

Universidade Brasil  
Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado

SEVERINO RAMOS DE OLIVEIRA JUNIOR

RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO EM NOVAS OBRAS

SOLID RESIDUES OF CIVIL CONSTRUCTION:  
RECYCLING AND REUSING IN NEW WORKS

DESCALVADO/SP  
2016

Severino Ramos de Oliveira Junior

RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO EM NOVAS OBRAS

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Catarina de Oliveira Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Brasil, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

DESCALVADO/SP

2016

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:

Data:

**SEVERINO RAMOS DE OLIVEIRA JUNIOR**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO EM NOVAS OBRAS**

**Trabalho de Conclusão apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, a Universidade Camilo Castelo Branco- Unicastelo, desenvolvido sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Catarina de Oliveira Gomes.**

**Aprovado em 18 de novembro 2016.**

**Com Nota \_\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
**Prof.<sup>a</sup>.Dra. Orientadora Ana Catarina de Oliveira Gomes**

\_\_\_\_\_  
**Prof.<sup>a</sup>.Dra. Giseli Cristina Antunes Martins**

\_\_\_\_\_  
**Me. Leandro Antunes Mendes**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, em especial, à minha filha Sofia que me iluminou de maneira especial com a sua vida e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por me ter proporcionado condições para a elaboração deste trabalho, dando-me sabedoria e discernimento.

Sou grato ainda a todos os professores que, durante os anos anteriores, contribuíram de alguma maneira para conclusão deste trabalho e também à minha orientadora Ana Catarina de Oliveira Gomes pela dedicação e pelos ensinamentos transmitidos.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

## RESUMO

A transformação do ambiente natural para o ambiente construído, que permeia todas as atividades humanas e precisa ser atualizado e mantido, deu-se pela construção civil, sendo apontada como principal vilã por gerar resíduos entre 2 e 3 bilhões de toneladas ao ano. No Brasil, por se destacar economicamente, a indústria da construção civil gera consideráveis impactos ambientais, sociais e econômicos. Como consequência da preocupação acerca do descarte inadequado, a gestão diferenciada de resíduos é necessária devido ao fato de a disposição adequada minimizar os impactos ambientais, quando realizada amplamente pelo setor. Estudos feitos por universitários demonstram a preocupação dos engenheiros civis em buscar soluções para os resíduos produzidos pelas construções e demolições, sendo importante para o processo de gerenciamento desses resíduos. Desta forma, este estudo faz o questionamento: Quais os principais materiais reciclados que podem ser reutilizados em novas obras de construção civil e assim proteger o meio ambiente? Sendo assim, o objetivo foi pesquisar, por meio de revisão bibliográfica, os principais materiais utilizados na construção civil e que são oriundos de recursos naturais não renováveis. Fez parte do objetivo também apresentar os principais materiais reciclados de resíduos sólidos de construção civil que podem ser reciclados a partir do canteiro de obras, acrescentando informações sobre o tijolo solo-cimento.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos. Construção civil. Reciclagem e reutilização.



## **ABSTRACT**

The transformation of the natural environment for the built environment that permeates all human activities and needs to be updated and maintained, was due to the construction, being singled out as the main villain for generating waste, between 2 and 3 billion tonnes a year. In Brazil, for stands out economically, the construction industry generates considerable environmental, social and economic impacts. As a result of concern about the improper disposal, the differentiated waste management is necessary due to the fact that adequate provision minimizes environmental impacts when held widely by the sector. The studies made by university demonstrate the concern of civil engineers in seeking solutions to the waste generated by construction and demolition, which is important for the management of such waste process. Thus, this study asks: what are the main recycled materials that can be reused in new construction works and thus protect the environment? Thus the aim was to investigate, through a literature review, the main materials used in construction and that are derived from non-renewable natural resources and also present the main materials recycled solid waste construction that can be recycled, from construction site, adding information on the soil-cement brick.

**Keywords:** Solid waste. Construction. Recycling and reuse.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fabricação cimento .....	20
Figura 2- Plano Municipal de Resíduos Sólidos, município São Paulo .....	23
Figura 3- Padrão cores para coleta seletiva .....	35
Figura 4- Distribuição geográfica das usinas no Brasil.....	37
Figura 5: Percentual de usinas públicas e privadas .....	38
Figura 6- Processo fabricação tijolo solo-cimento .....	41
Figura 7- Máquina manual para fabrico do tijolo solo-cimento.....	42
Figura 8- Processo de colagem dos tijolos solo-cimento .....	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação das britas .....	22
Quadro 2- Classificação dos materiais .....	24
Quadro 3- Normas Técnicas Relativas Reciclagem de Resíduos Sólidos Construção Civil ...	26
Quadro 4- Tipos de entulho .....	39
Quadro 5- Produtos gerados na reciclagem e suas principais utilizações .....	40
Quadro 6- Análise dos estudos de casos de revisão bibliográfica.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
GHA	Hectares globais
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 - CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE .....</b>	<b>15</b>
1.1 Areia.....	17
1.2 Aço - Ferro.....	18
1.3 Cimento.....	19
1.4 Brita .....	21
<b>CAPÍTULO 2 – LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS.....</b>	<b>23</b>
2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos .....	23
2.2 Normas da ABNT .....	24
<b>CAPÍTULO 3 – RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....</b>	<b>27</b>
3.1 Canteiro de Obras .....	27
3.1.1 Argamassa .....	28
3.1.2 Contrapiso .....	29
3.1.3. Concreto armado .....	29
3.1.4. Radier .....	30
3.1.5. Blocos de concreto .....	31
3.1.6. Gesso acartonado.....	31
3.1.7 Placas cerâmicas.....	32
3.2 Modelo de classificação e separação dos resíduos nos canteiros de obras .....	33
3.3 Destinação dos Resíduos Sólidos na Construção Civil .....	35
<b>CAPÍTULO 4 – USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO.....</b>	<b>37</b>
4.1 Entulho.....	38
<b>CAPÍTULO 5 - TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1 Análise de dados .....	44
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## INTRODUÇÃO

A transformação do ambiente natural para o ambiente construído, que permeia todas as atividades humanas e precisa ser atualizado e mantido, deu-se pela construção civil (AGOPYAN; JOHN, 2011). Entretanto, o aumento da população urbana e o desenvolvimento tecnológico das indústrias acarretou o aumento crescente da quantidade e das variedades de poluentes ambientais (KARPINSK et al., 2009), por implicar no uso de uma grande quantidade de materiais de construção, de água, de energia e de geração de resíduos (AGOPYAN; JOHN, 2011), o que levou ao comprometimento da qualidade de vida dos seres vivos e, conseqüentemente, à busca de alternativas para reutilizar os recursos existentes de modo sustentável e para preservar os recursos naturais (KARPINSK et al., 2009).

A construção civil é apontada como principal vilã por gerar resíduos, entre 2 e 3 bilhões de toneladas ao ano (CABRAL; MOREIRA, 2011), por consumir entre 15 e 75% dos recursos naturais disponíveis (SILVA, 2003), por emitir cerca de 50% do gás carbônico lançado para a atmosfera, e por gerar praticamente a metade dos resíduos sólidos gerados no planeta Terra (JOHN, 2000).

No Brasil, por se destacar economicamente, a indústria da construção civil gera consideráveis impactos ambientais, sociais e econômicos. Deste modo, apesar de gerar empregos e de viabilizar moradias, renda e infraestrutura, o desenvolvimento de uma política abrangente que vise ao destino dos resíduos gerados é imprescindível (KARPINSK et al., 2009).

Assim, os impactos ambientais, sociais e econômicos resultantes, bem como o seu descarte inadequado, tornam necessária a gestão rápida e eficaz de tais resíduos, realizando ações por meio dos setores públicos, industrial, da construção civil e da sociedade civil organizada, consolidando programas que objetivem minimizar os impactos e se fundamentem em políticas ambientais que visem reduzir, reutilizar, reciclar, manusear e dispor os resíduos adequadamente (CASSA; CARNEIRO; BRUM, 2001).

A preocupação acerca de políticas públicas sobre a gestão dos resíduos de construção civil busca incitar as empresas geradoras a implementarem medidas que viabilizem a redução da quantidade de resíduos, porém, tais medidas ainda são consideradas desconhecidas ou não usuais (CABRAL; MOREIRA, 2011).

Nesta linha de reflexão, a Resolução nº 307, de 5 julho de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) considera como resíduo da construção civil os materiais oriundos de construções, de reformas, de reparos, de demolições, e os resultantes da

escavação e do reparo de terrenos, como: solos, rochas, tijolos, cerâmicas, concreto em geral, metais, resinas, tintas, colas, madeiras, compensados, forros, gesso, telhas, argamassa, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, fiações elétricas, tubulações, entre outros.

Essa Resolução define as responsabilidades e os deveres dos municípios que deverão licenciar áreas para disposição final, fiscalizar o setor em todo o processo e implementar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, propiciando que os setores público e privado promovam, juntos, o manejo e a disposição adequados dos resíduos (JÚNIOR, 2005).

Como consequência da preocupação acerca do descarte inadequado, a gestão diferenciada de resíduos é necessária devido ao fato de a disposição adequada minimizar os impactos ambientais, quando amplamente realizada pelo setor. Além disso, tal gestão evita ações emergenciais, como a Gestão Corretiva, situação recorrente na maioria dos municípios brasileiros, vista como não preventiva, repetitiva, custosa e ineficiente (JÚNIOR, 2005).

Em relação à preocupação referente ao desperdício de resíduos e, conseqüentemente, de recursos naturais, destaca-se a indústria de construção civil como centro das discussões relacionadas ao desenvolvimento sustentável (SOUZA et al., 2004).

Este estudo, a partir de um levantamento bibliográfico em leis, resoluções, periódicos, livros, entre outros meios e com análise de dados selecionados, objetiva buscar melhor compreensão da reutilização de resíduos gerados pela construção civil, as vantagens proporcionadas para o meio ambiente, bem como apresentar possibilidades e aplicações da reutilização apontadas em documentos já publicados.

