecido como entulho (FIG.2), é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição. O entulho de construção é composto por restos e fragmentos de materiais como de: madeira, blocos de concreto, blocos cerâmicos, entre outros, enquanto o entulho de demolição é

formado apenas por estes fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo em comparação ao entulho de construção. A reciclagem do entulho envolve a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a trituração em equipamentos apropriados.²

Os agregados derivados da reciclagem de RCD podem ser utilizados na produção de: blocos de concretos para vedação; cascalhamento para pavimentação de ruas; contrapiso e material para drenagens; contenção de encostas; bancos e mesas para praças; guias e tampas para bueiros; tubo para esgotamento e outros. Vários detalhes fabricados com concreto e pedras virgens são também produzidos com agregados reciclados, possibilitando a produção de um agregado com menor preço em relação ao agregado convencional. O entulho pode ser proveniente do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes. Os resíduos de entulho são utilizados na produção de agregados recicláveis (FIG. 3).³

Figura 2 – RCD (resíduo da construção e demolição), também denominado de entulho.



Fonte: Portal Prefeitura de Belo Horizonte.⁴

²<https://abrecon.org.br/>.

³ <https://abrecon.org.br/>.

⁴ Disponível em: http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fiscalizacao&lang=pt_BR&pg=9801&tax=34169. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

Somente a partir de 1946, após a Segunda Guerra Mundial, que se desenvolveu a tecnologia de reciclagem do concreto. Sendo as primeiras aplicações do entulho na reconstrução das cidades europeias, que tiveram várias construções totalmente destruídas. Os entulhos provenientes dos danos das devastações foram britados para a produção de agregado, tendo em vista atender à demanda na época.).⁵

Figura 3 – Reciclagem do entulho, usado como agregado reciclado.



Fonte: Associação Brasileira para a reciclagem de Resíduos da Construção civil e demolição - ABRECON.⁶

2.3.1 Agregados reciclados

O agregado reciclado (FIG. 4) consiste em um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura (NBR 15116, 2004).

No Brasil o emprego de agregados reciclados é menor em relação a países como Alemanha e Holanda. Somente nos últimos cinco, seis anos, é que vem sendo intensificado seu emprego na produção de componentes como blocos de pavimentação, blocos de alvenaria,

⁵ <https://abrecon.org.br/>.

⁶ Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

concretos, entre outros; embora, as pesquisas executadas até agora indiquem um bom potencial para utilização de agregados reciclados em concretos das mais variadas classes de resistências (SILVA; MACIEL, 2009).

De acordo com a resolução nº 307 do CONAMA (2002), agregado reciclado é:

“Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia”.

Figura 4 – à direita, os resíduos de RCD, e à esquerda, o agregado reciclado.



Fonte:Pini web- Infraestrutura urbana (2011).⁷

2.3.2 Classificação dos resíduos da construção civil

De acordo com a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2012), que explica os resíduos da construção civil, classificam-se nas seguintes classes:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive, solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obra;
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

⁷ Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/7/orgaos-publicos-reciclamento-235507-1.aspx>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

- Classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetivos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos quanto aos seus possíveis riscos à saúde pública e ao meio ambiente, classificam-se em:

- Resíduos classe I – Perigosos: resíduos que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosos, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente.
- Resíduos classe II – Não perigosos: resíduos que não se enquadram na classe I, não apresentam riscos à saúde pública ou o meio ambiente, como resíduos de papel, papelão, borracha, madeira, areia de fundição, entre outros.

2.4 A Importância da Reciclagem de resíduos

Com a realização da reutilização dos resíduos de entulhos e demolição, ocorrerá uma contribuição para evitar que esses materiais sejam depositados em locais não permitidos, causando entupimento em galerias e bueiros, ocorrendo enchentes e influenciando negativamente na qualidade de vida da sociedade, e também uma poluição visual em locais desnecessários (LEVY, 2001).

Para se ter uma idéia dos benefícios da reciclagem, a produção de agregados com base em entulho pode gerar uma economia de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais. Além disso, com esse material pode-se fabricar um produto final com uma economia financeira 70% menor em relação ao que é feito com agregados convencionais, tornando o custo da obra bem mais acessível (BATISTA, 2009).

