

MULTIVIX

JARDEL SANTOS LIMA
JOÃO LUCAS GOMES

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2376>

**CONCRETO SUSTENTÁVEL APLICADO À CONSTRUÇÃO
CIVIL**

JARDEL SANTOS LIMA
JOÃO LUCAS GOMES

**CONCRETO SUSTENTÁVEL APLICADO À CONSTRUÇÃO
CIVIL**

São Mateus
2022

RESUMO

O projeto desta pesquisa analisou, sob a perspectiva da redução dos impactos ambientais dos setores siderúrgico e da construção civil, a aplicação de resíduo sólido industrial da siderurgia - a escória de aciaria - como agregado para a fabricação de produtos moldados in-loco e pré-fabricados de concreto empregados na indústria da construção civil e, ainda, verificar o grau de desempenho e a eficiência ambiental destes produtos para a arquitetura e o ambiente construído. Para avaliar a viabilidade de uso dos produtos, foi analisado o projeto de unidades-modelo de Habitação de Interesse Social (HiS), denominado Vila Sustentável. Os resultados obtidos da produção, em escala laboratorial, de argamassa, concreto, blocos de pavimento e blocos de alvenaria serviram como parâmetro inicial para a determinação da aplicabilidade do emprego da escória de aciaria como insumo de elementos da construção. Para isso foi verificada a conformidade desses produtos, aplicados na HiS, com base nos parâmetros estabelecidos pela Norma de Desempenho - NBR 15575 (ABNT, 2013) - específica para edificações habitacionais e, adicionalmente, o atendimento aos requisitos exigidos para certificações de edificações sustentáveis. Desta forma, o desenvolvimento da pesquisa atestou o cumprimento aos parâmetros técnicos e ambientais da Norma de Desempenho sobre o projeto da Vila Sustentável, além de indicar a viabilidade econômica do emprego, da escória de aciaria como agregado artificial, em substituição integral aos agregados naturais, convencionalmente utilizados construção civil.

Palavras chave: Escória de Aciaria, Concreto, Argamassa, Construção Sustentável, Cimento Portland, Habitação de Interesse Social.

ABSTRACT

The project of this research analysed, from the perspective of reducing the environmental impacts of the steel and civil construction sectors, the application of industrial solid waste from the steel industry - steel slag - as an aggregate for the manufacture of molded products in place and pre-molded. manufactured concrete used in the civil construction industry and also to verify the degree of performance and environmental efficiency of these products for architecture and the built environment. To assess the feasibility of using the products, the design of model units for Social Interest Housing (HiS), called Sustainable Village, was analyzed. The results obtained from the production, on a laboratory scale, of mortar, concrete, paving blocks and masonry blocks served as an initial parameter for determining the applicability of using steel slag as an input for construction elements. For this, the compliance of these products, applied in the HiS, was verified, based on the parameters established by the Performance Standard - NBR 15575 (ABNT, 2013) - specific for residential buildings and, additionally, compliance with the requirements for certification of sustainable buildings. In this way, the development of the research attested to compliance with the technical and environmental parameters of the Performance Standard on the Sustainable Village project, in addition to indicating the economic feasibility of using steel slag as an artificial aggregate, in full replacement of natural aggregates, conventionally used building construction.

Keywords: Steel Slag, Concrete, Mortar, Sustainable Construction, Portland Cement, Social Interest Housing.

SUMÁRIO

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	5
<u>2</u>	<u>IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</u>	6
	<u>2.1 Pontos Positivos dos Impactos Ambientais</u>	9
	<u>2.2 Pontos Negativos dos Impactos Ambientais</u>	10
	<u>2.3 Sustentabilidade</u>	12
	<u>2.4 História e Evolução</u>	12
	<u>2.5 Conceito de Desenvolvimento Sustentável</u>	14
<u>3</u>	<u>CONCRETO SUSTENTÁVEL</u>	17
	<u>3.1 O CONCRETO E A SUSTENTABILIDADE NO BRASIL</u>	17
	<u>3.2 CINZAS VOLANTES E POZOLANAS NATURAIS</u>	21
	<u>3.2 RESÍDUOS E AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</u>	23
<u>4</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	35

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a construção civil enfrenta grandes desafios, entre eles resolver os enormes índices de déficit habitacional nos países em desenvolvimento e a preocupação ambiental com o planeta, buscando formas sustentáveis para as construções. De acordo com Gonçalves (2012), pelo fato de representar um dos elementos mais encontrados em toda extensão do planeta, a terra acaba servindo de componente para a estrutura básica das mais variadas formas de edificação, sem que para isso sejam utilizados métodos adicionais para seu processamento ou modificação.

Além desse aspecto, características como a facilidade de reutilização, boa capacidade de isolamento acústico e térmico, não possuir capacidade de combustão e ser desprovido de características tóxicas reforçam o seu grande potencial para utilização nas diversas formas de construção.

O concreto sustentável é constituído na sua maior parte de dejetos industriais. A reciclagem não faz bem apenas para o ecossistema, mas também para as finanças, com a economia de não precisar comprar matéria-prima nem de gastar com o descarte do lixo. Deste modo, a questão norteadora da pesquisa é: o que é o concreto sustentável?

Nesse sentido, a pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência do concreto sustentável aplicado na construção civil, de como ele é utilizado, e seu grau de sustentabilidade. Como objetivos específicos, buscou-se: analisar os impactos ambientais na construção civil; discorrer sobre as vantagens de utilizar concreto sustentável; analisar diretrizes que objetivam a minimização dos resíduos e observar a sustentabilidade com a aplicação do concreto ecológico.

Assim, a metodologia utilizada para construção da pesquisa foi revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e descritiva, feita através de pesquisa em livros, revistas, periódicos e artigos científicos, utilizando os descritores: Concreto sustentável, construção civil e engenharia civil em bases de dados como Scielo e Google Acadêmico, além de sites de universidades.

2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o avanço tecnológico e econômico, consequência pós Segunda Guerra Mundial, a construção civil adotou como novo sistema tradicional o uso do tijolo cerâmico e do concreto armado, em detrimento do tijolo de barro antes da década de 50. Essa mudança teve impactos positivos em relação ao crescimento econômico, pois o uso do cimento *portland* foi fomentado praticamente em todo mundo pela sua rapidez de execução, sua segurança e seu baixo custo.

Nesse viés, John (2002) diz que a indústria da construção consome quantidades de materiais em ordens exorbitantes. De todas as camadas existentes nas sociedades, é o setor que mais consome materiais. Estima-se que, na Ásia, a construção civil seja reflexo de 50% da matéria bruta consumida, sendo que nos EUA corresponde a 75% do consumo total de materiais. Na Europa, por sua vez, as construções públicas e privadas consomem cerca de 40% da energia total do continente, sendo diretamente responsáveis em média por 32% das emissões de gás carbônico, e geram cerca de 44% dos resíduos produzidos pela humanidade.

Dessa maneira, a construção civil traz para a sociedade uma gama de atividades imprescindíveis para o desenvolvimento social e econômico, influenciando, primordialmente, na qualidade de vida da população e na estrutura econômica de uma nação.

Contudo, apesar de o papel da construção civil ter trazido benefícios para a sociedade moderna, para as gerações futuras, ela pode causar danos irreversíveis não só a natureza com a retirada de matéria-prima para seus materiais, mas também com seus resíduos produzidos, gerando impactos que modifiquem todo um modo de viver da sociedade. Na Figura 1, é demonstrada, esquematicamente, a cadeia produtiva dos materiais da construção civil.