Desta forma, este estudo faz o seguinte questionamento: Quais os principais materiais reciclados que podem ser reutilizados em novas obras de construção civil e assim proteger o meio ambiente?

A partir desse questionamento pode-se supor que, com ações corretivas, pode-se obter redução de custos com reutilização de materiais de construção, evitando-se desperdício deles com vistas em sustentabilidade e sem impacto no meio ambiente.

## CAPÍTULO 1 - CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO AMBIENTE

O setor da construção civil é fortemente alavancado pela economia com a necessidade de atender aos déficits habitacionais e aos de infraestrutura; é também responsável por uma considerável pegada ambiental pelas crescentes demandas por matérias primas naturais, pela geração de resíduos durante a demolição de edifícios antigos ou pela execução de novas obras.

Pegada ambiental, ou ecológica, é a relação entre demanda humana e natureza, e é um importante instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural (CIDIN; SILVA, 2002). A Pegada Ecológica serve para avaliar o impacto que o ser humano exerce sobre a biosfera.

Expressada em hectares globais (gha), permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Um hectare global significa um hectare de produtividade média mundial para terras e águas produtivas em um ano. Sob a ótica coletiva, o cálculo da pegada de uma cidade, de um estado ou de um país tem por missão melhorar a gestão pública e mobilizar a população a rever seus hábitos. “A Pegada Ecológica brasileira é de 2,9 hectares globais por pessoa, isso significa que, se as pessoas do mundo inteiro consumissem como nós, seria necessário 1,6 planeta” (BARROS, 2014, p. 34).

De acordo com WWF-Brasil (2016), a pegada é também uma ferramenta de leitura e de interpretação da realidade, pela qual se pode enxergar, ao mesmo tempo, problemas conhecidos, como desigualdade e injustiça, e, ainda, a construção de novos caminhos para solucioná-los, por meio de uma distribuição mais equilibrada dos recursos naturais, que se inicia também pelas atitudes de cada indivíduo.

A construção civil é responsável por um consumo considerável de recursos naturais não renováveis, uma vez que muitos dos insumos utilizados na produção dos materiais de construção são obtidos pela extração em jazidas naturais para atender à demanda de mercado (PIRES; PASCHOALIN FILHO; TORRES, 2013).

Segundo pesquisas realizadas pelo Departamento de Engenharia de Construção da Universidade de São Paulo (USP), a construção civil desperdiça em torno de 56% do cimento, 44% da areia, 30% do gesso, 27% dos condutores e 15% dos tubos de PVC e eletrodutos, considerando perdas físicas (diferença entre a quantidade de material prevista em orçamento e o efetivamente usado na obra) (PIRES; CARVALHO JUNIOR, 2008).

Quanto ao crescimento das construções feitas no Brasil, a pesquisa divulgada pelo Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais informa que a construção civil cresceu



74,25% nos últimos 20 anos, representando o desempenho da construção entre 1994 e 2013, sendo o avanço médio anual de 2,82% (AMORIM, 2014).

Essas informações indicam que a construção civil em crescimento se torna também um problema ambiental se medidas não forem tomadas, como reciclagem e reutilização dos materiais para as construções.

A produção de argamassa, por exemplo, está tornando a areia e outros agregados escassos. Em relação à madeira que a construção consome, a maioria das florestas não são remanejadas adequadamente, sem falar das matérias primas escassas como cobre e o zinco, que possuem reservas para 60 anos (BRASIL, 2009a).

São necessárias soluções rápidas e eficazes perante o impacto ambiental, social e econômico gerados com todo esse entulho produzido e descartado, na maioria das vezes inadequadamente e sem reaproveitamento. Exigem-se soluções, programas que visem a minimização desses impactos com esforços em conjunto por parte da sociedade, poderes públicos, setor industrial e setor da construção civil.

Os impactos ambientais são importantes e variados (CBCS, 2013) tais como:

- a construção e a manutenção da infraestrutura do país consomem até 75% dos recursos naturais extraídos, sendo a cadeia produtiva do setor a maior consumidora destes recursos da economia;
- a quantidade de resíduos de construção e de demolição é estimada em torno de 450 kg/hab. ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano, impactando o ambiente urbano e as finanças municipais;
- os canteiros de obras são geradores de poeira e de ruído e causam erosões que prejudicam os sistemas de drenagem;
- a construção leva à diminuição da permeabilidade do solo, mudando o regime de drenagem, ocasionando enchentes e reduzindo as reservas de água subterrânea;
- a utilização de madeira extraída ilegalmente, além de comprometer a sustentabilidade das florestas, representa séria ameaça ao equilíbrio do seu ecossistema;
- a cadeia produtiva da construção contribui para a poluição, na liberação de gases do efeito estufa, como CO<sub>2</sub>, durante a queima de combustíveis fósseis; para a descarbonatação de calcário e a liberação de compostos orgânicos voláteis utilizados em tintas, vernizes e resinas, que afetam também os usuários dos edifícios no início da ocupação destes;
- a operação de edifícios no Brasil é responsável por cerca de 18% do consumo total

de energia do país e por cerca de 50% do consumo de energia elétrica;

- os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, sendo boa parte desperdiçada.

Vários são os materiais necessários para uma construção. A seguir serão apresentados alguns dos mais utilizados, apresentando suas origens e o impacto ambiental destes para o planeta Terra.

## 1.1 Areia

A produção de areia é um setor básico na cadeia da indústria da construção civil; tem faturamento importante e gera muitos empregos. A atividade econômica de produção de areia caracteriza-se por grandes volumes produzidos. O transporte responde por cerca de 2/3 do preço final dos produtos, o que impõe a necessidade de produzi-los o mais próximo possível do mercado, que são os aglomerados urbanos (BRASIL, 2009 a).

São 40 bilhões de toneladas de areia e cascalho que desaparecem do ambiente natural por ano, segundo estimativa conservadora de um relatório publicado em 2015, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). O Brasil, junto de outros quatro países (China, Índia, EUA e Turquia), está entre os principais produtores de cimento do mundo (70%) e, conseqüentemente, entre os grandes mineradores de areia, já que 80% dela se destinam a obras (MILHORANCE, 2015).

No Marrocos, metade da areia (15 milhões de toneladas ao ano) vem da mineração ilegal, o que transformou uma grande praia num cenário rochoso entre Safi e Essaouira, área turística do país. Organizações criminosas também roubam areia de praias da Indonésia, Camboja e Malásia e levam o material para Cingapura, o que ficou conhecido como o “fornecimento da meia-noite”, em alusão ao horário da extração. Cingapura vive um rápido crescimento e precisou trazer de fora 517 milhões de toneladas de areia nos últimos 20 anos, tornando-se o maior importador, com consumo de 5,4 toneladas por habitante. A prática levou ao desaparecimento de, pelo menos, 24 ilhas indonésias. As estatísticas sequer incluem a mineração ilegal (MILHORANCE, 2015).

A areia é extraída de leito de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. No Brasil, 70% da areia são produzidos em leito de rios. No Estado de São Paulo, a relação é diferente: 45% da areia produzida são provenientes de várzeas; 35%, de leito de rios, e o restante, de outras fontes (BRASIL, 2009a).

As restrições ambientais à utilização de várzeas e de leitos de rios para extração de areia criam sérios problemas para as lavras em operação. Em consequência, novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos locais de consumo, encarecendo o preço final dos produtos.

A Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, “importa” grande parte da areia consumida, boa parte de locais que ficam a mais de 100 km, o que encarece o produto e onera o consumidor, inclusive o poder público, um dos principais consumidores deste tipo de produto para as suas obras de infraestrutura (BRASIL, 2009a).

## 1.2 Aço - Ferro

No Brasil, as maiores empresas produtoras do minério são a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), sendo que o estado que mais produz é Minas Gerais, com 67% da produção (cerca de 263 milhões de toneladas), seguido pelo estado do Pará, com 29,3%, sendo que, neste, o ferro é extraído principalmente da hematita (cerca de 60% de ferro) e, em Minas, predominantemente do itabirito (cerca de 50% de ferro) (IBRAM, 2010).

O Brasil é o maior produtor mundial de minério de ferro, mas apenas o oitavo maior produtor de aço. Essa diferença se deve ao pequeno uso do aço no dia-a-dia do brasileiro, quando comparado com a sua utilização nos Estados Unidos e nos países da Europa. Reverter essa diferença, mesmo com atraso de alguns anos, é um caminho que o país começou a trilhar não faz muito tempo (CSN, 2014).

De acordo com a Companhia Siderúrgica Nacional (2014), a construção em aço proporciona menores prazos. É possível, por exemplo, trabalhar na fundação e, ao mesmo tempo, fabricar a estrutura. Além disso, a montagem ocorre de maneira organizada e rápida.

A estrutura metálica se adapta com facilidade a outros materiais, o que permite uma variada utilização de produtos no fechamento, na cobertura e no acabamento da obra. As estruturas metálicas têm um potencial de reciclabilidade acima de 90%.

A construção em aço permite uma maior organização no canteiro de obras e melhor utilização do espaço disponível para a obra, evitando depósito desnecessário de material de construção e de entulho. Uma obra feita por meio de materiais metálicos é sempre uma obra limpa, garantindo melhor segurança e menor risco de acidentes de trabalho.

A utilização do aço na construção permite uma fácil adaptação no caso de reformas e de ampliações. No projeto, proporciona também maior flexibilidade para a obtenção de

espaços internos mais amplos como, por exemplo, no caso de garagens (CSN, 2014).