Conforme BATISTA (2009), dentre as maiores causas de danos ambientais em áreas urbanas podemos destacar a destinação irregular do resíduo de construção e demolição (RCD), uma vez que os RCD são destinados em terrenos baldios, cursos d'água ou beiras de estradas. O Brasil começa aos poucos a realizar a reciclagem e a reutilização do RCD visando, além da preservação ambiental, ganhos de imagem e também financeiros, mas ainda existe um desinteresse por parte dos governantes. A reciclagem ocasiona melhorias consideráveis do ponto de vista ambiental, além de introduzir no mercado um novo material com grande

potencial de uso, transformando o entulho, que não teria nenhuma utilidade, mais uma vez, em matéria-prima.

Os aspectos ambientais estão cada vez mais afetando a obtenção de agregados naturais, com as restrições à extração. Os resíduos de construções e demolições podem ser transformados em agregados para uso em concreto e são de grande interesse, tanto por aspectos econômicos como ambientais. Sua utilização tem perspectiva de crescimento no futuro devido a duas razões complementares: a primeira é que as fontes de rocha, que podem ser britadas, provavelmente irão diminuir, e em alguns países são instituídas taxas sobre todas as novas pedreiras. A segunda razão é que existe uma diminuição das áreas para descarte de materiais de demolição, incluindo o concreto velho e, novamente, existem taxas incidentes sobre os aterros. Esses aspectos tendem a reduzir o impacto ambiental, a retirada de recursos naturais, podendo gerar uma economia para o custo da obra (NEVILLE; BROOKS, 2013).

De acordo com Latterza (1998), O descarte inadequado dos resíduos de construção e demolição causa diversos impactos ambientais como: poluição visual, contaminação do subsolo, entre outros. Os resíduos reciclados tornam-se uma alternativa para a sobrevivência do futuro do nosso planeta. As jazidas de agregados naturais para concreto estão se tornando escassas, estabelecendo a busca deste material em lugares cada vez mais distantes, aumentando consideravelmente o custo total da construção.

Percebe-se uma tendência por parte da iniciativa privada e do poder público, em solucionar e gerenciar a geração de entulhos de construção. Mesmo que ainda não seja comum, vem aumentando a produção de concreto com materiais reciclados (LEVY, 2001).

Segundo Batista (2009), a reciclagem dos entulhos possui diversas vantagens para a sociedade, como:

- Economia da matéria-prima;
- Diminuição da poluição visual e ambiental gerada pelo entulho;
- Preservação das reservas minerais;
- Criação de alternativa para as mineradoras, pois estão cada vez mais sujeitas às restrições ambientais;
- Diminuição do gasto de energia e de geração de CO₂ na produção e no transporte desses materiais.

2.5 Usinas de reciclagem no Brasil

A usina de Itatinga foi a primeira usina recicladora do hemisfério sul, montada em São Paulo, no bairro de Santo Amaro, no ano de 1989. Com capacidade para reciclar até 700 m³ diários de resíduos, a usina reciclava o material que tinha utilidade para a pavimentação de vias públicas. Na época a Empresa Municipal de Urbanização – EMURB formou uma associação com a usina Itatinga. Juntas, os valores indicavam que os componentes feitos com material reciclado poderiam atingir até 70% de economia em relação aos materiais convencionais. (GRANATO, 1995 *apud* LATTERZA, 1998, p.20).

Atualmente na cidade de Belo Horizontes existem duas usinas de reciclagem dos resíduos de construção e demolição, a usina da Pampulha e a usina da Br-040, no qual elas tem como objetivo a transformação dos resíduos da construção civil em agregados, que possam substituir a brita e a areia em elementos da construção civil que não tenham função estrutural.⁸

O Brasil gera anualmente cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos de construção e demolição. No ano de 2014, 310 usinas reciclaram cerca de 17 milhões de metros cúbicos, sendo que o restante dos resíduos seguiu para aterros sanitários ou teve outra destinação. A capacidade nominal de produção das usinas no ano de 2014 foi de cerca de 38 milhões de metros cúbicos por ano. O setor de reciclagem de RCD cresceu muito de 2010 a 2014, e a tendência é que continue crescendo muito mais por haver uma disposição maior de resíduos devido ao empenho pela coleta do RCD das usinas recicladoras e à obrigação de destinação adequada de resíduos por lei. Em 2002 cerca de 80% das usinas pertenciam ao poder público. Atualmente, com a resolução do CONAMA 307, cerca de 84% das usinas brasileiras são privadas, um marco para o setor de agregados reciclados que a cada ano vem crescendo.⁹