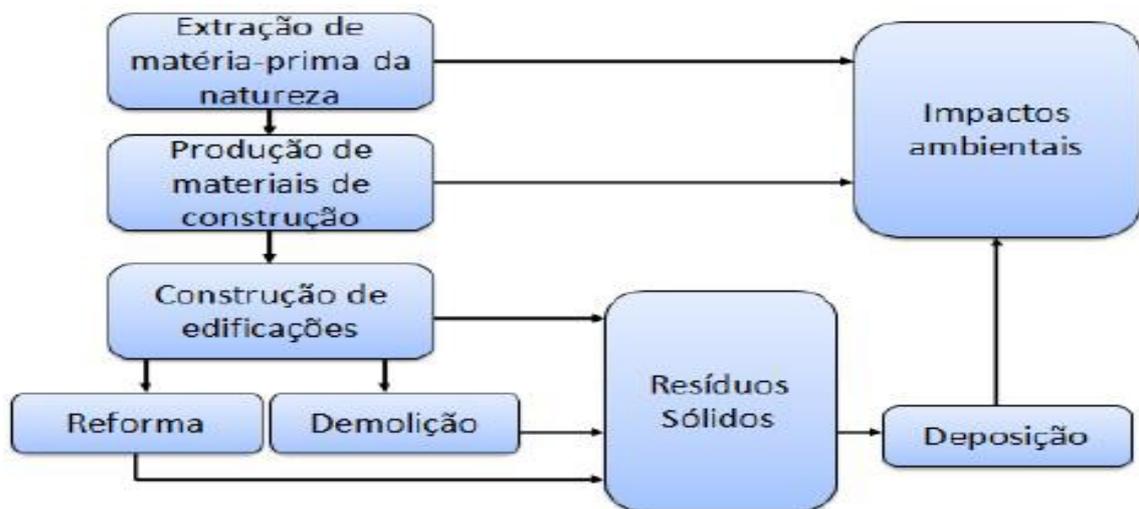
De acordo com Massad (2010), o domínio de estratégias ou metodologias específicas de construção, juntamente com o acesso a grandes quantidades de matéria básica são os elementos, minimamente, suficientes para realização de obras com terra.

A partir desse entendimento, Fittipaldi (2008) aborda que a moldagem da terra é o resultado da aplicação do trabalho físico humano sobre a terra-crua, tendo como características a simplicidade da execução por parte da população com baixo nível financeiro e educacional, além do fato de servir como elemento agregador entre vários

grupos com essas mesmas limitações, bem como atuar como elemento facilitador para a colocação em prática de projetos voltados a edificação de habitações pelos próprios membros de tais comunidades, acarretando em vantagens sob os pontos de vista ambiental, econômico e social, simultaneamente.

Elementos fundamentais como a economia, resistência, harmonia e capacidade de sustentação de edificações erguidas com base em terra obtiveram um grande ganho de qualidade a partir de inúmeros aperfeiçoamentos tecnológicos observados nos últimos tempos (Derani, 2001).

Figura 1 - Cadeia Produtiva dos materiais da construção civil



Fonte: Gasquez (2015)

Observa-se na Figura 1 que, não só a extração da matéria-prima, como a produção de materiais de construção, a execução das obras e suas vertentes, como reformas e demolições, produzem resíduos sólidos que podem se depositar na natureza e gerar impactos ambientais da biota.

A definição dada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de nº 001/86, Art. 1º diz que impacto ambiental (Figura 2) é: “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente” (CONAMA, 1986).

Numa visão distinta da oferecida pela Resolução do CONAMA, anteriormente citada, a Norma ISO 14001 (2015) diz que é impacto ambiental, tudo aquilo que provoca alteração ou transformação do meio ambiente, para o bem ou para o mal,

gerando por meio de suas ações o surgimento de produtos ou serviços de uma corporação.

Figura 2 - Definições de impacto ambiental pelo CONAMA.



Fonte: CONAMA, 1986 (adaptado).

Independentemente das inúmeras definições existentes para impacto ambiental, Plantenberg e Ab'Saber (2002) recorrem a origem latina da expressão para emprestar destaque ao fato de que a forma *impacta* é oriunda do termo latino *impactum* guarda relação com as formas colisão, choque ou batida.

Extremamente sintético o conceito de impacto ambiental de Derani (2001) estabelece que ele seja a resultante da mera atuação do homem sobre o meio ambiente.

Com o intuito de estabelecer um mínimo de análise e controle, tanto sobre os reflexos benéficos como sobre os efeitos inconvenientes ou desfavoráveis de todo e qualquer impacto ambiental, setores de administrações governamentais elaboraram e implementaram o processo de Avaliação de Impacto Ambiental objetivando, sobretudo, o pleno domínio sobre tão importante instrumento, como é o caso da política ambiental.

Barbosa (2006), a despeito das diversas configurações de definição para o termo impacto ambiental, afirma que eles podem provocar consequências tanto benéficas quanto maléficas no meio ambiente ou ainda que negativas e não suficientemente relevantes, continuam a provocar resultados que, na sua essência, não podem deixar de ser encarados como impactos ambientais. Contudo, existem

pontos positivos e negativos a serem abordados acerca dos impactos ambientais da construção civil.

2.1 PONTOS POSITIVOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Para Couto (2016) Antes de analisar os aspectos negativos do impacto ambiental, deve-se saber que existem, concomitantemente, aspectos positivos a serem analisados, e o desequilíbrio ambiental se dá quando os aspectos negativos desagregam mais que os aspectos positivos agregam.

Impacto ambiental nada mais é do que a decorrência ou repercussão de toda e qualquer medida que provoque alterações no meio ambiente, conforme o preconizado pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente e não somente episódios ou ocorrências prejudiciais ou danosos ao meio ambiente (BRASIL, 1981).

Na categoria de ações de impacto positivo do meio ambiente devem estar registradas todas as medidas compreendidas como sendo de caráter construtivo, preservativo ou simplesmente benéfico a espaços naturais e aos ambientes a ele adjacentes, bem como as populações que neles residem.

Segundo Sánchez (2015), pode ser citado como impacto ambiental positivo: a recuperação das matas ciliares adjacentes à rios e riachos, a limpeza do leito dos rios e suas margens além do replantio de árvores em quaisquer áreas desmatada, além da criação de espaços verdes, como parques, reservas, faixas arborizadas, monumentos entre outras soluções em grandes centros urbanos.

Os impactos positivos servem como alternativa para reconstituir o meio degradado, visando o retorno de espécies nativas da determinada região, quando possível, e para melhorar a qualidade de vida de todos os envolvidos na biosfera. Dentre os pontos positivos do impacto ambiental pode-se citar: aumento de investimento para conservação e proteção do ambiente; melhoria das condições ambientais relacionadas à infraestrutura básica; geração de postos de trabalho e alternativas de renda, uso de tecnologias limpas, melhoria da qualidade de vida do lugar, inserção dos habitantes nas atividades e valorização da cultura e identidade local (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, o tratamento correto dos materiais resultantes da construção civil pode ser utilizado como exemplo de ações públicas, voltadas a transmissão de conhecimentos e de rotinas estimuladoras da separação, correta, de materiais, desde

o seu local de produção, assim como a utilização de material granular inerte, em seu local original de elaboração; na execução de outra edificação ou ainda no acondicionamento em espaço próprio para sua estocagem, com ou sem objetivo de reaproveitamento em momento posterior.

De acordo com a legislação que trata da política nacional de resíduos sólidos, a reciclagem deve ser o destino de materiais como tintas, canos e outros itens hidráulicos, fios, cabos e demais dispositivos elétricos específicos, bem como de metais, plásticos e madeiras, gesso e cimento. Tratamento diferenciado deve ser oferecido a produtos químicos, como graxas, tintas e óleos, que devem ser armazenados de forma e em local, claramente definidos por categorização estabelecida pela legislação acima mencionada (BRASIL, 2010).

A correta destinação dada aos materiais resultantes das atividades desenvolvidas pela construção civil acaba por favorecer a criação de novos postos de trabalho, a geração de receitas e, conseqüentemente, de contribuições, impostos e taxas.

2.2 PONTOS NEGATIVOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Transformações ambientais processadas desenfreadamente produzem resultados adversos e prejudiciais ao meio ambiente e devem ser moderadas a partir da aplicação, adequada, da legislação ambiental que prevê o emprego de ações atenuantes (medidas mitigadoras) tais como a produção de edificações a partir do emprego de materiais naturais e renováveis, adquiridos de forma a garantir o desempenho de atividades humanas não prejudiciais às gerações futuras (sustentabilidade).

Cremonez (2014) acredita que as ações de reflorestamento representam um exemplo efetivo de medidas denominadas compensatórias implementadas, eminentemente, para contrabalançar impactos ambientais ocorridos no próprio local no qual se provocou determinada devastação ou avaria.

Tais medidas, quando adotadas pelo seguimento da construção civil, provocam efeitos intensos no meio ambiente, resultando na produção de detritos ou despejos, em cada um dos diferentes momentos de sua atuação seja no tratamento inicial dos terrenos, na eventual fase de edificação, restauro, reestruturação ou mesmo nos diversos estágios que compõem uma eventual demolição de construção existente.

A grande variedade de elementos ou matérias-primas é uma das características mais específicas dos despejos ou detritos produzidos por processos como terraplanagem e tratamento de terrenos, bem como as caixas, pacotes, formas, papelões, plásticos e madeiras, vidros, concretos, entre outros.