### 1.3 Cimento

Cimento é uma palavra originada do latim *caementu*, que significa, pedra proveniente de rochedos. A história do cimento atual se deu pelas mãos do construtor inglês Joseph Aspdin, com suas experiências envolvendo processos de mistura, de queima e de moagem de argila e pó de pedra calcária retirado das ruas. Neste desenvolvimento, Aspdin conseguiu um material pulverulento, no qual ele misturava uma certa quantidade de água, produzindo uma argamassa. Depois, deixava-a secar, conseguindo um material de dureza parecida com as pedras utilizadas nas edificações. Por fim, o construtor patenteou este pó em 1824, com o nome de cimento Portland, devido às semelhanças de seu produto final com as rochas que eram extraídas nesta pequena península inglesa (GALHARDO, 2014).

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminicatos complexos, que, ao serem misturados com a água, hidratam-se, formando uma massa gelatinosa, finamente cristalina, também conhecida como “gel”. Esta massa, após contínuo processo de cristalização, endurece, oferecendo, então, elevada resistência mecânica (GALHARDO, 2014).

A produção mundial de cimento é responsável por 7% das emissões globais de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (PICCOLI et al., 2010).

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2016), a atividade da construção civil foi 7,6% menor em 2015 com relação a 2014 e, na indústria do cimento, não poderia ser diferente, com retração de 9,5% no consumo do insumo, totalizando 65 milhões de toneladas, ou seja, retornou-se ao nível de consumo em 2011. A restrição dos gastos públicos em construção e o aumento da taxa de juros levaram a cadeia da construção para uma recessão profunda, que inviabiliza a tomada de empréstimos para o financiamento de investimentos.

Grandes obras emblemáticas e isoladas impactam pouco no consumo de cimento. A construção de uma grande hidrelétrica consome entre 600 e 700 mil toneladas de cimento durante toda sua obra (cerca de 5 anos), ou seja, representa, por ano, cerca de 0,2% do consumo de 71 milhões de 2014. Para construir um estádio de futebol, é necessário, em média, de 20 a 25 mil toneladas de cimento ao longo de 2 anos, uma participação muito pequena se comparado com o total de cimento consumido em um ano (SNIC, 2016).

Segundo as informações da Empresa Votorantim Cimentos, o cimento é fabricado de acordo com a Figura 1, a seguir.



Figura 1- Fabricação cimento  
Fonte: Empresa Votorantim Cimentos (2012, p.1).

De acordo com a Figura 1 é possível apresentar a explicação de acordo com a numeração apresentada na figura:

- 1: o processo de fabricação do cimento começa com a mineração do calcário, principal matéria-prima do cimento. O material é extraído das minas e armazenado no pátio de pré-homogeneização. Nesta fase são recolhidas as primeiras amostras para serem analisadas no Laboratório de Qualidade. A composição química do calcário é traçado (teores de cálcio, silício, ferro e alumínio);
- 2: no moinho de farinha ou cru, o calcário é moído com argila e aditivos específicos (tais como minérios ferrosos, alumínio ou materiais substitutos coprocessados). A argila é um produto rico em sílica, ferro e alumínio, elementos essenciais para a qualidade do cimento. O produto final é formado por grãos muito finos; daí o nome farinha ou cru. Um filtro instalado no moinho evita que haja a emissão de pó para a atmosfera. A farinha é estocada em silos especiais até ser enviada ao forno rotativo;
- 3: antes de ser inserida no forno rotativo, a farinha passa pela torre de ciclone para que seja aquecida através dos gases quentes originados pelo forno, que se encontra logo abaixo. Quando a farinha chega ao forno rotativo já está com temperatura em torno

de 900°C, ajudando a reduzir o consumo de energia. No interior do forno, a temperatura chega a 1.450°C, produzindo o clínquer;






- 4: para finalizar o processo de produção do clínquer, o material é resfriado no resfriador e a temperatura reduzida para menos de 200°C. Um filtro está instalado na saída do equipamento, liberando o ar de resfriamento para a atmosfera sem poluentes. Uma nova coleta de amostras é realizada para os ensaios químicos do Laboratório de Controle de Qualidade. O clínquer é transportado para as moegas, onde ficam armazenadas as outras matérias-primas que compõem o cimento: gesso, calcário e pozolana ou escória. Dependendo da porcentagem de cada produto, obtém-se uma especificação de cimento;
- 5: a mistura segue para o moinho de cimento, onde todos os componentes são moídos até atingirem a granulometria ideal, resultando em cimento de alta qualidade;
- 6: após sua moagem, o cimento é estocado em silos até ser ensacado e comercializado.

#### **1.4 Brita**

Há dois grupos distintos de produtores de brita. O primeiro é constituído de produtores que têm como fim produzir brita e vender os produtos da britagem; o segundo, ligados a empresas de construção civil, além de produzir e vender brita, destina-a também para obras próprias ou empreitadas, sendo, muitas vezes, produtores também de concreto, asfalto e produtos de cimento (BRASIL, 2009 b).

A brita pode ser classificada em vários tipos, como pode ser observado no quadro a seguir:

Quadro 1- Classificação das britas

<b>Faixa Granulométrica</b>	<b>Denominação Aplicação</b>	<b>Imagem</b>
0 a 3mm	Pó de Pedra - para colchão de pavimentos rígidos e flexíveis, fábricas de blocos, manilhas e na confecção de pré-fabricados.	
3 a 6mm	Pedrisco – Brita 00 - para colchão de pavimentos rígidos e flexíveis, fábricas de blocos, manilhas e na confecção de pré-fabricados.	
6 a 8mm	Brita 0 - Fábrica de bloco, usinas de asfalto e de concreto e lajes pré-fabricadas.	
9,5 mm a 12 mm	Brita 1 - Fabricação de concreto para qualquer tipo de edificação de colunas, vigas e laje.	
12 a 14.5mm	Brita “zerão” - Brita especial aplicada, principalmente, em lajes pré-fabricadas onde normalmente a brita 0 é pequena e a brita 1 é grande	

Fonte: Sahara (2016)

A extração de rocha para brita observa as mesmas características da extração de qualquer rocha dura a céu aberto, com extração em bancadas, consistindo-se de operações unitárias de limpeza e decapeamento, de perfuração e de desmonte por explosivos, carregamento e transporte, e britagem (BRASIL, 2009 b).

Alguns materiais utilizados na construção civil são provenientes da natureza e é necessário ter a preocupação de se ter limites de sua extração para não ter prejuízos para o meio ambiente. Muitos deles passam por processos industriais antes de ir para o mercado. Entre os materiais aqui apresentados, observa-se que o aço, de largo uso, tem alto índice de reciclabilidade.

## CAPÍTULO 2 – LEGISLAÇÃO E NORMAS BRASILEIRAS

### 2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (**Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**) é parte integrante da Política Nacional do Meio Ambiente e tem como finalidade reunir um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas, isoladamente ou em regime integrado com os estados, Distrito Federal, municípios e iniciativa privada, com vistas ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

Assim, é importante que as empresas e os entes da federação se antecipem no planejamento de adoção de medidas mitigadoras, para se adequarem de forma administrativa e operacional ao cumprimento do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que será desenvolvido em um prazo limite de vinte anos, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente.

Um dos grandes avanços da Política Nacional de Resíduos Sólidos é a responsabilidade compartilhada, pois trata de delegar a vários segmentos da sociedade a tarefa de executar a disposição.

O Plano Municipal de Educação Ambiental e Comunicação em Resíduos Sólidos, da prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), informa que a diretriz fundamental que direciona esse plano está voltada para a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme figura a seguir.



Figura 2- Plano Municipal de Resíduos Sólidos, município São Paulo  
Fonte: São Paulo (2012).



## 2.2 Normas da ABNT

A classificação dos resíduos sólidos pela NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004<sup>a</sup>) está relacionada com a atividade que lhes deu origem e com seus constituintes. Desta forma, os resíduos sólidos são classificados em:

A) Resíduos classe I

- Perigosos;

B) Resíduos classe II

- Não perigosos;
- resíduos classe II A – Não inertes;
- resíduos classe II B – Inertes.

No quadro, a seguir, estão apresentadas as classes, demonstrando se os materiais são ou não recicláveis e a destinação correta.

Quadro 2- Classificação dos materiais

Classes	Recicláveis ou não	Materiais	Destinação
Classe A	Reutilizáveis e recicláveis como agregados	Alvenaria, concreto, argamassa, solos, blocos, tubos, telhas, outros	Deverão ser reutilizadas ou recicladas na forma de agregados ou encaminhado a áreas de aterro de resíduos de construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Recicláveis para outras destinações	Madeira, papel, plástico. Metal, outros	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Sem tecnologia ou utilizações economicamente viáveis para reutilização e/ou reciclagem	Produtos oriundos do gesso	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Resíduos perigosos	Tintas, óleos, solventes, amianto, etc.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Paes Junior (2011).

Usualmente os resíduos da construção civil estão enquadrados na classe II B, composta pelos resíduos que

[...] submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente [...], não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. (PAES JUNIOR, 2011, p 27).

Entretanto, a presença de tintas, de solventes, de óleos e de outros derivados pode mudar a classificação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para classe I ou classe II A.

Uma classificação mais adequada é a dada pela Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual classifica os resíduos da construção civil em 4 classes: (A, B, C, D).

Já a resolução 348, de 16 de agosto de 2004, e a Resolução 431, de 24 de maio de 2011, modificaram a classificação da Resolução 307, inserindo o amianto como material perigoso (classe D) e mudando a classificação do gesso, de Classe C para a Classe B, respectivamente.