A usina recicladora de Proguaru, da cidade de Guarulhos SP, até maio de 2017, alcançou a marca de 9340m³ produzido de areia, pedras 1 (pedrisco), 2, 3, graúdas e bica corrida, uma mistura de todos os outros cinco materiais. Levando em consideração que o

⁸<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&app=slu&tax=34906&pg=5600&taxp=0&>

⁹<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/14151-brasil-recicla-cerca-de-20-dos-residuos-de-construcao>.

preço do agregado reciclado pela usina, por metro cúbico (m³), seja em torno de R\$40,00, gerou-se uma economia de R\$ 373.520,00 aos cofres da empresa (FIG.5).¹⁰

Figura 5 – Produção da usina recicladora de Proguaruno ano de 2017.



Fonte: Proguaru – progresso e desenvolvimento de guarulhos S/A (2017).¹¹

Em São Paulo, a usina de reciclagem da cidade de Ribeirão Preto entrou em operação no final de 1996. Essa usina reciclava os resíduos de construções e demolições, e tinha capacidade de operação para processar 200 toneladas/dia de entulho. Atualmente ela opera com uma produção diária, abaixo da capacidade total, pois não há áreas de descartes para entulhos nas regiões sul e leste da cidade (LATTERZA, 1998).

A usina Lânia Piccini, em Araçatuba-PR, recebe resíduos de construção e demolições de toda a cidade. Esses resíduos são reciclados e os rejeitos destinados para o aterro sanitário municipal. A usina está preparada para receber 100% dos resíduos de construção e demolição (RCD) de Araçatuba até Apucarana no Paraná¹².

Atualmente ainda existe uma falta de conscientização da população. Encontram-se inumeráveis descartes em locais inapropriados e ilegais, ocasionando diversos problemas como a proliferação de mosquitos transmissores da dengue, febre amarela entre outras.¹³

¹⁰<http://www.guarulhosweb.com.br/noticia.php?nr=217059&t=Usina+de+Reciclagem+gera+economia+a+Proguaru>.

¹¹ Disponível em: <http://www.proguaru.com.br/site/recicladora>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

¹² <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/14151-brasil-recicla-cerca-de-20-dos-residuos-de-construcao>.

¹³ <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/14151-brasil-recicla-cerca-de-20-dos-residuos-de-construcao>.

A construção civil no Brasil gera impacto no consumo de recursos naturais e na geração de impactos ambientais. Só na cidade de São Carlos a quantidade de resíduos de construção civil varia em torno de 250 a 450 toneladas/dia, o que comprova um desperdício impertinente, aumentando o custo final das construções, como também o custo de remoção ou tratamento desses resíduos, gastos desnecessários para a prefeitura com a retirada desses resíduos de locais inapropriados, que poderiam ser investidos para outras finalidades.¹⁴

A implantação da usina de reciclagem de resíduos da construção civil da Prohab, Progressão e Habitação, na cidade de São Carlos-SP, inaugurada em dezembro de 2006, representa um marco no desenvolvimento sustentável da região. Uma maneira de reduzir os aterros de RCD, antes descartados inadequadamente. A Prohab São Carlos apostou em projetos que visam a uma redução dos custos unitários de determinados produtos (blocos, pisos de concreto, sub-base para pavimentação, entre outros.), com a utilização do resíduo para a produção de agregados, FIG. 6. Na usina de São Carlos podem ser reciclados fragmentos de:

- Alvenaria de componentes cerâmicos;
- Alvenaria de blocos de concreto;
- Concreto, armado ou não, sem formas;
- Lajes e pisos;
- Pedra brita e de areia naturais, sem presença significativa de terra ou outros materiais proibidos;
- Componentes de concreto ou cerâmico como: blocos, tijolos, telhas, tubos, briquetes, lajotas para laje, entre outros.¹⁵

¹⁴<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html>.

¹⁵ <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html>.

Figura 6 – Usina de reciclagem de São Carlos – SP.



Fonte: Revelando São Carlos.com.br. ¹⁶

2.5.1 Usinas Fixas e usinas móveis

As usinas fixas de reciclagem são utilizadas em empreendimentos que possuem seu local definitivo. Uma vez montada, fica inviável sua transferência, pois, para colocar essa usina em processo de funcionamento, necessita de um alto investimento na sua montagem e de tempo, além de ser preciso uma grande área para as instalações dos equipamentos de grande porte. Esse tipo de usina suporta equipamentos maiores e mais potentes que proporcionam um melhor processo de execução da britagem, retirada de impurezas e peneiramento, oferecendo alta produtividade (COELHO, 2014).