Em linhas gerais, a grande dimensão é uma das características principais dos restos ou rejeitos de obras ou edificações o quê, por si só, oferece inúmeras complicações para a coletividade, sempre que são descartados de forma indevida, gerando grandes e desfavoráveis repercussões ao meio ambiente, por vezes, interferindo na fluidez do trânsito de pessoas ou de veículos, congestionando ou impedindo o escoamento das águas das chuvas, de tubulações sanitárias ou do curso natural de rios, conforme figura 4 abaixo (JOHN, 2002).

Dentre os pontos negativos do impacto ambiental pode-se destacar: aumento da queima de combustíveis fósseis; aumento da produção de lixo; surgimento de vetores de doenças; desequilíbrio de cadeias alimentares; poluição de lençóis freáticos; aumento da temperatura global e extinção de espécies.

Para Couto (2014), o desenvolvimento sustentável compreendido como progresso ou evolução qualificada para atender as carências de uma determinada coletividade, sem prejudicar a possibilidade de suprir as necessidades de seus descendentes, é o caminho escolhido por algumas corporações que, em suas ações diárias, procurando atuar de forma a favorecer a comunidade na qual se encontra inserida, melhorando a sua qualidade de vida.

Frequentemente, é notado o fato de que espaços inadequadamente utilizados para depositar resíduos de obras acabem por estimular o descarte de materiais de outras naturezas, inclusive matéria orgânica, tudo isso em grandes quantidades, colocando em risco a qualidade de lençóis freáticos, fundamentais para o abastecimento humano. Pode-se citar como exemplos: Resíduos sólidos levam à contaminação da água, assoreamento (acúmulo de sedimentos na foz de um rio ou em um lago), conseqüentemente, enchentes, ademais a proliferação de animais transmissores de doenças como ratos, baratas, moscas, entre outros.

Além do aspecto social e de saúde pública, esses impactos promovem, em muitos casos, um irreversível processo de depreciação imobiliária capaz comprometer, gravemente, a economia de um local ou região.

2.3 SUSTENTABILIDADE

Preservar o meio ambiente e ainda garantir o desenvolvimento: este é o objetivo de ações que garantam a sustentabilidade ambiental. Consiste na manutenção das funções e componentes do ecossistema, de modo sustentável, buscando a aquisição de medidas que sejam realistas para os setores das atividades humanas. A ideia é conseguir o desenvolvimento em todos os campos, sem que, para isso, seja necessário agredir o meio ambiente.

Com o tempo, a abordagem da tematização da pobreza se tornou fundamental no Brasil porque a abordagem da qualidade de vida humana está diretamente relacionada a questões ambientais.

Embora seja notável o surgimento da sociedade civil participativa nesse debate nas décadas de 1970 e 1980, é difícil institucionalizar uma democracia verdadeiramente participativa nos níveis regionais, nacional e global. Em termos de valor-socioeconômico, Sachs (2015, pág. 124), diz que os obstáculos que impedem a visão de longo prazo precisam ser removidos na tentativa de tirar a maioria da população da linha de pobreza e inseri-la no ambiente cultural e ambiental.

O processo para desenvolvimento sustentável inclui dois conceitos principais, o primeiro dos quais é essencial para as necessidades, especialmente para a sobrevivência dos pobres. Estes devem ser priorizados na ação de todos os países. Segundo as organizações sociais e de tecnologia, danificam o meio ambiente, causando problema no atendimento das necessidades humanas.

Segundo Sachs (2015, pág. 154), ações que consideram o desenvolvimento sustentável criaram os principais objetivos da política ambiental e de desenvolvimento. Mudar a qualidade desenvolvimento, atender as necessidades básicas de emprego, alimentação, energia, água e saneamento. Manter um nível populacional sustentável.

2.4 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

Atualmente muito se fala em desenvolvimento sustentável, conceito este, que veio a surgir surgiu em meados de 1970 a partir dos estudos da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre as mudanças climáticas e procura conciliar a necessidade de desenvolvimento econômico da sociedade com a promoção do desenvolvimento social e com o respeito ao meio-ambiente.

Segundo Boff (2017), A ideia de um novo modelo de desenvolvimento para o século XXI, compatibilizando as dimensões econômica, social e ambiental, surgiu para resolver, como ponto de partida no plano conceitual, o velho dilema entre crescimento econômico e redução da miséria de um lado e preservação ambiental de outro.

O conflito vinha, de fato, arrastando-se por mais de vinte anos, em hostilidade aberta contra o movimento ambientalista, enquanto este, por sua vez, encarava o desenvolvimento econômico como naturalmente lesivo e os empresários como seus agentes mais representativos, contradizendo o tripé da sustentabilidade na figura 5.

Figura 5 - Tripé da sustentabilidade.



Fonte: Brightlink (2018).

Couto (2014) fala que, em 1987, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, na Noruega, elaborou um documento denominado “Nosso Futuro Comum” também conhecido como Relatório Brundtland, onde os governos signatários se comprometiam a promover o desenvolvimento econômico e social em conformidade com a preservação ambiental.

Nesse relatório foi elaborada uma das definições mais difundidas do conceito de desenvolvimento sustentável, sendo: “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

Em 1992, governos de diversos países reuniram-se na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, para a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD). Os objetivos fundamentais da Conferência eram conseguir um equilíbrio justo entre as necessidades econômica, sociais e ambientais das gerações presentes e futuras e firmar as bases para uma associação mundial entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como entre os governos e os sectores da sociedade civil, enfocadas na compreensão das necessidades e os interesses comuns (VIEIRA, 2012).

Nesta Conferência, os representantes dos governos, incluindo 175 chefes de Estado e de Governo, aprovaram três acordos que deveriam erigir a Agenda 21, a Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que define os direitos e as obrigações dos estados sobre os princípios básicos do meio ambiente e desenvolvimento.

2.5 CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com o portal WWF (World Wide Fund for Nature, 2021) Brasil, a definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.

Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

O princípio de desenvolvimento sustentável está contemplado na Constituição Brasileira de 1988, que vigora até a atualidade. A carta magna do país dedicou, pela primeira vez um capítulo inteiro ao tema Meio Ambiente. Em seu artigo 225, institui que:

“Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” Constituição Federal brasileira, 1988.

No texto, é possível observar que os aspectos sociais como a qualidade de vida dos cidadãos e a necessidade de preservação dos recursos para o futuro não foram

esquecidos, estando assim em consonância com o conceito global de desenvolvimento sustentável.

Para Veiga (2005), o desenvolvimento sustentável é considerado um enigma que pode ser dissecado, mesmo que ainda não resolvido. Em seu livro “Desenvolvimento Sustentável: o desafio para o século XXI” ele afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável é uma utopia para o século XXI, apesar de defender a necessidade de se buscar um novo paradigma científico capaz de substituir os paradigmas da globalização. Assim, Canepa (2007) entende-se que:

“O desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro.”

Bursztyn (2018) enxerga esse tipo de crescimento como um processo de aprendizagem social de longo prazo, que por sua vez, é direcionado por políticas públicas orientadas por um plano de desenvolvimento nacional. Assim, a pluralidade de atores sociais e interesses presentes na sociedade colocam-se como um entrave para as políticas públicas para o desenvolvimento sustentável.

O setor da construção civil é um dos mais importantes do país devido ao seu volume, capital rotativo, serventia dos produtos e, especialmente, pelo expressivo número de empregados. A estima deste setor no todo ao qual está posta, face às intensas modificações econômicas e sociais faz com que a construção civil institua novas táticas em procura da qualidade.

A construção civil é avaliada uma indústria altamente fragmentada em um amplo número de empresas de pequeno porte, envolvendo uma espantosa variedade de intervenientes e, comparativamente a outros setores, não é eficiente.

Para Maranhão (2010), deve haver conformidade entre as escolhas dos materiais e as técnicas construtivas com o projeto, para que possam atender às expectativas dos usuários e a conservação de suas propriedades e características iniciais.

A Construção Civil é agregada por uma série de atividades com diversos graus de complexidade, ligadas entre si por uma vasta diversificação de produtos, com processos tecnológicos variados, vinculando-se a diferentes tipos de demanda.

Ela abriga, desde indústrias de tecnologia de ponta e capital intenso, como cimento, siderurgia, química, até milhares de microempresas de serviços, a maior parte com baixo conteúdo tecnológico. Pode-se assegurar que uma das características definidas do setor da Construção Civil é a sua diversidade.

Desde o princípio da civilização, a preocupação com a durabilidade das habitações era percebida, permitindo que o homem trabalhasse sempre na busca de aperfeiçoamento e criação de novas técnicas construtivas, provocando o desenvolvimento tecnológico das construções em função do aperfeiçoamento de materiais e criação de estruturas mais duráveis.