No que diz respeito às definições oficiais, o decreto 307 do CONAMA e a Lei 12.305/2010 Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são as principais referências. No entanto, além destas, existem as recomendações técnicas, que orientam os profissionais. As principais delas, tratando-se de resíduos de construção civil, são mostradas no Quadro 3, apresentada a seguir:

Quadro 3- Normas Técnicas Relativas Reciclagem de Resíduos Sólidos Construção Civil

<b>NORMAS TÉCNICAS RELATIVAS RECICLAGEM DE RCD</b>		
<b>Norma</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>
NBR 15112/2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
NBR 15113/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de RCC classe A e de resíduos inertes; visa a preservação de materiais de forma segregada, possibilitando uso futuro ou, ainda, disposição destes materiais com vistas à futura utilização da área; vista também a proteção das coleções hídricas superficiais ou subterrâneas próximas, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.
NBR 15114/2004	Resíduos sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação.	Fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de área de reciclagem de RCC classe A; se aplica na reciclagem de materiais já triados para a produção de agregados com características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificações, de forma segura, sem comprometimento das questões ambientais, das condições de trabalho dos operadores dessas instalações e da qualidade de vida das populações vizinhas.
NBR 15115/2004	Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos	Estabelece critérios para execução de camadas de reforço de subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de RCC, denominado “agregado reciclado” em obras de pavimentação.
NBR 15116/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos	Estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de RCC e destinam-se a obras de pavimentação viária e preparo de concreto sem função estrutural.

Fonte: Nascimento et al (2015).

No capítulo anterior, foram apresentados alguns materiais utilizados na construção civil; os resíduos de muitos deles podem ser reaproveitados desde que sigam determinados critérios. Por isso, como apresentados neste capítulo, é preciso ter conhecimento de suas classificações e destinos diferentes de resíduos para não causar impactos em várias áreas ambientais, pois estes podem ser reaproveitados ou não, como apresentado no capítulo seguinte.

## **CAPÍTULO 3 – RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

A construção civil representa um dos setores que mais cresceu nos últimos anos. No entanto, é um dos setores que mais gera resíduos, resultados de atividades de construção, reforma reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos. Resíduos são tijolos, blocos, cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (AMADEI et al., 2011).

Na maioria das vezes, esses resíduos são vistos como entulhos e descartados em terrenos baldios ou aterros sem nenhum aproveitamento, comprometendo, assim, o meio ambiente e o setor da construção civil.

Com o desenvolvimento acelerado, a tendência é consumir uma elevada quantidade de material e, com isso, o resultado é gerar uma grande quantidade de resíduos. Esse resíduo é um grave problema por causar impacto em diversas áreas ambientais, ocupação de áreas naturais em baixadas, terrenos desocupados e fundos de vale, obstrução de rios e córregos que fazem a drenagem superficial das águas. Na área social, há uma classe de gestores e de coletores, sejam grandes ou pequenos, responsáveis pelo resíduo de construção e de demolição, mas, em geral, não possuem o conhecimento técnico necessário para a preservação sanitária e ambiental. Na área sanitária, esses resíduos desenvolvem vetores que causam efeito ao saneamento local; já no aspecto visual, com uma paisagem comprometida e, no aspecto econômico, com altos custos para retirar esses resíduos (AMADEI et al., 2011).

### **3.1 Canteiro de Obras**

Para Angulo et al. (2011), as empresas privadas de construção, que são grandes geradoras de resíduos, devem desenvolver projetos de gerenciamento específicos como, por exemplo, triagem em canteiros de obras, incluindo o uso de transportadores cadastrados e de áreas licenciadas para manejo e para reciclagem.

Segundo Faria (2006), nos últimos anos, as pesquisas realizadas com enfoque em redução de perdas de materiais nos canteiros apresentaram um grande salto qualitativo. Recentemente um projeto foi realizado em parceria entre a Escola Politécnica da USP e

Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON – SP) reunindo algumas empresas, que realizaram em seus canteiros estudos sobre os materiais que apresentavam perdas mais significativas, física ou financeiramente.

Faria (2006) informa que foi organizado um grande estudo, envolvendo 16 universidades brasileiras, feita com estudantes de engenharia civil e 100 canteiros de obras, para traçar um diagnóstico preciso das principais causas de perdas de materiais nas obras.

De acordo com as informações da Escola Politécnica, "em massa, o desperdício chegava a índices relevantes de até 28%", como afirma o professor citado acrescentando que "Financeiramente, porém, o valor chegava a apenas 5%." (FARIA, 2006). Ele frisa uma diferença conceitual, que foi bastante trabalhada entre os participantes do Gesconmat: perda é a diferença entre a quantidade de material teoricamente necessário e a de fato utilizada. As perdas possuem uma fração evitável - desperdício, furtos, manuseio impróprio - e uma fração inevitável - inerente ao nível tecnológico vigente que inclui perdas incorporadas, sobras de materiais, entre outros.

A seguir estão apresentados os dados colhidos da já citada pesquisa de Faria (2006) quanto a diagnósticos, ações corretivas e resultados.

### 3.1.1 Argamassa

Quanto à argamassa, foram colhidos dados da construção do Edifício Rio Tapajós, feita pela empresa SincoEngenharia, a saber:

- Diagnósticos: a construtora identificou perdas significativas no recebimento da areia e em seu transporte até a betoneira. Outro momento em que ocorriam perdas significativas era durante a retirada de cal, no estoque, para a produção da argamassa. Muitas vezes era necessário abrir novos sacos e utilizar apenas metade do conteúdo. Na aplicação da argamassa, as perdas ocorriam, sobretudo, durante o sarrafeamento da parede.
- Ações: para o descarregamento da areia, destinou-se uma baía fechada para a entrada do caminhão. Assim, evitava-se a perda durante o esparramamento da areia. No mesmo local, a areia já era ensacada e transportada ao local de armazenamento. A construtora também negociou com a fornecedora de cal para que o material fosse entregue em sacos menores, de 15 kg, medida ideal para mistura na betoneira. Para evitar a perda durante a aplicação, foi colocado um anteparo sob o local de aplicação. A argamassa que ali caía era reaproveitada nas aplicações:

- Resultados: as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram 17%. As perdas após as ações foram corretivas de 8,7%; sendo assim, a empresa teve uma redução de 50%.

### 3.1.2 Contrapiso

Da obra do Condomínio Palazzo de Luca, feito pela empresa Souen&Nahas Construtora e Incorporadora, foram colhidos os seguintes dados:

- Diagnósticos: anteriormente, a construtora executava as lajes já com acabamento final (laje zero). No entanto, essa opção se mostrava desvantajosa, visto que comumente exigia retrabalho e reparos gerais ou localizados, para corrigir falhas e imperfeições. A construtora partiu, então, para a execução de laje com contra piso. Sua execução era feita de forma uniforme, em todo o pavimento. No entanto, os desníveis localizados em regiões específicas das lajes acarretavam a aplicação de camadas grossas de argamassa em toda a laje, gerando perda incorporada.
- Ações corretivas: após o treinamento das equipes da empreiteira, desenvolveu-se um projeto executivo de contrapiso. Com isso, o serviço era dividido e realizado em setores do pavimento - um apartamento por vez e, dentro de cada apartamento, um cômodo por vez. Com isso, as irregularidades localizadas eram corrigidas sem desperdício, e eventuais desníveis entre os cômodos eram recuperados na execução do revestimento dos pisos. Intensificou-se também o controle dos materiais que subiam para os executores do contra piso.
- Resultados finais: demonstraram que os consumos antes dos diagnósticos da construtora não têm dados, mas os consumos após as ações corretivas foram 20 L/m<sup>2</sup>.

### 3.1.3. Concreto armado

Quanto à argamassa, foram colhidos dados da construção do Residencial Evidence feita pela empresa Marques Construtora, como apresentados a seguir:

- Diagnósticos: a construtora, que só usa concreto usinado bombeado para as lajes, constatou que a maior parte das perdas se dava no próprio sistema de bombeamento. A cada concretagem dos pavimentos-tipo, a construtora notou que sobrava no sistema (tubos e no caminhão) cerca de 1m<sup>3</sup> de concreto - ou 1/8 da capacidade do veículo - que acabava sendo devolvido ao fornecedor. Além disso, notou-se certa

perda incorporada à estrutura.

- Ações corretivas: a cada concretagem dos pavimentos, a construtora realizava reuniões com o fornecedor de concreto para fazer o acompanhamento das perdas. Trechos de cortina também eram preparados para que a concretagem fosse feita no mesmo dia da estrutura, reaproveitando o material que sobrava no sistema. Foi feito, ainda, um acompanhamento mais intensivo das espessuras do concreto fresco adensado, visando a minimização das perdas incorporadas à estrutura.
- Resultados: as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram de 5%. As perdas após as ações foram corretivas de 3%; sendo assim, a empresa teve uma redução de 40% de resíduos.

#### 3.1.4. Radier

Da obra do Condomínio Magnólia Gardens/Flora Park, feito pela empresa DP Engenharia, foram colhidos os seguintes dados:

- Diagnósticos: na execução do radier, em um condomínio de 136 casas, os engenheiros da DP Engenharia notaram diferenças entre as dimensões das valas escavadas e do projeto de fôrmas. Aliado a isso, havia uma forte desagregação do terreno, causando aumento do volume da vala. Esses aspectos geravam altos índices de perda incorporada de concreto ao radier. Fora desse sistema, identificou-se também certa quantidade de perda durante o transporte do concreto do caminhão à vala.
- Ações corretivas: para combater a desagregação do solo, os engenheiros utilizaram uma mistura de cimento e pó de pedra, que ocupava o espaço que seria preenchido por concreto. Além disso, elaboraram-se procedimentos de escavação mais precisos, com redução de erros dimensionais. Para evitar perdas durante o transporte, facilitou-se o acesso dos caminhões-betoneira ao local de concretagem.
- Resultados: as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram de 23%. As perdas após as ações corretivas foram de 6,3%; sendo assim, a empresa obteve uma redução de 72%.

### 3.1.5. Blocos de concreto

Da construção no Condomínio Costa do Sol, feita pela empresa Fortenge, foram colhidos os seguintes dados apresentados na sequência.