As usinas fixas são construídas em um terreno com área que varia em função da capacidade de processamento da usina, ou seja, quanto maior for sua produtividade maior será o espaço necessário para sua instalação. A montagem deste tipo de usina, até o instante de operação, leva em torno de 30 dias. Esse modelo de usina é economicamente mais acessível; porém, se limita em competitividade comercial em relação às usinas móveis. (FIG. 7). ¹⁷

¹⁶Disponível em: <http://www.revelandosaocarlos.com.br/cidade/usina-de-reciclagem-da-prohab-foi-desativada-ou-ideia-e-fotalecer-iniciativa-privada/#prettyPhoto>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

¹⁷ <http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>.

Figura 7 – Usina fixa de reciclagem de Proguaru.



Fonte: Prograu.com.br (2012) ¹⁸

De acordo com Coelho (2014), as usinas de reciclagem móveis são recomendáveis para empreendimentos em que se necessita realizar a realocação do equipamento com frequência, como as empresas de demolição da construção civil. Essas usinas apresentam curto tempo de montagem e simples manutenção, oferecendo uma enorme mobilidade, podendo ser transportadas para diversos locais, caso necessite. Porém, apresenta baixa produtividade em relação às usinas fixas de grandes portes.

As usinas de reciclagem móveis de resíduos de agregados reciclados são formadas basicamente por 3 elementos: um caminhão do tipo Roll On Roll Off; uma britadeira móvel e uma peneira rotatória móvel, normalmente atracada como reboque no caminhão. As britadeiras móveis são construídas em um único bloco, normalmente com o tamanho variando entre 1 container de 20” e 40” (polegadas), de acordo com sua capacidade de processamento. Esse modelo de usina possui diversas vantagens de gerenciamento, como por exemplo, podendo ser alugada para obras em diferentes locais, simples montagem, além de ser facilmente transportada em caminhões do tipo Roll on Roll Off. (FIG. 8).¹⁹

Além das vantagens citadas, destaca-se ainda:

¹⁸ Disponível em: http://www.proguaru.com.br/site/sites/default/files/galeria-fotos/novas_galerias/evento_02.html. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

¹⁹ <http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>.

- Sua mobilidade torna o empreendimento extremamente competitivo;
- Pode atuar em um ponto fixo ou atender grandes obras diretamente no local;
- Diminui custos de logística e construção de fundamento de base;
- Alta capacidade de adaptação geográfica do mercado;
- Versões a diesel ou energia elétrica;
- Pode ser locada completamente por empresas do setor.²⁰

Figura 8 – Usina móvel de reciclagem de resíduos da construção civil.



Fonte: Portal resíduos solidos.com.br (2014).²¹

2.5.2 Funcionamento de uma usina de reciclagem

De acordo com Latterza (1998), um meio de reduzir os resíduos de construção e demolição é a sua reciclagem executada pelas usinas de agregados reciclados. Dentre os equipamentos para execução do procedimento de moagem desse agregado são utilizados os britadores, que também são usados em pedreiras, (FIG. 6). Basicamente os equipamentos se subdividem em:

- Alimentador vibratório: recebe o entulho que é despejado pela pá carregadeira (máquinas de terraplenagem que realizam escavação);
- Britador: pode ser de impacto visto na (FIG.7), onde cai o entulho e possui capacidade que pode variar de 20 até mais de 100 m³/ hora de produção; britador de mandíbula que fragmenta o material através da força de compressão (esmagamento) aplicada por uma ou duas mandíbulas, observado na (FIG.8); e

²⁰ <http://www.portalesiduosolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>.

²¹ Disponível em: <http://www.portalesiduosolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 05 de novembro de 2017.

outros equipamentos de trituração como o britador cônico que fragmenta o material através da força de compressão e o moinho de martelo no qual se tritura os resíduos por impacto, dentre outros.