Porém o desenvolvimento tecnológico gerou um crescimento acelerado que resultou também em aspectos negativos, como a deterioração precoce das edificações que conseqüentemente apresenta uma diminuição no seu desempenho.

3 CONCRETO SUSTENTÁVEL

O concreto já se tornou mundialmente conhecido por ser um dos materiais mais consumidos. Talvez pela sua importância e essencialidade para o desenvolvimento no mundo inteiro. Além de estar interligado ao crescimento da infraestrutura rural e urbana. Para conceituar o cimento, é possível identifica-lo como material construtivo, muito usado pelas mais diversas construções, dá mais simples e pequena à maior e mais complexa.

A fim de obter materiais eficientes para a construção, o concreto foi desenvolvido e tem sido bem-sucedido no mercado devido à sua forma fácil e forte compreensão. Segundo Pedroso (2009) o concreto é uma pedra artificial que pode ser modelada. No estado fresco, é um composto plástico e, no estado endurecido, possui propriedades semelhantes às rochas naturais. Possui duas propriedades que sustentam seu amplo uso na engenharia civil: plasticidade e resistência à água.

3.1 O CONCRETO E A SUSTENTABILIDADE NO BRASIL

Ainda na década de 1950 o País usava concreto de cimento Portland em pavimentação urbana e de rodovias, mas devido a fatores políticos e econômicos essa realidade foi modificada. Diante do fim da guerra mundial, o cimento produzido nacionalmente se destinou às emergências da indústria da construção civil prioritariamente. Esse fato conduziu empresas de pavimentação no lançamento de empreendimentos pelas quais não fosse necessário o uso do produto.

De acordo com Medina (1997) os Estados Unidos, nesta época desenvolveram tecnologias capazes de reproduzir pavimento flexível com base em produtos betuminosos de detrimentos de pavimento rígido. Esses produtos tinham preços derivados de petróleo baixos e isso foi um atrativo.

Além disso, diante da escassez de recursos financeiros em rodovias, houve por parte do antigo DNER a aplicação de construção por etapa. Isso foi um estímulo para técnicas de pavimentação com pavimento asfáltico.

Pitta (2009) relata que no ano de 1988 foi realizada a compra de usinas modernas e pavimentadoras pela Associação Brasileira de Cimento Portland onde foi utilizado em pavimentação de rodovias no Brasil.

Deixando de lado os caminhos de carroças que ligavam cidades e vilas brasileiras desde o século XVI, foi apenas com a inauguração da estrada União Indústria, em 1861, que a história do rodoviarismo nacional começava a ser escrita (ver "A Primeira Estrada de Rodagem do Brasil"). Entretanto, mesmo depois da União Indústria e até alguns anos após a criação do DNER, em 1937, essa história continuava sem ter muito que dizer.

A pavimentação rodoviária no Brasil já foi objeto de estudos e prática de construção desde longa data, quando experientes técnicos do então DNER formularam normas e procedimentos que se tornaram, com suas sucessivas atualizações, o estado da arte na Engenharia Rodoviária.

De acordo com Balbo (2007), pavimentação é a construção de uma estrutura dada pela melhoria para o tráfego naquele local, criando uma superfície regular e aderente, dando segurança e um conforto maior no deslocamento tanto em de pista úmida como molhada.

Pavimentação, segundo Medina (1997) é definida pela estrutura constituída de camadas sobrepostas onde os inúmeros métodos em dimensionamento exercem função em sua fundação.

Deixando de lado os caminhos de carroças que ligavam cidades e vilas brasileiras desde o século XVI, foi apenas com a inauguração da estrada União Indústria, em 1861, que a história do rodoviarismo nacional começava a ser escrita (ver "A Primeira Estrada de Rodagem do Brasil"). Entretanto, mesmo depois da União Indústria e até alguns anos após a criação do DNER, em 1937, essa história continuava sem ter muito que dizer.

A pavimentação rodoviária no Brasil já foi objeto de estudos e prática de construção desde longa data, quando experientes técnicos do então DNER formularam normas e procedimentos que se tornaram, com suas sucessivas atualizações, o estado da arte na Engenharia Rodoviária.

De acordo com Balbo (2007), pavimentação é a construção de uma estrutura dada pela melhoria para o tráfego naquele local, criando uma superfície regular e aderente, dando segurança e um conforto maior no deslocamento tanto em de pista úmida como molhada.

Alguns tipos de concreto que são usados no Brasil podem ser descritos por tipo, como é o caso do concreto armado, que é basicamente a união dele com

armaduras de aço. Nesse caso, há maior eficiência no sentido de agregar aos esforços da tração.

Na medida em que o cimento foi evoluindo, os tipos de concreto foram sendo moldados para os mais diversos tipos de tenso de compressão de peças tracionadas e no processo de diminuição de tensão de tração. Além disso, o concreto auto adensável pode ser intitulado como material de alta fluidez, com características de elevado abatimento. Quando adicionado de material superplastificante, ele pode ser mais flexível para trabalhar e essa característica é muito convencional. (PORTAL DO CONCRETO, 2017).

Pois se tratando do concreto, que recebe muitos minerais, se torna com maior desempenho, recebendo metacaulim, sílica, reagente com cal em seu processo de hidratação. Esse processo também garante que seja agregada maior resistência, impermeabilidade e durabilidade.

A evolução e tecnologia aplicados ao concreto ao longo dos anos possibilitou que concretos especiais fossem desenvolvidos, pensando na diminuição de fissuras, desde que sejam adicionadas fibras de aço, pois precisa usar menos recurso natural e, pensou-se em aproveitar melhor, subprodutos do âmbito industrial. Assim, surgiu o concreto sustentável.

Nesse sentido, os resultados dos avanços com o concreto, vão além de simplesmente entregar o produto ao cliente, há nos dias atuais, uma preocupação com a sustentabilidade do material. E os principais problemas a que se busca compreender e solucionar, são: diminuir o uso de matéria-prima e redução de uso de energia não renovável. (HELENA, 2012).

Outro fator essencial pelas quais se buscou solucionar foi a redução de CO² emitido na atmosfera pela indústria cimenteira. E os ganhos são inestimáveis, onde coloca o Brasil em referência mundial, na produção do cimento a partir da baixa emissão de CO².

Para isso, os estudos apontaram um achado que reduziu em 60% o uso de massa de clínquer, do cimento, para utilizar outros produtos. Essa preocupação com a sustentabilidade e a emissão de CO₂, está diretamente ligada ao processo de fabricação do cimento, no que tange à queima do clínquer, onde há em média 90% de emissão direta e que incide no aquecimento global.

Para Mehta (2008) o impacto ambiental da queima o clínquer no processo de fabricação deve atingir um índice satisfatório para a sustentabilidade do material,

promovendo um impacto ambiental pela indústria da construção civil. Pois, a problemática identificada é o volume de resíduos em que se produz nesse processo, que ainda é grande.

Uma das soluções vistas para esse problema é que se produza um material mais sustentável, que possa absorver resíduos da construção, dada a produção do concreto. De acordo com a NBR 10004, há um parâmetro para identificar e classificar a escória de aciaria, para que se determine um potencial contaminante dentro de elementos construtivos, mesmo dentro os agregados artificiais. (ABNT, 2004).

Para isso, é preciso analisar as propriedades físicas e o grau de periculosidade desses resíduos, estabelecendo sempre um risco potencial para o meio ambiente, submetendo a escória de aciaria a ensaios, no processo de determinação da capacidade de transferência orgânica e inorgânica do resíduo sólido. Além de solubilização da aciaria, em laboratório.

Já a durabilidade, expondo o material a ambientes como: esgoto, mar, ambientes urbanos, industriais e outros, nota-se que elementos matrizes, presentes no cimento, tem redução significativa de sua vida útil. A reação química os compostos cimentícios desses ambientes hostis apresenta íon sulfato e forma produto expansivo, com maior incidência de reação química para fissuração e desagregação. (MEHTA, (2008).

Outro aspecto analisado é o ataque por sulfato que reduz a aderência do cimento e causa danos à sua resistência, dada a perda da aderência da pasta do cimento e para partículas de agregado do cimento.

Entretanto, a durabilidade de matrizes do cimento *Portland* a partir de agregados da escória de aciaria nas matrizes de cimento pode ser caracterizada pela moldagem e geometria de matrizes desse cimento, como nos processos industriais presentes na produção, onde estudos feitos por Kulisch (2011) mostram que há alteração no comprimento da argamassa presente no cimento hidráulico. E a imersão de amostras com sulfato de sódio, por exemplo, ao mesmo tempo em que se expõe a variações de temperatura e umidade, tem-se variação no comprimento de amostras.