- **Diagnósticos:** entre os principais diagnósticos apontados pela Fortenge, estava a falta de cuidados no descarregamento manual e no empilhamento dos blocos. O tamanho do palete era um entrave para o transporte até a laje, pois a grua não suportava o peso do material. Os espaços destinados ao armazenamento nos pavimentos eram menores que a base do paleta. Com isso, o transporte até o pavimento deveria ser feito manualmente, aumentando os riscos de quebra pelo manuseio.
- **Ações corretivas:** a construtora negociou com a fornecedora para trazer à obra paletes menores e, conseqüentemente, mais leves, permitindo o transporte direto, via grua. Nos casos em que a grua não fosse utilizada, determinou-se o uso de carrinhos paleteiros. Aliado a essas medidas, houve um programa de treinamento e de conscientização dos funcionários.
- **Resultados:** as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram de 2,9%. As perdas após as ações foram corretivas de 1,8%; sendo assim, a empresa obteve uma redução de 38% .

### 3.1.6. Gesso acartonado

Na construção do Condomínio Residencial Maxim's, feito pela empresa Lúcio Engenharia, foram obtidos os seguintes dados:

- **Diagnósticos:** as principais perdas estavam relacionadas com o projeto executivo das paredes de gesso acartonado. Os engenheiros perceberam também erros de especificação: as placas fornecidas em tamanho padrão eram menores do que o pé-direito onde seriam instaladas. Isso gerava desperdício de material durante a execução das emendas. O armazenamento disperso do material nos andares dificultava o controle, aumentando a probabilidade de danificação dos materiais.
- **Ações corretivas:** foi solicitado aos fornecedores que as placas de gesso acartonado e os perfis metálicos fossem produzidos sob medida, para que não houvesse a execução de emendas horizontais nas paredes. Em parceria estabelecida com fornecedor e instalador, a construtora também elaborou um projeto executivo de drywall e um minucioso estudo de reutilização das sobras. Foi feita uma classificação



das peças que sobraram e posterior utilização em travamento de paredes de dupla estrutura, reforços de aberturas de vãos de “*shafts*” e, principalmente, como fechamento acústico sobre paredes em lajes nervuradas. Houve, ainda, um trabalho de conscientização dos funcionários com relação ao manuseio do material, aliado a uma mudança no armazenamento dos materiais, que, dentro do possível, eram armazenados concentrados em um único local.

- Resultados: as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram 9%. As perdas após as ações foram corretivas de 1%; sendo assim, a empresa obteve uma redução de 89%.

### 3.1.7 Placas cerâmicas

A empresa Tarjab foi responsável pela construção do Condomínio Edifício Thamires, da qual foram selecionados os seguintes dados:

- Diagnósticos: as perdas mais significativas ocorrem durante o corte das placas cerâmicas. Notou-se que muitos dos cortes nas peças aconteciam em razão do projeto do ambiente. Esses ambientes, irregulares, eram muitas vezes incompatíveis com o tamanho e o formato das peças, exigindo muitos recortes. O tamanho das placas em cada ambiente também influenciava a quantidade de material consumido: quanto maiores as peças, mais recortes eram necessários e mais perdas ocorriam. A falta de paginação das paredes também não favorecia o controle mais eficiente do número de placas utilizadas em cada cômodo. A utilização de ferramentas inadequadas para cada tipo de corte também foi apontada como um fator de sensível perda de placas cerâmicas.
- Ações corretivas: depois da obra piloto, cujo projeto de revestimento já estava pronto, os projetos dos ambientes eram concebidos de forma que suas dimensões casassem com as dimensões das placas cerâmicas. Para ambientes pequenos, as placas especificadas eram menores. Com a paginação das paredes, havia a possibilidade de determinar as regiões das placas que seriam cortadas, e onde as sobras poderiam ser reaproveitadas. Em alguns cortes, foi utilizada uma esquadrejadeira no lugar da serra mármore.
- Resultados: as perdas encontradas antes dos diagnósticos foram 11,76%. As perdas após as ações foram corretivas de 5,72%; sendo assim, a empresa conseguiu uma redução de 51%.

Na apresentação dos diversos materiais de construção utilizados em diferentes construções, pôde-se perceber que havia perdas; feita uma triagem das causas que as geravam, foram propostas ações corretivas que levaram a uma redução considerável de desperdícios até de 89% no caso de gesso acartonado.

Além disso, a organização, a limpeza e a segregação de resíduos estão diretamente relacionadas com a questão de perdas, tanto de materiais, quanto de mão-de-obra. Ao se promover uma adequada limpeza e segregação dos resíduos, consegue-se reduzir enormemente os índices de perda no canteiro, pois, segundo FIBE (2010):

- o canteiro de obra fica mais limpo e organizado;
- evita-se a mistura entre os insumos e os resíduos, pois este serão triados, evitando que materiais novos sejam descartados como resíduo;
- haverá a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos antes do descarte;
- todos os resíduos a serem descartados serão quantificados e qualificados, o que poderá colaborar na identificação de possíveis focos de desperdício.

Outro ponto importante no tocante à limpeza do canteiro é a diminuição da incidência de acidentes de trabalho proporcionada por um local de trabalho mais seguro. Vale salientar também que um ambiente de trabalho mais limpo e organizado aumenta a satisfação dos colaboradores, promovendo ganhos também para a empresa.

Já com relação à segregação, esta deve acontecer imediatamente após a geração do resíduo, ainda na origem, para evitar a mistura e a contaminação destes (FIBE, 2010).

Como visto no item anterior, a Resolução 307 do CONAMA informa que os geradores devem ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos, o que favorece sensivelmente a limpeza do canteiro de obras. Com relação a isso, Pinto e Gonzalez (2005-) salienta que utilização de projetos e sistemas construtivos racionalizados, além das práticas de gestão da qualidade já consolidadas, podem propiciar enormes contribuições para a redução do volume de resíduos gerados.

A forma como os materiais são estocados no canteiro de obras e como acontece o fluxo destes materiais pode favorecer a redução de perdas, ou aumentá-la significativamente.

### **3.2 Modelo de classificação e separação dos resíduos nos canteiros de obras**

Segundo as informações do CONAMA (JUNIOR, 2005), a implantação da coleta

seletiva dos resíduos deverá ser feita de acordo com os passos descritos a seguir:

- 1º passo: consiste no planejamento das ações a serem efetivadas e onde serão implantadas, a fim de se direcionar os esforços para o atingimento das metas;
- 2º passo: consiste na mobilização da pessoa a ser feita por meio de palestras, para chefia da obra, funcionários e outros colaboradores; complementarmente, por afixação de cartazes, por mensagens em contracheques e por outros meios apropriados;
- 3º passo: consiste na característica dos Resíduos Sólidos da Construção Civil gerados nas principais fases da obra, sendo variável durante sua execução;
- 4º passo: consiste na avaliação da viabilidade do uso dos componentes do entulho. Os resíduos Classe A poderiam ser utilizados, após moagem, na própria obra ou como agregado em sub-base de estrada, sub-base de pisos/calçadas, confecção de tijolos e de bloquetes para piso inter-travados. Os de Classe B e D irão voltar ao ciclo de produção, ou seja, serão reciclados. Quanto aos de Classe C, ainda não há uma solução econômica para reutilização;
- 5º passo: desenvolver todo processo e providenciar acordos, contratos, licenças, autorizações e demais documentos que permitam a utilização do RCC. Tais documentos se fazem necessários para o controle do que sai da obra e se o seu destino está sendo respeitado;
- 6º passo: desenvolver e documentar os procedimentos adotados para seleção, acondicionamento, despacho e retirada RCC da obra;
- 7º passo: estabelecer a logística do transporte para retirada dos resíduos selecionados. Esta medida tem como objetivo principal a retirada dos resíduos, evitando o acúmulo destes no canteiro de obra, o que pode desestimular a coleta seletiva;
- 8º passo: capacitar todos os envolvidos, por meio de treinamento geral, realizado com todos os funcionários para que destinem o resíduo para o recipiente apropriado, e treinamento específico para os funcionários que irão efetuar a remoção dos Resíduos da Construção Civil dos recipientes para as baias. Além disso, é preciso promover para os demais materiais uma coleta simples sem segregação e enviá-los para transbordo apropriado.

É preciso providenciar recipientes para acondicionamento dos materiais a serem segregados. Para isso, em cada pavimento devem-se ter recipientes para coleta seletiva. Estes recipientes são identificados conforme o material a ser selecionado. No andar térreo ter-se-ão

baias para acumular os resíduos coletados. A normalização do padrão de cores para os resíduos é dada pela Resolução CONAMA nº 275 de 19 de junho de 2001, no Art. “Estabelecer o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva” (Figura 3)



Figura 3- Padrão cores para coleta seletiva  
Fonte: <http://www.reciclaambientalsc.com.br/>

### 3.3 Destinação dos Resíduos Sólidos na Construção Civil

O Art. 10, da Resolução 307 do CONAMA, indica que os resíduos sólidos de construção civil e demolição de Classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados. Em último caso, podem ser encaminhados para áreas de aterro desses resíduos. Contudo, quanto aos resíduos das Classes B, C e D, a Resolução não especifica formas de reciclagem ou de reutilização para cada tipo de resíduo; apenas indica que devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Assim, a seguir estão dispostas algumas sugestões para a destinação final de

componentes de obras, segundo orientação de Cabral e Moreira (2011, p.30,31)

- O entulho de concreto, não passado por beneficiamento, tem como ser utilizado na construção de estradas ou como material de aterro em áreas baixas. Ser passar por britagem e posterior separação em agregados de diferentes tamanhos, tem como ser utilizado como agregado para produção de concreto asfáltico, de sub-bases de rodovias e de concreto com agregados reciclados; artefatos de concreto, como meio-fio, blocos de vedação, briquetes, etc.;

- A madeira poderá ser reutilizada desde que não apresente sujidade. Caso não esteja reaproveitável na obra, pode ser triturada e usada na fabricação de papel e papelão ou pode ser usada como combustível;

- O papel, papelão e plástico de embalagens, bem como o metal tem como ser doados para cooperativas de catadores;

- O vidro pode ser reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto;

- O resíduo de alvenaria, incluindo tijolos, cerâmicas e pedras, tem a sua utilização na produção de concretos, apesar de apresentar redução na resistência à compressão, e de concretos especiais, como o concreto leve com alto poder de isolamento térmico. Outra situação de utilização é como massa na fabricação de tijolos, com o aproveitamento até da sua parte fina como material de enchimento, além de poder ser queimado e transformado em cinzas com reutilização na própria construção civil;

- Os sacos de cimento passam pela logística reversa, retornando à fábrica para utilização como combustível na produção do cimento;

- O gesso pode ser reutilizado para produzir o pó de gesso novamente ou pode ser usado como corretivo de solo;

- Resíduos perigosos devem ser incinerados ou aterrados com procedimentos específicos. Alguns resíduos como os de óleos, de tintas e solventes, agentes abrasivos e baterias podem ser reciclados.