- Calha vibratória: equipamento que recolhe o produto do britador e alimenta o transporte de correia;
- Eletroímã: é instalado acima do transportador, e tem como função a retirada de todos os metais ferrosos, para não contaminar os agregados, equipamento que possui um regime de trabalho sem interrupções;
- Transportador de correia móvel: responsável pelo transporte do material para a área de estoque (local de armazenamento do entulho depois de triturado);
- Sistema nebulizador: sistema que protege a saída dos agregados, evitando a formação de nuvens de poeira;

Figura 7 – Britador de impacto, utilizado para triturar os resíduos sólidos.



Fonte: Pini Web (2009).²²

²²Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/pecas-de-concreto-viram-agregado-para-a-pavimentacao-interna-em-156035-1.aspx>. Acesso em: 25 de outubro de 2017.

Figura 8 – Britador de mandíbulas, utilizado para triturar os resíduos sólidos.



Fonte: ge902ferro.wordpress.com. ²³

Segundo Maqbrit (1996 *apud* ZORDAN, 1997, p. 41), o procedimento se inicia a partir do momento em que as caçambas são descarregadas no pátio, e segue as seguintes etapas:

- Avaliação visual da quantidade do entulho descarregado;
- Separação manual dos materiais não utilizáveis como agregados na indústria da construção civil (onde se eliminam os pedaços maiores de madeira, metal, papel, papelão, trapos etc);
- Alimentação do equipamento de moagem com o entulho previamente limpo;
- Moagem dos resíduos (há uma separação magnética de pedaços de metais possivelmente existentes), o processo de trituração ocorre por intermédio de um rotor em alta velocidade do triturador;
- Empilhamento do material moído.

De acordo com Dias (2012), o processo de produção de uma usina de agregados reciclados consiste basicamente em:

- 1- Recepção e análise visual dos resíduos;
- 2- Disposição em áreas para posterior triagem;
- 3- Triagem e retirada de contaminantes dos resíduos (impurezas);
- 4- Manejo, estocagem e expedição de rejeitos;
- 5- Alimentação do núcleo de reciclagem;
- 6- Processamento dos resíduos pré-fabricados na seguinte ordem:
 - Britagem;
 - Peneiração;
 - Rebritagem(caso necessário);

²³Disponível em: <https://ge902ferro.wordpress.com/processos/tratamento-e-beneficiamento/>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.

- Transporte.
- 7- Retirada de contaminantes após a britagem (impurezas metálicas ferrosas e outras);
- 8- Formação de pilhas de agregados reciclados na forma de “brita corrida”, que é o conjunto de britas, pedrisco e pó de pedra;
- 9- Formação de pilhas de agregado reciclado peneirado;
- 10- Estocagem de agregado reciclado;
- 11- Expedição.

Basicamente o procedimento de reciclagem de resíduos das usinas consiste em utilizar todo material que chega e depositá-lo em um local onde passa por uma seleção prévia para separar o rejeito do que será moído. E então, esta fração é levada para o canteiro, local onde fica depositado. É feito, portanto, o britamento do agregado reciclado, e através de esteiras esse material é levado para o equipamento secundário, caso seja necessário obter uma granulometria de menor dimensão dos agregados. Caso necessite de rebitamento dos fragmentos, sua realização é feita no equipamento denominado moinho de martelo, em que se tritura o agregado em partículas ainda menores do que a primeira britagem. Em seguida é feito o peneiramento do agregado para obter uma dimensão ideal para o tipo de granulometria que se pretende alcançar como: brita 0, brita 1, brita 2, entre outros. Na próxima etapa é efetuado o armazenamento do agregado reciclado até se obter o destino de sua utilização (LATTERZA, 1998).

2.6 Concreto de agregados reciclados

2.6.1 Definição

O concreto de agregados reciclados (FIG. 9). É também denominado de concreto novo, é o concreto produzido usando agregados obtidos por reciclagem de resíduos da construção e demolição, ou pela combinação de agregados reciclados misturados aos agregados naturais (GONÇALVES, 2011).

Figura 9 – Concreto de agregados reciclados.



Fonte: GAIA (Gestão de projetos e consultoria ambiental), (2016).²⁴

Segundo Bazuco (1999), tem-se uma imensa dificuldade em descrever o perfil do concreto de agregados reciclados, observando-se que esse concreto resulta de demolições de estruturas com as mais diferentes características possíveis, além das propriedades dos materiais que o constituem como o traço utilizado, o consumo de cimento e o tempo de cura. Mesmo os concretos recém-processados indicam uma enorme variação em suas características.