Os estudos feitos por Kulisch (2011) apontam que procedimentos e experimentos utilizando matrizes de cimento *Portland* detém agregados naturais e pode-se chegar a uma análise comparativa com determinação de variação dimensional para massas. Nesse mesmo experimento, chega-se a determinar a perda de massa e variação no seu comprimento.

3.2 CINZAS VOLANTES E POZOLANAS NATURAIS

Para a produção de cimento *Portland* nota-se uma deficiência em sua durabilidade, mas em contrapartida, supre-se essa deficiência com o uso de pozolana. O uso de material pozolânico dentro da produção de concreto já é feito há muito tempo. E pode ser econômico energeticamente e no que tange a uma diminuição de custo na produção industrial, a destacar a sílica.

O desenvolvimento de tecnologias de material pozolânico tem a microssílica como de material de grande importância, se incorporado ao cimento. Outros materiais que podem ser destacados são cinzas volantes, que apresentam uma eficácia no composto do cimento Portland. Uma característica a esse agregado do cimento é o desempenho e melhora na microestrutura dos agregados, que é muito parecido com a sílica ativa. (CORDEIRO, 2009).

O autor supracitado defende o uso de casca de arroz para substituir porções de 10 a 20% de cimento, onde tem como resultado a melhoria de forma significativa nas propriedades do concreto. Entre essas melhorias, está a resistência à compressão. Outro fator analisado é que o uso de cinzas de casca de arroz, se atribuído na queima, substituindo cimento, em 5 a 10% nas massas do concreto, obtém-se uma resistência maior à compressão, que pode chegar até a 24% a mais, se comparado ao modelo convencional usado atualmente.

Ao analisar o comportamento de concretos e fazer uma análise da resistência para a compressão, observa-se também o uso de cinzas de casca de arroz como viável para substituir cimento em até 15%, em concretos estruturais.

Para Chateau (2007) existe um potencial de uso que deve ser analisado, conforme expresso seguir:

1 Utilização comercial dos diferentes resíduos sólidos para a produção de materiais de construção

2 Otimização do teor de vários resíduos sólidos para a produção de materiais de construção sólidos e úteis

3 Investigação abrangente sobre o potencial uso de diferentes resíduos sólidos para a produção de materiais de suporte para a construção

- 4** Avaliação de viabilidade para a utilização de diversos resíduos sólidos na produção de materiais de construção sustentáveis e não agressivos ao ambiente
- 5** A investigação sistemática dos efeitos de diferentes resíduos sólidos sobre o desempenho, durabilidade de produtos de construção em condições de exposição diferentes
- 6** Verificação da possibilidade de utilização na quantidade de diferentes resíduos sólidos na construção em série
- 7** Análise custo-benefício dos resíduos sólidos baseados em materiais de construção, considerando o seu ciclo de vida
- 8** Avaliação do comportamento ou desempenho de resíduos sólidos nos materiais de construção.

É importante também destacar a eficácia dos indicadores de perda e consumo que visam a melhoria de processos básicos de construção, onde se baseiam em medir, planejar, localizar e priorizar potenciais e melhorias dentro do processo de monitoria de progressos.

Para Koskela (1992) existem exigências a serem medidas, tais como: reduzir desperdícios, agregar valor em etapas de processos, reduzir variabilidade e tempo de ciclo nos processos, simplificar e ter mais transparência, focar em processos no modo geral e estimular a melhoria contínua.

Esses aspectos negativos advêm de um conjunto de irregularidades interligadas entre si, como por exemplo, uma má execução das fundações, onde não se deu a devida importância aos carregamentos horizontais, que com o passar dos anos se acentuarão os recalques sofridos pelas edificações, a mão de obra desqualificada, gerando problemas na vida útil da edificação.

No entendimento de Thomaz (2002), tanto os materiais, as técnicas e os procedimentos de construção de edifícios têm crescido de forma marcante nos últimos tempos, exigindo cada vez mais conhecimentos multidisciplinares por parte dos engenheiros, arquitetos, pedreiros, serventes e os construtores em geral.

Novos métodos têm sido seguidos com baseamento em práticas tradicionais da construção resultando, muitas vezes, em insucessos técnicos e econômicos. A variedade de uma obra é considerada interminável e, portanto, não há uma única saída para tornar real a construção sustentável.

Muda-se a localidade, condição climática, disponibilidade de materiais, qualidade da mão de obra, situação econômica e deslocamentos de cada obra sem muita dificuldade. Logo, a forma de garantir que não haja agressão ao meio ambiente é planejar todas as etapas da construção buscando sempre reduzir os impactos e garantir a justiça social dentro do orçamento disponível.

3.2 RESÍDUOS E AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na Construção Civil, os resíduos e agregados têm papel fundamental, pois a partir do momento em que as empresas buscam assumir a responsabilidade social da prática da sustentabilidade nas organizações, há uma redução na extração e conservação de matéria prima no ambiente urbano.

O uso de agregados provenientes do rejeito na indústria da construção civil, também é um mecanismo presente na sustentabilidade. A partir do uso de pó de pedra, tem-se uma mudança no cenário do impacto ambiental, com a extração da brita. Ao invés de se subutilizar pátios em pedreiras, tem-se essa alternativa para que seja possível destinar de forma correta o rejeito do processo de extração.

De acordo com Salles *et a* (2010) subsidiando essa problemática, estudos feitos sugerem a adição e substituição de resíduos em concretos, de materiais reciclados presentes na indústria da construção civil, como é o caso do pó de pedra. Através da reciclagem desses resíduos, acontece a incorporação da matéria prima, na produção de concreto. Entretanto, ainda é um processo desafiador e pouco aderido pela construção civil.

Estudos feitos por Lima *et al* (2004) para analisar a propriedade mecânica frente à resistência e durabilidade de concretos com agregados reciclados, chegou à conclusão de que com frações pequenas e grandes de agregados, chega-se a proporções convenientes, onde esses agregados reciclados não resultam na redução da resistência nem a compressão, nem à durabilidade.

Fazendo um retrospecto sobre o beneficiamento de agregados e reciclagem de resíduos na construção, pode-se chegar a uma adequação da produção no país, onde é possível analisar se existe m potencial para usar amostras de agregados, e chegar a conclusão se devem ser usados em concretos estruturais ou não.

É importante destacar que dentro do processo de produção de agregados, de reciclagens de resíduos, provenientes de pátios de construção civil, precisa de

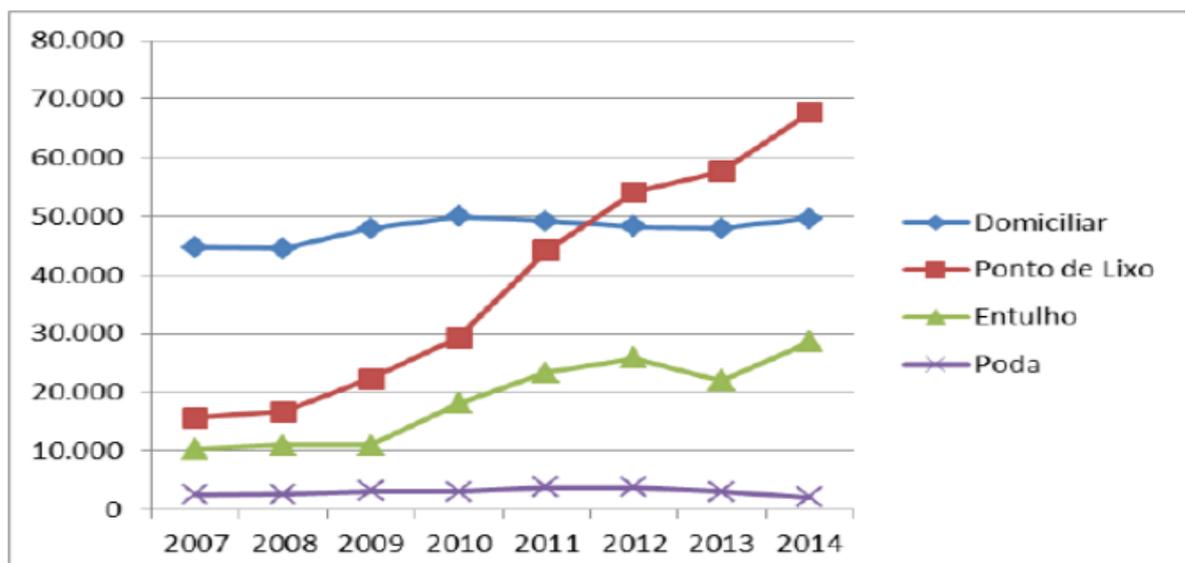
melhorias e atenção. Em misturas de concretos, é importante que se chegue ao beneficiamento de forma adequada dos resíduos da construção e que se chegue a resultados confiáveis.