Neste capítulo, foram feitas observações quanto a resíduos sólidos de construção e de demolição quanto a uso, redução de desperdício e destinação adequada; o capítulo seguinte aborda aspectos relacionados à reciclagem.

## CAPÍTULO 4 – USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO

Estudo feito por Miranda e Brocardo (2015, p. 15) sobre a distribuição geográfica das usinas no Brasil (Figura 4) informa que "está apresentado o panorama para as 105 usinas que responderam ao questionário da pesquisa setorial", feito para a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos sólidos da Construção Civil e Demolição – ABRECON. Entretanto, os pesquisadores afirmam que "a quantidade de usinas existente é de pelo menos 310 em todo o país e que existem usinas na Região Norte (Acre, Amazonas, por exemplo), apesar de não estarem listadas" (MIRANDA; BROCARD, 2015, p. 15).

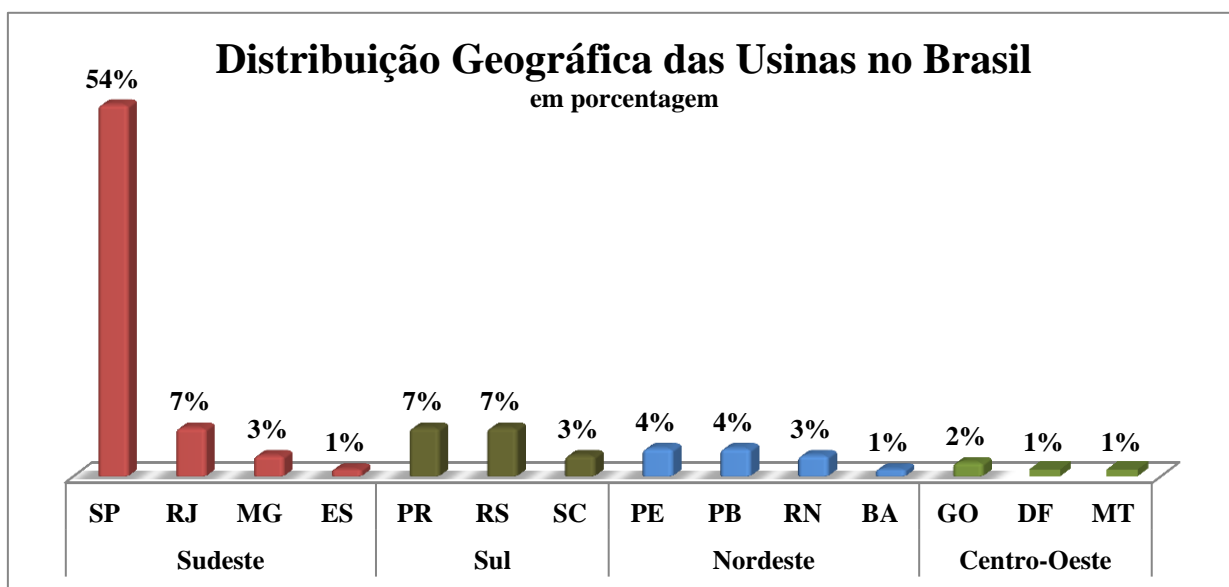


Figura 4- Distribuição geográfica das usinas no Brasil  
Fonte: adaptação de Miranda e Brocardo (2015)

O que se pode perceber com o gráfico apresentado é que a Região Sudeste possui a maior quantidade de usinas de reciclagem, 65% das pesquisadas, tendo o estado de São Paulo a maior porcentagem: 54%. A Região Sul tem 17% das usinas pesquisadas; já a Região Nordeste, com um total de 12% e a Região Centro-Oeste, com 4% da quantidade de usinas pesquisadas (MIRANDA; BROCARD, 2015).

O estado de São Paulo possui o maior número de usinas instaladas devido à maior atividade de construção civil, que gera maior número de resíduos sólidos, por possuir um preço mais elevado dos agregados naturais ou, ainda, por maior fiscalização quanto à

destinação desses resíduos (MIRANDA; ÂNGULO; CARELLI, 2009).

A pesquisa apontou que, das 105 usinas analisadas, 83% das usinas pertencem à iniciativa privada; 10%, à gestão pública e 7% são usinas público-privada (MIRANDA; ÂNGULO; CARELLI, 2009), como se pode notar na Figura 5, a seguir.

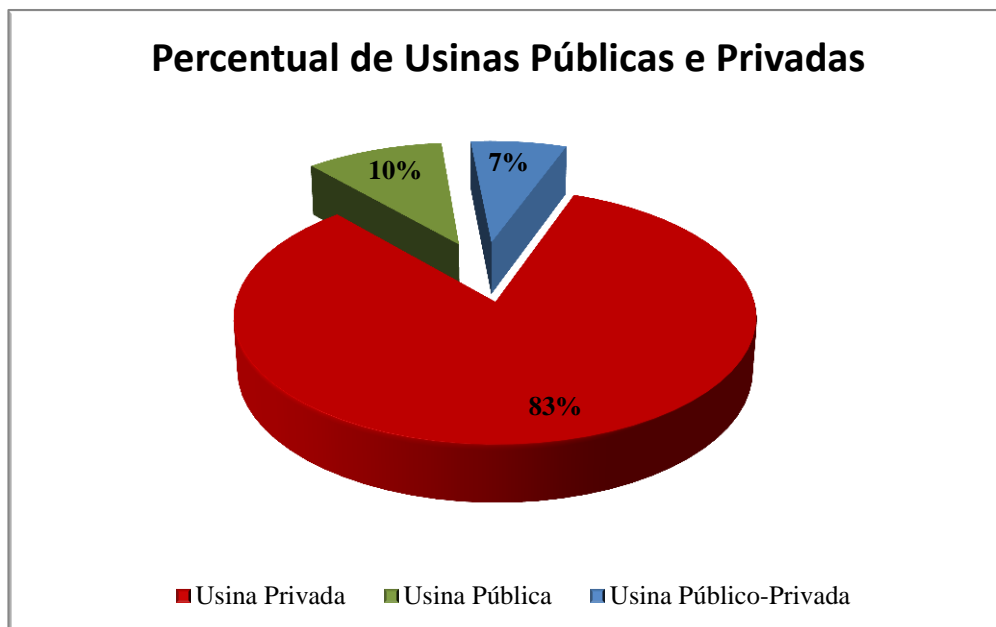


Figura 5: Percentual de usinas públicas e privadas  
Fonte: adaptação de Miranda e Brocardo (2015, p.17)

Os pesquisadores observaram que as usinas públicas, embora sejam economicamente atrativas aos municípios, frente à economia gerada em limpeza urbana e à obtenção de agregados com preços reduzidos, ainda são de difícil permanência em atividade. Este fato é consequência das dificuldades encontradas no gerenciamento e na burocracia envolvida nas verbas públicas, na dificuldade de encontrar pessoa técnica preparada para operar a usina, na demora na reposição de peças defeituosas ou desgastadas e na possível perda de interesse da administração pública, principalmente quando há mudança de gestão (MIRANDA; ÂNGULO; CARELLI, 2009).

#### 4.1 Entulho

De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2016), o entulho é o conjunto de fragmentos ou de restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, na

reforma e/ou na demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes.

O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e de fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo, por isso, maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção. O processo de reciclagem do entulho, para a obtenção de agregados, envolve basicamente a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a trituração em equipamentos apropriados.

O processo de reciclagem de entulho também está ligado a questões que vão além da sustentabilidade. Agentes do setor de construção civil têm deveres legais quando o assunto é o descarte de resíduos de uma obra e que, quando não cumpridos, não podem justificar-se pela falta de fiscalização do poder público, outro sério agravante. O mesmo ocorre com o conceito equivocado sobre os transportadores que, erroneamente e quase sempre, assumem o papel de gerenciadores de resíduos (ABRECON, 2016).

Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a dois grupos de recicláveis e um de não recicláveis, de acordo com o Quadro 4 a seguir.

Quadro 4- Tipos de entulho

<b>Grupos</b>	<b>Materiais</b>
I	Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.
II	Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.
III	Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Fonte: ABRECON (2016)

De acordo com Torres (2016, p. 1), hoje a cadeia da construção civil põe no transportador da caçamba para entulho a obrigação em conduzir e em destinar o material. “No entanto, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a resolução CONAMA nº 307/2002, a responsabilidade pelos resíduos é de seu gerador, ou seja, da construtora”. O desperdício na construção chega à marca de 30%, algo inadmissível em tempos de escassez de água e de outros recursos naturais.

Existem diversos produtos gerados durante o processo de reciclagem de entulhos de obras. Neste trabalho foi considerado que todas as britas (0,1,2, 3 e reciclada) foram incluídas no grupo de britas recicladas, apesar de possuírem aplicações diferentes (apresentadas no Capítulo1). O Quadro 5, a seguir, apresenta os produtos gerados na reciclagem e suas



principais utilizações.

Quadro 5- Produtos gerados na reciclagem e suas principais utilizações

<b>PRODUTO</b>	<b>UTILIZAÇÃO</b>
Areia	Assentamento de blocos, tubulações em geral, tanques, embolso, podendo entrar na composição de concretos e asfalto
Bica Corrida	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, blocos, intertravados lajes e acabamentos em geral
Brita 0	Intensivamente na fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 1	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 2	Também denominada pedra de lastro utilizada nas ferrovias
Brita 3	Produto destinado a obras de drenagem, como drenos sépticos e fossas
Rachão	Fabricação de muros de contenção e bases.
Brita reciclada	Em base e sub-base, pisos, pátios, galpões e estradas

Fonte: Cunha e Miceli (2013).