2.6.2 Composição

Basicamente o concreto de agregados reciclados é composto por água, cimento, e por agregados miúdos e graúdos obtidos por reciclagem de resíduos de construção e demolição da construção civil, podendo ser somente de agregados reciclados, ou contendo agregados reciclados e agregados naturais (GONÇALVES, 2001).

Para os concretos de agregados reciclados que são produzidos somente com esse tipo de agregado, sem conter agregados naturais, ocorrerá a necessidade de se aumentar em 15% a relação água/cimento para se preservar a mesma consistência do concreto convencional. Já no concreto preparado com agregados graúdos reciclados e agregados miúdos naturais, a relação

²⁴ Disponível em: <https://www.gaiaprojetos.com/noticias/residuos-da-construcao-civil/>. Acesso em: 27 de outubro de 2017.

água/cimento terá uma elevação de apenas 5%, porém, é necessário um aumento na quantidade de cimento para adquirir uma resistência de compressão relativa ao que só possui agregados naturais (LEVY, 1997 apud BAZUCO, 1999, p. 21).

2.6.3 Propriedades

Atualmente um dos motivos de mais receio da vida útil do concreto de agregados reciclados e da sua estrutura é com a vulnerabilidade do concreto diante das condições de agressividade do meio, com os agentes físicos, água e ar. Dessa forma, uma durabilidade inadequada pode trazer diversos transtornos para sua aplicação. Para se ter um concreto de boa qualidade, é de fundamental importância ter a determinação dos ensaios a serem realizados a fim de obter os dados precisos para a avaliação dos resultados finais, e além disso é necessário ter uma dosagem correta de cada composto utilizado na mistura. (BATISTA, 2009).

A resistência à compressão do concreto reciclado é controlada pela relação água/cimento do concreto convencional que foi descartado e reutilizado como agregado graúdo na composição do concreto reciclado. Os agregados graúdos reciclados possuem uma menor densidade e uma maior absorção de água que os agregados do concreto convencional. E, analisando as amostras dos agregados reciclados, constatou-se que após a sua britagem foi obtida uma porcentagem média de 30% de argamassa na composição (GONÇALVES, 2001).

HANSEN & NARUD (1983) *apud* GONÇALVES (2001, p.56), realizando estudos das propriedades dos concretos de agregados reciclados, chegaram aos seguintes resultados:

- O módulo de elasticidade do concreto feito com agregados reciclados fica com o valor entre 70% a 85% do módulo do concreto original;
- A retração do concreto reciclado é maior que a do concreto original, sendo este valor entre 40% a 60% maior;
- Existe uma probabilidade da fissuração na retração seca do concreto reciclado do que no concreto original;
- A qualidade do resíduo de concreto é significativa para os valores das propriedades estudadas, isto já foi comprovado por um estudo anterior quando foi pesquisada a influência do tipo de resíduos na resistência à compressão do concreto reciclado;
- A densidade do agregado reciclado é menor, assim o concreto feito de agregados possui também uma densidade menor do que um concreto natural. É claro que isto vai depender da composição de agregados usados e de suas características. As densidades do agregado graúdo reciclado e do concreto reciclado ficaram com um valor médio de 90% do valor dos materiais naturais;
- Os valores de absorção de água para o agregado graúdo reciclado tiveram uma grande dispersão, principalmente devido ao tipo de material do resíduo, mas foi notado um grande aumento em relação ao material natural;

- As utilizações dos agregados reciclados geram uma grande perda de trabalhabilidade na mistura, relacionada principalmente à sua maior absorção de água;
- Concretos reciclados, onde somente foi usada a fração graúda do agregado reciclado, tiveram uma diminuição de 5% no valor da resistência à compressão em relação ao concreto natural. Para uma substituição global, ou seja, a utilização de ambas as frações do agregado reciclado, miúdo e graúdo, esta diminuição ficou bastante acentuada chegando-se a valores entre 24% do encontrado para o concreto natural. Já, para uma substituição parcial, onde existe na fração miúda uma composição de 50% de material natural (areia) e 50% de agregado reciclado este valor ficou entre 10 e 20%.