A geração de resíduos se tornou uma preocupação mundial, que vem se fortalecendo no Brasil através da elaboração e vigor de legislações, consciência de empresas e viabilidade do governo sobre as preocupações ambientais.

Nesse sentido, a construção civil vem sendo um dos maiores geradores de resíduos, além de se enquadrar entre os maiores extratores de recursos naturais. Assim, é evidente a necessidade de medidas preventivas de redução do descarte de resíduos no meio ambiente e ampliar as ferramentas já existentes que permeiam no plano de gestão de resíduos sólidos provenientes da construção e da demolição.

Além disso, se analisando dados sobre o resíduo sólido entre 2007 e 2014, nota-se um crescimento exponencial em pontos de lixo, aumento de geração de entulho, se comparados à estabilidade entre podas e resíduos domiciliares

Tabela 5: Geração de resíduos em Fortaleza entre 2007 e 2014



FONTE: ACFOR/2015.

Já entre os anos de 2013 e 2014 a tabela abaixo mostra a geração de resíduos, com sólidos urbanos em alta de 6,42% comparando-o ao ano de 2013.

Tabela 4: Geração de resíduos em Fortaleza entre 2013 e 2014

Tipo de Resíduos	Total Gerado em 2013 (T)	% 2013	Total gerado em 2014 (T)	% 2014	% CRESCIMENTO
Ponto de lixo	698.419,84	33,43	811.559,20	36,51	16,20
Entulho	258.721,11	12,38	343.690,08	15,46	32,84
Podas	38.636,57	1,85	25.055,74	1,13	-35,15
Varrição	5.795,29	0,28	5.650,67	0,25	-2,50
Capina	60.423,95	2,89	112.386,07	5,06	86,00
Emlurb	177,7	0,01	64,7	0,00	-63,59
Grandes Geradores	304.068,10	14,56	156.463,10	7,04	-48,54
Caucaia	150.148,39	7,19	172.438,00	7,76	14,85
Coleta Domiciliar Fortaleza	572.617,08	27,41	595.728,90	26,80	4,04
TOTAL	2.089.008,03	100,00	2.223.036,46	100,00	6,42

FONTE: ACFOR/2015.

Na cidade de Fortaleza adotou-se o Termo de Referência de Elaboração de PGRCC, com dados sobre a obra, seu responsável técnico de implantação, elaboração e pela obra, junto à caracterização da empresa. Além dessas informações, consta também a triagem, condicionamento, destinação final e transporte, com o plano de capacitação, relatório de gerenciamento de RCC, cronograma dessa implantação.

De acordo com a figura 18 a seguir, em 2009 a população passava de 2.452.185 habitantes no município de Fortaleza, sendo um dos estados que mais gera resíduos no Brasil.

. O Plano de Gerenciamento de Resíduos – PGRS da cidade de Fortaleza é uma ferramenta que permitiu aos técnicos cadastrados junto à Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente - SEUMA que busca assegurar a agilidade em apresentar dados para aprovação do PGRS que está sob sua responsabilidade.

Através da vinculação obrigatória de aprovação de documentos para o processo de análise dos pedidos de reforma e construção, alvará de funcionamento, autorização pra demolição, registro sanitário, reparos gerais e outros serviços, com a Lei Municipal 10.340/2015, objetivando tornar mais simples processos e desburocratizando processos de regularização de empresas e abertura. Assim, diminui-se tempo e custo.

Essa regularização de atividades é feita através da Prefeitura de Fortaleza junto a um sistema automático e gera maior controle ambiental e urbano para toda a cidade

de Fortaleza através de um gerenciamento correto de resíduos sólidos, bem como na manutenção de práticas ambientais.

No artigo 20 da Lei Federal de 12.305/10 a Política Nacional de Resíduos produzida pela PGRS cita:

- a) Os geradores de resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, de mineração;
- b) Os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos ou que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
- c) As empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama;
- d) Terminais e instalações de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- e) Os responsáveis por atividades agrossilvopa.

E conforme a Lei 10.340/2015 se torna obrigatório apresentar documento aprovado previamente pela SEUMA e para empresas geradoras de resíduos da construção civil, mediante documento técnico, que caracteriza por classificação da CONAMA (2002), a quantidade de resíduos que a obra horizontal, vertical, demolição, reforma, obras de movimentação de solo e outros, objetivando a determinação de processos para uma gestão e destinação de forma adequada dos entulhos.

4. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos de construção podem ser reaproveitados de duas formas: reutilização e reciclagem. A reutilização acontece quando o resíduo é aproveitado sem qualquer alteração física, mudando ou não, seu uso original, já a reciclagem ocorre quando o resíduo é processado e usado como matéria-prima virgem.

É mais vantajoso a reutilização de resíduos, visto que durante o processo de reciclagem, os componentes podem sofrer alterações e, como qualquer ação do homem, esse processo pode ser danoso ao meio ambiente (GOUVEIA, 2012).

Buscando meios de tornar comum o reaproveitamento de resíduos na construção civil, alguns países instituíram políticas voltadas a promoção dessa prática, como por exemplo, Dinamarca, demonstrou um expressivo crescimento na reciclagem de RCC (Resíduos Construção Civil), o país adotou impostos de resíduos (JOHN, V. M.; AGOPYAN, 2013).

Em alguns países da Europa, instituíram-se leis para estimular a adesão a práticas sustentáveis, como um acréscimo no imposto para a extração de recursos naturais e proibir o direcionamento dos RCC a aterros sanitários. Portugal realizou um estudo sobre sustentabilidade, e os autores afirmaram que desconstruir prédios seria uma forma de recuperar matérias e elementos da construção, fomentando a reutilização e reciclagem (NOGUEIRA, 2015).

Para a obtenção do pleno entendimento e aceitação sobre a desconstrução de prédios, é necessária regulamentação ambiental e aprimoramento do conhecimento e sensibilização dos donos das obras, empreiteiros e projetistas. O processo de desconstruir permite, além de reutilizar e reciclar materiais, um progresso tecnológico e o surgimento de um novo mercado- o de componentes reutilizados (RIBEIRO, 2017).

Algumas pesquisas da área dão força a ideia de desconstrução e reutilização de resíduos, e corroboram que apenas uma configuração metódica dos agregados desenvolvidos a partir de resíduos de construção e demolição possibilitar ampliar o seu uso em concretos. Ter pleno conhecimento do material reciclado dentro das misturas de concreto produzirá produtos com maior qualidade, permitindo uma melhor evolução do aproveitamento de resíduo.

As estratégias que podem ser empregadas na reciclagem de materiais são: o uso de materiais reciclados; diminuição na variação de tipos de materiais; evitar uso de substâncias tóxicas ou nocivas; realizar a separação de materiais potencialmente

reaproveitáveis; evitar quando possível acabamento secundários e revestimentos; utilizar produtos com acabamento incorporado na sua própria superfície, ou aqueles separados e mecanicamente conectados; identificar permanentemente os padrões de materiais usados; diminuir o volume de componentes diferentes; utilizar uma quantidade mínima de partes desgastantes; uso de conexões mecânicas, no lugar de químicas; uso de conexões químicas mais frágeis que as partes conectadas (LIMA et al, 2014).

Entre as alternativas para a reutilização de materiais podemos citar: uso de um sistema de construção aberto do tipo *Open Space*; procedimentos de montagem concernentes com as práticas de edifícios Standard; separar a estrutura de paredes internas de revestimentos; acesso a todas as áreas dos edifícios e a todos os materiais; uso de materiais de fácil manuseio; refletir acerca do espaço e condições necessárias para o traquejo de vários componentes no curso da desmontagem; prover parâmetros realistas que possibilite os movimentos cogentes no curso da desmontagem; utilizar o menor volume de conectores; empregar um procedimento hierárquico de desmontagem de acordo com a vida útil dos materiais; identificar permanentemente o padrão dos componentes (GOUVEIA, 2012).