Assim, pode-se entender que resíduos de construção podem ser reaproveitados o que vai reduzir custos e causar menos prejuízos ao meio ambiente desde que a reutilização seja feita de forma adequada e seguindo os procedimentos recomendados.

## CAPÍTULO 5 - TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

O aparecimento dos tijolos de solo-cimento faz parte dos materiais que representam a inovação na área dos materiais de construção civil, tendo como vantagem a preservação ambiental visto que não precisam ser queimados em forno e, por isso, não são tão agressivos para o meio ambiente (TEODORO, 2011).

O tijolo solo-cimento (Figura 6) apresenta também a vantagem de poder ser feito, caso ocorra algum tipo de ocorrência no momento da fabricação; basta que os pedaços sejam triturados e destorroados para que o material obtido esteja pronto para entrar na composição dos tijolos novamente. Desta forma, o fato do sistema de alvenaria em solo-cimento gerar menos entulho que a alvenaria convencional é mais um motivo pelo qual o tijolo solo-cimento pode ser chamado de tijolo ecológico (VITULIO, 2013).



Figura 6- Processo fabricação tijolo solo-cimento  
Fonte: Vitulio (2013).

Os tijolos solo-cimento podem ser produzidos com solo do próprio local da obra; outro aspecto é a possibilidade de racionalização do processo construtivo, por meio do uso de tijolos modulares que permite a utilização das técnicas empregadas na alvenaria estrutural e, assim, proporciona redução de desperdícios e diminuição do volume de entulho gerado. Desta

forma, garantem um processo construtivo muito rápido; economia de materiais e de mão-de-obra; eliminam a necessidade de rasgos nas paredes para a passagem de tubulações visto que os tijolos possuem furos que ficam sobrepostos no assentamento e formam dutos por onde são passados os fios e as tubulações hidráulicas; reduzem o consumo de argamassas de assentamento e de regularização. Tem ainda a vantagem de oferecer conforto térmico e acústico superior ao das construções convencionais (SOUZA, 2006; SEGANTINI; ALCANTARA, 2007).

Na composição do solo-cimento, o solo é o material que entra em maior proporção, devendo ser selecionado de modo que permita o menor consumo possível de cimento. Segundo Pinto (1980 apud SOUZA et al., 2008), o solo ideal deve conter 15% de silte mais argila, 20% de areia fina, 30% de areia grossa e 35% de pedregulho, sendo que os solos arenosos bem graduados e com razoável quantidade de silte mais argila, são os mais indicados, uma vez que exigem baixo consumo de cimento. Souza et al. (2008) explicam que os resíduos de concreto, quando triturados, possuem características físicas semelhantes às de uma areia grossa, podendo ser adicionados aos solos finos visando corrigir a sua composição granulométrica, de forma a torná-los viáveis para a confecção do tijolo solo-cimento.

De acordo com Albuquerque et al. (2008), a utilização de tijolos de solo-cimento que são produzidos por meio de prensas manuais (Figura 7) demonstra vantagens quando comparado ao sistema convencional, entre as quais estão: controle de perdas, disponibilidade de abastecimento, baixo custo, durabilidade e segurança estrutural, economia de transporte, quando produzido no próprio local da obra e baixa agressividade ao meio ambiente, pois dispensa a queima.



Figura 7- Máquina manual para fabrico do tijolo solo-cimento  
Fonte: Carvalho (2014)

O tijolo ecológico pode ser assentado de várias formas; a cola PVA (cola branca comum) é uma das maneiras mais práticas e rápidas; também pode ser utilizada a argamassa de assentamento convencional ou uma mistura feita de cola, água e o próprio solo. Por ser um sistema de modular, dependendo do projeto proposto, é possível dispensar a cola entre os tijolos e utilizar somente os sistemas de encaixe deles (VITULIO, 2013).

Na Figura 8, a seguir, pode-se observar os tijolos solo-cimento encaixados e a colocação com a cola branca por cima e, assim, sucessivamente os tijolos são colados.



Figura 8- Processo de colagem dos tijolos solo-cimento  
Fonte: Carvalho, 2014

De acordo com Pinto (2015), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a intuição de estabelecer uma padronização na produção de blocos e tijolos de solo-cimento publicou as seguintes normas técnicas:

- ✓ NBR 8491 (1984) — Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação.
- ✓ NBR 8492 (1984) — Tijolo maciço de solo-cimento — Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.
- ✓ NBR 10832 (1989) — Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento.
- ✓ NBR 10833 (1989) — Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento.
- ✓ NBR 10834 (1994) — Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação.

## 5.1 Análise de dados

Com a intenção de pesquisar sobre os tijolos de solo-cimento como materiais para novas construções, o presente capítulo apresenta a análise dos estudos de casos da seleção de artigos científicos e outras fontes que tinham o tema “tijolo de solo-cimento” e relacionados a aspectos abordados neste estudo.

Quadro 6- Análise dos estudos de casos de revisão bibliográfica

AUTOR	TÍTULO
Motta et al. – 2014	Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis
Pinto – 2015	Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduos de construção civil
Souza et al. – 2008	Tijolos prensados de solo-cimentos com adição de resíduos de concreto
Segantini e Wada – 2011	Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição
Rosário e Torrescasana–2010	Tijolos de solo-cimento produzidos com resíduos de concreto

Motta et al. (2014) informam que o tijolo ecológico, também chamado tijolo-cimento, é uma alternativa para suprir uma carência habitacional devido ao baixo custo da construção, uma vez que busca valorizar os materiais naturais. Além das facilidades na linha de produção, é um produto de encaixe que dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura, o que garante mais agilidade ao longo da construção.

Pinto (2015) estudou a viabilidade da confecção de tijolos vazados de solo-cimento, com substituição parcial do solo, em diferentes proporções, por resíduos de construção civil (RCC), verificando suas principais características físicas e mecânicas. O RCC foi retirado no campus da Universidade Federal de Santa Maria e de acordo com o autor, o resíduo é constituído, em sua grande maioria, da argamassa usada no chapisco, emboço e reboco das paredes de alvenaria; portanto não contém cerâmica. Este resíduo tem sua origem na limpeza das lajes para a execução do contrapiso; por isso, apenas contém resíduos da fase do reboco da obra, fase essa anterior à fase do contrapiso. O material resultante da mistura homogênea de solo, cimento Portland e água, em proporções adequadas, possui boa resistência à compressão, à baixa impermeabilidade e à boa durabilidade. O cimento adicionado deve ser somente o suficiente para estabilizar o solo e lhe conferir as propriedades necessárias.

Portanto, os tijolos e os blocos de solo-cimento são blocos fabricados com esta mistura. O produto resultante é de baixo custo e pode ser produzido por mão de obra não qualificada. Uma grande vantagem dos tijolos de solo-cimento é a possibilidade de adição de outros materiais à sua mistura, em especial material de descarte, que também é um fator importante para o desenvolvimento sustentável.

Após a pesquisa, pôde-se constatar que a mistura entre resíduo de construção civil e solo, utilizado neste trabalho, resultou em um produto de difícil moldagem e que esta dificuldade aumentava à medida que a quantidade de RCC na mistura aumentava. Após vários experimentos com dosagens diferentes, o pesquisador observou que, dentre todas as composições, a que teve melhores resultados de resistência à compressão foi a que apresenta 33,3% de solo e 66,67% de RCC apesar de ser a que se mostrou mais difícil de ser moldada. Ainda de acordo com o Pinto (2015), no experimento não foi usado o peneiramento correto, acarretando grumos à massa, e isso levou à inviabilidade no material. Com os problemas da elaboração do RCC, o autor concluiu que a fabricação de tijolos de solo-cimento com adição de quantidades de RCC é viável, mas a utilização de um RCC pouco preparado diminui a atração da confecção desse produto.

Souza et al. (2008) analisaram a influência da adição de resíduos de concreto nas características físicas e mecânicas do solo-cimento, visando à sua aplicação na fabricação de tijolos prensados. Com base nos resultados obtidos, concluíram que a adição dos resíduos de concreto possibilitou condições técnicas favoráveis para se produzir tijolos prensados de solo-cimento com qualidade. O aproveitamento dos resíduos de concreto na fabricação de tijolos de solo-cimento pode configurar-se numa prática ecologicamente correta, pois pode contribuir para reduzir o volume de material descartado na natureza, reduzir a exploração dos recursos naturais, e com a dispensa do processo de queima na fabricação dos tijolos, evita o desmatamento e a emissão de resíduos tóxicos no meio ambiente.

Segantini e Wada (2011) estudaram uma dosagem para o tijolo solo-cimento, composto com resíduos de construção e demolição (RCD), visando à confecção de tijolos prensados. A adição dos RCD melhorou as propriedades granulométricas do solo, tornando-o mais arenoso e mais apropriado para a confecção do solo-cimento. Notaram que o RCD em estudo possui 92% de areia em sua composição, sendo, portanto, uma excelente alternativa para melhorar o solo, visando à confecção do solo-cimento. Assim, a adição de apenas 20% de RCD já foi suficiente para promover sensível redução tanto no limite de liquidez (de 27,7 para 20,9%) quanto no limite de plasticidade (de 18,3 para 16,2%), contribuindo positivamente para a melhoria das características de plasticidade e de trabalhabilidade do

material. Os melhores resultados foram obtidos para as misturas contendo 4% de cimento, com adição de, no mínimo, 20% de RCD, obtendo-se melhores resultados à medida que se aumenta a quantidade de RCD na mistura, até 100% em relação à massa do solo.