Segundo Neville (1997 *apud* BATISTA, 2009, P.40) a durabilidade do concreto de agregados reciclados reflete na facilidade ou dificuldade do transporte de fluidos dentro do concreto. A água, como principal responsável pelo transporte de fluidos dentro do concreto, pode estar pura ou conter agentes agressivos como o oxigênio e o dióxido de carbono, podendo afetar a durabilidade do concreto. O deslocamento da água vai depender da estrutura da pasta de cimento hidratado.

De acordo com Batista (2009), para conseguir um concreto de bom desempenho é preciso que antes da concretagem o agregado reciclado passe por um tratamento. Esse tratamento é realizado através do peneiramento ou da lavagem para diminuir a porcentagem de agregados mais finos do que o ideal para as amostras.

2.6.4 Aplicações

As aplicações mais indicadas para o agregado reciclado incluem: materiais para base e sub-base de pavimentos, aterros, agregados para concretos, argamassas, matéria-prima para a fabricação de tijolos e blocos de concreto ou solo-cimento. O concreto de agregados reciclados não tem função estrutural (BATISTA, 2009, P.32).

O estudo em torno da utilização de agregados reciclados de RCD em blocos de concreto depende da finalidade do uso do bloco, sendo os parâmetros avaliados, relativos às características necessárias às solicitações de serviço. Se forem utilizados para pavimentação, os principais parâmetros estudados devem ser a resistência à compressão, à taxa de absorção de água e a resistência à abrasão. Na utilização como blocos de vedação, os principais parâmetros avaliados devem ser a resistência à compressão e a taxa de absorção de água (SCOTT HOOD, 2006).

Os blocos de concretos reciclados possuem maior porosidade e permeabilidade, mas essas características não causam danos ao seu comportamento mecânico e nem à durabilidade. O concreto é reutilizado para a vedação, sendo uma ótima e promissora opção. Várias prefeituras brasileiras já vêm utilizando esse material sustentável (BATISTA, 2009).

De acordo com Batista (2009, p.33), os concretos de agregados reciclados podem ser utilizados principalmente em:

- Contra pisos, calçadas externas e similares;
- Regularização de pisos sem função impermeabilizante;
- Reforço não armado em edificações;
- Reforço armado em elementos sem presença de umidade (cintas, vergasse);
- Execução de peças de reforço não armadas em muros de vedação;
- Regularização de pisos para revestimento cerâmico, preferencialmente em pavimentos não apoiados diretamente sobre o solo;
- Lastro para fundação em edificações térreas;
- Fabricação de componentes de alvenaria de vedação, tijolos maciços, blocos e canaletas e outros);
- Lajotas de concreto para lajes mistas;
- Tubos e canaletas para drenagem;
- Brinquetes e lajotas de pavimentação (estacionamento, vias de tráfego de pedestre, ciclistas e motociclistas);
- Meios-fios, sarjetas e similares para serviços auxiliares de pavimentação;
- Fixação de mourões e portões em cercamentos.

2.6.5 Vantagens e desvantagens

Uma ótima vantagem do concreto feito com agregados reciclados é que esse material não afetará a exploração de minérios. São utilizados agregados reciclados na sua fabricação, reduzindo o uso de agregados naturais de pedreiras, recurso natural que pode vir a acabar futuramente, devido sua exploração desenfreada, uma condição desfavorável para o desenvolvimento sustentável de nossa civilização (BATISTA, 2009).

Segundo Bazuco (1999), existe uma grande dificuldade em avaliar a água disponível para a hidratação do cimento, devido a altos e variáveis índices de absorção dos agregados reciclados, pois se os poros não forem saturados, eles podem sugar a água da pasta ou absorver a nata de cimento, sobretudo nos instantes iniciais. Dessa maneira, a exatidão da dosagem de concretos, contendo agregados reciclados, pode ser afetada.

De acordo com Batista (2009, p.39), apesar de o concreto de agregados reciclados ter várias utilidades, ele possui algumas restrições quanto a sua utilidade como:

- Concreto em função estrutural: em vigas, lajes e pilares;
- Concreto em peças estruturais em fundações de edificações, como blocos, sapatas, brocas e estacas;
- Concreto para a fabricação de peças pré-moldadas com função estrutural: componentes para alvenaria estrutural, vigotas para lajes, etc.;
- Concreto com função impermeabilizante;
- Concretos armados em serviços com presença de umidade

3 CONCLUSÃO

A reciclagem dos agregados da construção civil se mostra como ótima alternativa, tanto no aspecto ambiental, quanto no aspecto econômico. Verificou-se que o agregado reciclado pode proporcionar uma economia de até 40% em relação ao agregado natural para empreendedores da construção civil, além de reduzir os descartes ilegais dos resíduos, de diminuir o uso do agregado natural, e de proporcionar obras com um menor custo.