4.1 APLICAÇÃO DO CONCRETO SUSTENTÁVEL

Possivelmente todas as áreas da construção civil podem fazer uso do reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos (RSU), além dos resíduos de construção e demolição (RCD) e outros componentes potencialmente recicláveis, e isso vai desde de edificações mais simples a grandes pavimentações. Algumas análises realizadas para testar concreto fabricado a partir de resíduos recicláveis têm mostrado que o mesmo apresenta qualidade satisfatória (DE MELO DIAS; SILVA; POGGIALI, 2017).

Uma pesquisa realizada em um laboratório em Melbourne, Austrália, buscou analisar a aplicação de concreto sustentável em estradas na Austrália. Esse estudo abordou questões como: aglomerado de concreto reciclado (RCA), destruições; malha asfáltica recuperada (RAP), areia fabricada; material de construção de túneis, cinzas, entre outros componentes equivalentes. Os estudos corroboram que menores porções de RAP e altas porções de RCA quando misturadas podem produzir a base da estrada com qualidade. Essas misturas são consideradas material não ligante com

o propósito de caracterização dos materiais para determinar o dimensionamento de ruas e avenidas (LIMA et al, 2014).

Em razão da ausência de padronizações corretas para materiais reciclados e as diferenças entre os conglomerados reciclados e os naturais, assim como o formato das partículas e a textura, densidade, solidez e absorção aquosa, tornaram a aplicabilidade de materiais reciclados em outros contextos lenta. Contudo, um estudo realizado recentemente discorre sobre dois padrões de agregados reciclados de concreto de espessura fina e grossa, o estudo aborda as características físicas e mecânicas a curto e longo prazo (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2015).

Estudos relatam que a vigência de normas pertinentes a adesão de materiais reciclados na construção civil já é realidade em muitos países, que desenvolveram medidas que garantam o emprego correto dos recursos. Esses regulamentos visam facilitar o emprego em sítios onde os agregados reciclados ainda não foram usados (LIMA et al, 2014).

4.2. CUSTOS

Hoje em dia, os resíduos sólidos compreendem um dos grandes problemas enfrentados pelas empresas públicas e privadas, uma vez que gerenciamento correto é bastante oneroso. Em virtude da irregularidade das disposições promovem a diminuição da qualidade de vida, com diminuição da efetividade dos sistemas de tráfego e de drenagem (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Em grandes centros urbanos, o problema configura-se como algo ainda mais grave, em razão do denso volume de resíduos produzidos e à ausência de locais que viabilizem uma disposição correta.

O má locação e distribuição é danoso para toda a sociedade, não apenas pelo aumento do valor final das construções, como também pelo valor gasto para remover e tratar o entulho. Frequentemente, o resíduo da obra é extraído e relocado de forma clandestina em terrenos baldios, encostas de rios e de ruas periféricas, promovendo uma cadeia de questões ambientais e sociais, como contaminar o solo por gesso, tintas e solventes; propagação de insetos e outros vetores colaborando com agravamento de problemas de saúde pública (NOGUEIRA, 2015).

Com o crescente processo de industrialização, surgimento de novas tecnologias, intenso crescimento populacional, migração de pessoas a centros urbanos, a diversidade de bens e serviços de consumo, os resíduos se converteram em sérios problemas urbanos com uma gestão onerosa e complexa, levando em consideração o volume e massa acumulados, sobretudo posteriormente a 1980 (GOUVEIA, 2012).

Os problemas são causados pela ausência de áreas de depósito de resíduos produzidas pela ocupação e supervalorização de centros urbanos, a gestão de resíduos promove grandes custos, questões envolvendo saneamento público e contaminação ambiental (RIBEIRO, 2017).

Uma estimativa do desperdício integral, expressando em percentual do valor da obra, corresponde aproximadamente a 30%. Sendo mais adequado expressar esse valor como o impacto na qualidade do valor total do projeto. Ademais, é válido enfatizar que o padrão de tempo em que os funcionários ficam parados esperando a ordem, correspondem a 35% do tempo, teoricamente trabalhado, promove uma ociosidade que colabora com uma ampliação de 12% no custo integral do projeto.

Quando configurado como “perda de produtividade” o valor final ainda está acima de 30%. Assim como tudo, a reciclagem também produz resíduos, onde o volume e propriedades, também, dependem do padrão de reciclagem escolhido (LIMA et al, 2014).

Os resíduos nem sempre são mais simplificados que os reciclados. Podendo ser ainda mais agressivos ao meio ambiente e ao homem, do que aquele que passou pelo processo de reciclagem.

Segundo sua insegurança e complexidade, esses resíduos podem motivar novos problemas, como serem inviáveis para a reciclagem, ausência de recursos para seu tratamento, falta de sítios de depósito e todo os gastos promovidos por isso. É necessário, levar em consideração que os resíduos produzidos pelos materiais reciclados ao término de sua vida útil e na probabilidade de serem mais uma vez reciclados, terminando o ciclo (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2015).

Os valores gastos com os resíduos, como licença ambiental, depósito de resíduos, transportes, multas, entre várias questões que precisam ser consideradas para uma avaliação futura do quão viável economicamente é a reciclagem. Em algumas capitais brasileiras, vem gradualmente, fechando seus aterros sanitários,

evitando o depósito incorreto em locais clandestinos (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2016).

A prefeitura de Santo André, na grande São Paulo, em 1993 desenvolveu um programa de reciclagem diária compreendendo 30 m³ de resíduos e a fabricação de cerca de 4 mil blocos diárias, com material reciclado.

Além da condição de produzir agregados com gastos inferiores ao valor médio do material convencional, estudos corroboram a viabilidade da manufatura com valores até 45% inferior ao valor dos elementos de maior qualidade. Os processos empregados especificamente nas usinas de reciclagem, mesmo que inicialmente demandem um investimento oneroso, comumente acabam barateando quando equiparados aos custos gerados pelos aterros (SILVA; DE CARVALHO PASSARINI; SANTOS, 2017).

Toda a área de construção civil está voltada para questões sobre sustentabilidade e redução de perdas, principalmente, no que compete a reduzir os custos. Ações de controle de despejos, transporte e até taxas de produção de resíduos pela construção são questões adicionais pertinentes ao poder público. Iniciativas assim estão sendo abraçadas em vários países, na Inglaterra, por exemplo, programas educativos apresentam grandes resultados, atingindo também construções informais (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2016).

4.3. LEGISLAÇÃO

Desde de Janeiro de 2003, a resolução nº 307/02, datada de 05 de julho de 2002, do CONAMA, discorre sobre a gestão de resíduos derivados de construções, reformas, demolições de obras e os produtos advindos da preparação e escavação de terrenos, assim como Tijolos, blocos cerâmicos e concretos em geral, rochas, solos, cola, madeiras, compensados, tintas entre outros.

Quando essa resolução entrou em vigência, se estabeleceu um prazo de até 12 meses para que os municípios desenvolvessem seus planos articulados de gestão de resíduos da construção civil, isso abrangiam os pequenos e grandes produtores de entulhos. Aos grandes se determinou um prazo de até 24 meses, para que fossem incluídos em seus projetos, a aprovação do Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (BRASILEIRO; MATOS, 2014).

Algumas definições foram estabelecidas com o advento dessa resolução: Os resíduos de construção civil são os produtos de construções, reformas, demolições e reparos, ocasionados mediante ao preparo e escavação de solos. Os geradores de resíduos são as pessoas físicas ou jurídicas, empresas públicas ou privadas, encarregadas de ações ou projetos que produzam resíduos; transportadores são aqueles encarregados da coleta e transporte das produtoras aos locais de depósito, podendo ser pessoa, físicas ou jurídicas (DE MELO DIAS; SILVA; POGGIALI, 2017).

Ainda sobre as definições: agregados reciclados é o material granular resultado do beneficiamento de resíduos de construção que exponham propriedades técnicas para o aproveitamento em obras de edificações, de infraestrutura, aterros ou outros projetos de engenharia (LIMA et al, 2014).

A gestão de resíduos é uma iniciativa que busca a redução, reutilização ou reciclagem de resíduos, compreendendo idealização, métodos, procedimentos e condições para o desenvolvimento e implementação de condutas necessárias. A reutilização é o procedimento de reaplicar um resíduo, sem transformá-lo, enquanto reciclagem é o procedimento de reaproveitar o resíduo, depois de submetê-lo à transformação. O beneficiamento é a ação de submissão do resíduo a procedimentos/processos que visam dotá-los de meios que possibilitem que sejam empregados como matéria prima (NOGUEIRA, 2015).

O aterro de construções civil é o local onde usadas métodos de depósito de resíduos da construção civil no solo, buscando preservar materiais segregados que possibilitem seu uso futuro em determinada área, sem motivar danos à saúde pública e ao meio ambiente. As áreas de depósito de resíduos são locais voltados ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos (GOUVEIA, 2012).

Os produtores de resíduos têm como principal objetivo, não gerar resíduos, ou reduzir, reutilizar, reciclar e dar o destino final correto, contudo, os resíduos advindos da construção civil não podem ser despejados em aterros domiciliares, em áreas próximas a corpos d'água, lotes vagos ou áreas protegidas legalmente.

Para viabilizar o gerenciamento de resíduos na construção civil, deve ser desenvolvido pelos Municípios e Distrito Federal, um plano articulado que contempla os itens a seguir: Cadastrar locais favoráveis a receber, separar e armazenar temporariamente pequenas quantidades, permitindo a destinação posteriormente dos resíduos aos locais de beneficiamento, proibir o despejo de resíduos de construções em locais não legalizados; promover a reintegração dos resíduos reutilizáveis ou

recicláveis no ciclo de produção, promover iniciativas de orientação, fiscalização e controle dos aspectos envolvidos, programas educativos que busquem diminuir a produção de resíduos e permitir a sua separação (RIBEIRO, 2017).

Os resíduos de construção civil possuem duas formas de destino a) deverão ser reutilizados ou reciclados como agregados, ou destinados a locais de aterro de resíduos da construção; sendo locados de forma que permita a seu uso e reciclagem futuramente, b) deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhadas a locais de armazenagem temporária, sendo organizados de forma que permita seu uso futuramente, c) devem ser guardados, direcionados e destinados segundo especificações técnicas (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2015).

No ano de 2006, a Lei 9193 de 19/04 do presente ano, discorreu acerca da implantação de usinas de reciclagens de resíduos sólidos. Essa lei permite a instalação de usinas de reciclagem dos resíduos na área de construção civil e de resíduos de poda de árvores em cada distrito regional, promove a implantação de locais para produção de agregados advindos de material reciclado de entulho da construção civil e determina o que compete ao Poder Executivo, através de medidas e parcerias com entidades privadas envolvidas na construção, promoção e utilização de materiais recicláveis na construção de casas populares e projetos públicos (DE MELO DIAS; POGGIALI, 2017).

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados são favoráveis em termos de viabilidade e economia, porém em alguns países ainda se encontram dificuldades em relação à gestão desses resíduos por ser algo relativamente recente.

Para esse fim, realizadas ultimamente, têm mostrado, de forma geral, certa satisfação em relação à qualidade do concreto feito à base desses agregados reciclados.

Um dos resultados do estudo de Manzi outros autores (2013), apresentando uma comparação entre a mistura convencional de concreto (CC) e outras quatro misturas com variados índices de composição de agregados reciclados de demolição com agregados naturais (comumente utilizados no preparo convencional do concreto).

Um mesmo estudo foi feito por Leite (2001) e no seu trabalho ele relata ainda a existência de normas em alguns países onde os agregados reciclados já estão sendo inseridos no contexto da construção civil.

Para Leite (2001) e Pedrozo (2008) a substituição do agregado natural por proveniente de resíduos é uma questão delicada e deve ser estudada, pois, o agregado reciclado absorve mais água, diminuindo a lubrificação da pasta devido a sua porosidade e ao material pulverulento em seu entorno influenciando negativamente no índice de trabalhabilidade do concreto produzido com esses materiais.

Analisando a prerrogativa exposta pelos autores Leite e Pedrozo (2001) o agregado reciclado afeta diretamente na trabalhabilidade do concreto produzido, onde o uso de componentes químicos como super plastificante se dá para atingir a trabalhabilidade sem o aumento da quantidade de água.

Foram desenvolvidas propostas de especificação do material, garantindo seu uso de forma mais correta. Segundo o autor, o estudo de algumas destas normas ou diretrizes colabora para facilitar esta inserção em locais onde os agregados reciclados ainda não são utilizados.

O setor de construção encontra-se mobilizado em torno do tema de redução das perdas, pois estas significam uma oportunidade de redução de custos. Medidas de controle de deposição, transporte e até mesmo taxação da geração de resíduos pela construção são alternativas adicionais à disposição do poder público. Estas

alternativas têm sido adotadas em vários países, por exemplo, na Inglaterra (JOHN, 2000).

Os resultados obtidos para a absorção de água e densidade vão de encontro ao Limbachiya, Leelawat e Dhir (2000), que ao estudar o uso de agregados reciclados em concreto de alta resistência, apresentou valores próximos aos encontrados nesta pesquisa.

Na pesquisa realizada por Bedoya e Dzul (2015), foram comparadas as seguintes porcentagens de agregado reciclado no concreto; 0%, 25%, 50% e 100%. Em relação ao de 25%, foi explícita uma perda de resistência de aproximadamente 2,5% aos 28 dias e 2% aos 91 dias.

Posto isso, *slump test*, como trazido por Leite (2001), conforme é executado nos modelos atuais não é um método mais apropriado para verificar a trabalhabilidade do concreto provido com RCD, devendo ser desenvolvido uma variação do método de abatimento de tronco de cone específico para concretos com uso de RCD.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. **São Paulo: SP**, 2015.

ÂNGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: V Seminário de Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. IBRACON CT-206/IPEN. Anais. São Paulo, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14004. **Sistemas de gestão ambiental – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio**. Rio de Janeiro. ABNT, 1997.

AZEVEDO, Gardênia Oliveira David de; KIPERSTOK, Asher; MORAES, Luiz Roberto Santos. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 65-72, 2016.

BARBOSA, Emanuel de Andrade. **A Avaliação de Impacto Ambiental como Instrumento Paradigmático da Sustentabilidade Ambiental no Direito Brasileiro**. Dissertação de Mestrado, Curitiba, 2006.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

BURSZTYN, Marcel. **A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais**. Editora Garamond, 2018.

CANEPA, Carla. **Cidades sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: RCS, 2007.

COMISSÃO MUNDIAL DO AMBIENTE E DO DESENVOLVIMENTO – CMED. **O nosso futuro comum**. Lisboa: Meribérica/liber, 1987.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n.º 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> 05 fevereiro 2022.

COUTO, Elení Pereira; SILVA, F. O. Desenvolvimento (In) Sustentável. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 10, n. 18, p. 41-54, 2014-56, 2016.

CREMONEZ, Filipe Eliazar et al. **Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil**. Revista Monografias Ambientais, v. 13, n. 5, p. 3821-3830, 2014.

DE MELO DIAS, Aniel; SILVA, Thiago José Vieira; POGGIALI, Flávia Spitale Jacques. O CONCRETO SUSTENTÁVEL BRASILEIRO THE BRAZILIAN SUSTAINABLE CONCRETE. **CONSTRUINDO**, v. 9, n. 01, 2017.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, 2012, 17(6):1503-1510

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Domiciliares, São Paulo. 2013.

LIMA, Sandovânio Ferreira et al. Concreto e suas inovações. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 1, n. 1, p. 31-40, 2014.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

Kaefer, L.F. (1998). **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo - Brasil. LIMBACHIYA, M. C.; LEELAWAT, T.; DHIR, R. K. Use of recycled concrete aggregate in high-strength concrete. *Rilem, Scotland*, v. 33, p. 574-580, 29 nov. 2000.

MANZI, S.; MAZZOTI, C.; BIGNOZZI, M.C. **Short and LongTerm Behavior of Structural Concrete with Recycled Concrete Agreggate**. Departamento de Engenharia Civil, Química, Ambiental e Engenharia de Materiais da Universidade de Bolonha. Bolonha, Itália, jan. 2013

NOGUEIRA, Luis Gustavo da Silva. Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável. 2015.

PLANTENBERG, Clarita M.; AB'SABER, Aziz Nacib. **Previsão de Impactos O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e Alemanha**. 2.ed. Universidade de São Paulo, 2002.

RIBEIRO, Bibiana Zanella. Construção de uma cadeia sustentável para destinação de resíduos da construção civil (RCC) pelo método do Design Thinking. 2017.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**. Oficina de Textos, 2015.

SILVA, Felipe Portela Candido; DE CARVALHO PASSARINI, Victor; SANTOS, Fernanda Cristina Storte. BIOCONCRETO: A TECNOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO SUSTENTAVEL. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 5, n. 2, p. 41-58, 2017.

VIEIRA, Ricardo Stanziola. **Rio+20: conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo "direito da sustentabilidade"**. Revista NEJ, Itajaí, SC, v. 17, n. 1, jan./abr. 2012.