O concreto de agregados reciclados, também conhecido como concreto novo, não possui função estrutural e nem impermeabilizante, mas apresenta diversas aplicações, tais como: em vedações de edificações, para regularização de pisos, serviços de pavimentação de vias públicas, entre outras. Além disso, esse tipo de concreto é fabricado com um menor custo em relação ao concreto convencional, apresentando uma nova finalidade aos restos de resíduos da construção civil que seriam descartados indevidamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de Construção: tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2012. 691 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON. Disponível em: <<https://abrecon.org.br>> Acesso em: 15 de out. de 2017.

BATISTA, Cristiano Gonçalves. **Influência na resistência á compressão de concretos com agregados reciclados de concreto substituição ao agregado natural**. 2009. 95 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2009.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção 1**. Revisão técnica João Fernando Dias. 5. ed. revisada,[reimpr.], Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda , 2008. 488 p.

BAZUCO, Régis Sandro. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos**. 1999. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

Brasil Engenharia. Disponível em: < <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/14151-brasil-recicla-cerca-de-20-dos-residuos-de-construcao>>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

CARVALHO, Nathália Leal. *et al.* Desenvolvimento sustentável X desenvolvimento econômico. **REMOA/UFSM** (Revista monografias ambientais/Universidade Federal Santa Maria), Santa Maria – RS, v. 14, n.3, p. 109-117, set. / dez. 2015.

COELHO, Ruy Duarte. **Estudo do processo de reciclagem de resíduos sólidos provenientes da construção civil com avaliação quantitativa dos produtos resultantes**. 2014. 71 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade Federal de São Paulo, Lorena, SP, 2014.

COLAÇO, Luís Manuel de Miranda. **A evolução da sustentabilidade no ambiente construído projecto e materiais dos edifícios**. 2008. 207 f. Tese (Doutorado) – Universidade Portucalense, Porto, Portugal, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília, DF, n. 136, seção 1, p. 95-96, jul 2002.

DIAS, Daniela Raimunda. **Estudo das aplicações disponíveis do agregado reciclado da construção civil na cidade de belo horizonte**. 2012. 62 f. Monografia (Especialização em sistemas tecnológicos e sustentabilidade) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.

ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE - ENGEMA, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA/USP, 2016.

GONÇALVES, Rodrigo Dantas Casillo. **Agregados reciclados de resíduos de concreto – um novo material para dosagens estruturais**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2001.

Guarulhos Web. Disponível em:

<<http://www.guarulhosweb.com.br/noticia.php?nr=217059&t=Usina+de+Reciclagem+gera+economia+Proguaru>>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Chechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de Materiais**. São Paulo: Editora Ibracon, 2010. Cap. 29, p. 906-943.

LATTERZA, Luciano de mello Felipe. **Concreto com agregado Graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de Construção e Demolição. Um novo material para a fabricação de painéis leves de vedação**. 1998. 130 f. Dissertação (mestrado em Engenharia das Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1998.

LEVY, Salomon Mony . **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. 2001. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2001.

NETO, José Damato. *et al.* **Sustentabilidade empresarial e mercado verde**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda fácil, 2016. 356 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Editora bookman, 2013. 448 p.

Portal de Resíduos Sólidos - PPR. Disponível em:

<<http://www.portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 04 de novembro de 2017.

Progresso e habitação de São Carlos S/A. Disponível em:

<<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-de-reciclagem.html>>. Acesso em: 22 de outubro de 2017.

SCOOT HOOD, Rogério da silva. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregados miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na

Mobilidade Acadêmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, RS, 2011.

SILVA, MACIEL. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. **Revista Igapó, Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**. Amazonas, p. 109-114, jan. 2009.

SINGER, Alison. *et al.* **Estado do mundo 2013 a sustentabilidade ainda é possível?**. 1. ed. Salvador – BA: Editora UMA (Universidade livre da mata atlântica), (versão digitalizada), 2013. 247 p.

TEODORO, Nuno Felipe Godinho. **Contribuição para a sustentabilidade na construção Civil: reciclagem e reutilização de materiais**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. 1997. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, na área de Saneamento) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.