O estudo de Rosário e Torrescasana (2010) tem como objetivo analisar a eficiência e a viabilidade da produção de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de concreto. Eles utilizaram para a pesquisa o solo obtido na cidade de Chapecó, cimento Portland, água de poço artesiano e resíduos de concreto coletados em uma fábrica de blocos e telhas de concreto, sendo que o resíduo foi passado na peneira de malha 4,8 mm. Após seis dosagens de solo, resíduo de concreto e cimento e tendo como base os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e à absorção de água dos tijolos assim como os resultados encontrados com os ensaios de caracterização do solo, os autores concluíram que o solo estudado não apresenta as características necessárias para a produção de tijolos de solo-cimento. Da mesma maneira, observaram que as quantidades de resíduo (40% e 60%) incorporado ao solo não foram suficientes para alcançar a viabilidade técnica dos tijolos de solo-cimento. A melhora nas propriedades do solo estudado, proporcionada pela adição do resíduo, pode ser observada ainda nos ensaios de caracterização e teve como consequência um aumento na resistência e uma redução na absorção de água dos tijolos. Em função dos resultados obtidos na realização da pesquisa, os autores explicam que os resíduos de concreto mostraram ser uma boa alternativa para melhorar as características dos solos, visando à produção do solo-cimento.

Apesar de nenhuma das dosagens estudadas ter atingido as exigências das normas pertinentes, os tijolos com a adição de resíduo tiveram suas resistências dobradas e uma redução de até mais de 10% na absorção de água. A aplicação dos resíduos de concreto destaca-se principalmente pelo aproveitamento dele, que tem como consequência a preservação do meio ambiente.

## CONCLUSÃO

As discussões sobre sustentabilidade passaram pelas questões da construção civil, no que se refere à utilização de matérias primas não renováveis, e este estudo buscou apresentar, primeiramente, os materiais mais utilizados para as construções e suas consequências para o meio ambiente como, por exemplo, a areia que é retirada dos rios e a brita das pedreiras. Dos materiais selecionados, o que apresenta menos riscos ambientais é a areia.

Com o estudo das normas legais que norteiam o gerenciamento e a utilização de resíduos sólidos da construção civil, foi possível constatar que o Brasil possui técnicas e métodos de ação para a reciclagem desses materiais para que não sejam despejados de forma errada no ambiente e, assim, a pegada ambiental, referente ao setor da construção civil, estudada nesse trabalho, seja minimizada ao longo dos anos.

Os estudos feitos por universitários, apresentado no Capítulo 3, demonstram a preocupação dos estudantes em engenharia civil em buscar soluções para os resíduos produzidos pelas construções e demolições, sendo importante para o processo de gerenciamento desses resíduos.

O Brasil ainda não possui usinas de reciclagem em todas as regiões, mas, o fato de a maior quantidade estar localizada no Estado de São Paulo e na cidade de São Paulo indica que este foi o município que mais se preocupou em cuidar dos resíduos provenientes das construções civis e, assim, conseqüentemente, do meio ambiente.

Objetivou-se buscar melhor compreensão da reutilização de resíduos gerados pela construção civil, as vantagens proporcionadas para o meio ambiente, bem como apresentar possibilidades e aplicações da reutilização apontadas em documentos já publicados.

Buscou-se identificar quais os principais materiais reciclados que podem ser reutilizados em novas obras de construção civil seguindo procedimentos adequados a fim de assim proteger o meio ambiente.

É possível afirmar que a gestão dos resíduos sólidos deva ocorrer primeiramente nos canteiros de obras, com o treinamento dos colaboradores e trabalhadores, visando a uma conscientização da questão ambiental e também na busca de materiais de construção que atendam à obra de maneira sustentável.

Além disso, em uma segunda etapa, para uma gestão mais eficiente, é preciso dar o destino correto a cada material residual, analisando o local de descarte para que normas e leis vigentes sejam cumpridas.



Deste modo, com ações corretivas, pode-se obter redução de custos com reutilização de materiais de construção, evitando-se desperdício deles com vistas em sustentabilidade e sem impacto no meio ambiente. E, ainda, pode-se reduzir a exploração dos recursos naturais.

Para novos estudos propõe-se uma análise de novos materiais, oriundos de reciclagem de resíduos sólidos de construção e demolição e que possam ser utilizados em novas construções civis.

## REFERÊNCIAS

ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Relatório 2015**. 2016. Disponível em <[http://www.abrecon.org.br/pesquisa\\_setorial/](http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/)> Acesso em 25 ago. 2016

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2011. (Série Sustentabilidade).

ALBUQUERQUE, L.Q.C.; BISCARO, G. A.; NEGRO, S. R. L.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, L. A.; LEAL, S. T. Resistência a compressão de tijolos de solo-cimento fabricados com o montículo do cupim *Cornitermes cumulas* (Kollar, 1832). **Ciênc. agrotec.** Lavras, v. 32, n. 2, p. 553-560, mar./abr., 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n2/32.pdf>> Acesso em 29 out. 2016.

AMADEI, D. I.; PEREIRA, J. A.; SOUZA, R. A.; MENEGUETT, K. S. A questão dos Resíduos da Construção Civil: um breve estado de arte. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v.3, n.5, ago/dez 2011. Disponível em: <<http://fecilcam.br/revista/index.php/nupem/article/viewFile/72/41>>. Acesso em 02 ago. 2016.

AMORIM, K. Construção civil cresceu 74,25% nos últimos 20 anos, revela estudo do SindusCon-MG. **Revista Construção - negócios de incorporação e construção**, 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/negocios/construcao-civil-cresceu-7425-nos-ultimos-20-anos-revela-estudo-323993-1.aspx>>. Acesso em: 10 ago.2016.

ÂNGULO, S.C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L.; NOGUEIRA, T. P. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Eng Sanit Ambient.** v.16 n.3 jul/set 2011 | 299-306. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a13>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004<sup>a</sup>

BRASIL. Ministério de Minas e Energia- MME. **AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Relatório Técnico 31**. Perfil de areia para construção civil. 2009 a. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22\\_RT31\\_Perfil\\_de\\_areia\\_para\\_construcao\\_civil.pdf/9745127c-6fdc-4b9f-9eda-13fa0146d27d](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT31_Perfil_de_areia_para_construcao_civil.pdf/9745127c-6fdc-4b9f-9eda-13fa0146d27d)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. **AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Relatório técnico 30**. Perfil de brita para construção civil. 2009 b. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22\\_RT30\\_Perfil\\_de\\_brita\\_para\\_construcao\\_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddec2a31](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construcao_civil.pdf/01c75ac7-ecd2-4d85-a127-3ecddec2a31)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BARROS, M.V.A. **Pegada ecológica: um estudo aproximativo para aplicabilidade nas indústrias do pólo industrial de Manaus (PIM)**. 2014. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2014. Disponível em <http://www.ppgcasa.ufam.edu.br/pdf/dissertacoes/2014/Marcio%20Vinicius.pdf>. Acesso em: 29 out. 2016.

CABRAL, A.E.B.; MOREIRA, K.M.V. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará**. Programa Qualidade de Vida na Construção. Fortaleza, agosto de 2011. Disponível em: <http://www.sindusconce.com.br/downloads/publicacoes/e13609feb794347a352d2b1814f15d68.pdf> >. Acesso em: 12 ago. 2016.

CARVALHO, C. **Tijolos ecológicos: como usar**. 2014. Disponível em <http://www.tudoconstrucao.com/tijolos-ecologicos-como-usar-precos/>. Acesso em: 20 out. 2016.

CASSA, J. C.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.(Orgs). **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom**. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal. 2001. 312p.

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Uso sustentável da madeira na construção civil** - 2009. Disponível em:<[www.cbcs.org.br](http://www.cbcs.org.br)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

CIDIN, R.C.P.J.; SILVA, R.S. **A pegada ecológica em relação ao homem, à natureza e à cidade**. Universidade Federal de São Carlos. 2002. Disponível em: [http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v\\_en/Mesa3/1.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v_en/Mesa3/1.pdf). Acesso em: 12 ago. 2016.

CSN Companhia Siderúrgica Nacional. **CNS Aço na construção civil**. 2014. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Aco\\_na\\_Construcao\\_Civil\\_CSN.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Aco_na_Construcao_Civil_CSN.pdf)>. Acesso em: 12 ago. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução Nº 307**, de 5 jul 2002. Brasília, 2002.

CUNHA, G.N.M.; MICELI, V.M. **Análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil a partir de sistemas dinâmicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Produção)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005513.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

EMPRESA VOTORANTIM CIMENTOS. **Fabricação cimento**. 2012. Disponível em:<[http://www.vcimentos.com.br/htms-ptb/Produtos/Cimento\\_procFabricacao.html](http://www.vcimentos.com.br/htms-ptb/Produtos/Cimento_procFabricacao.html)>. Acesso em: 15 ago. 2016.

FARIA, R. Desperdício mínimo. **Revista TechneOnline**. ed. 113, agosto 2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/113/artigo286066-1.aspx>>. Acesso em: 12 out. 2016.

FIBE - Federação das Indústrias do Estado da Bahia. **Gestão de resíduos na construção civil:** redução, reutilização e reciclagem. 2010. Disponível em: <[http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos\\_id\\_177\\_\\_xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3\\_2692013165855\\_.pdf](http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf)>. Acesso em: 10 Ago. 2016.

GALHARDO, P.G. **Estudo da produção de cimento com ênfase no classe G.** Trabalho de Conclusão de Curso ( Curso de Engenharia Civil)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012107.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

IBRAM - Instituto Brasileiro De Mineração. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira** 2010. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000957.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese de doutorado – USP, São Paulo, 2000 113p. Tese (Livredocência em Engenharia Civil)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. Disponível em:<<http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/LVVanderleyJhon-ReciclagemResiduosConstrucaoCivil.pdf>>. Acesso em 10 ago.2016.

JÚNIOR, N. B. C. (Coord). **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil.** Sinduscon-MG, 2005. 38p. Disponível em:<[http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos\\_solidos.pdf](http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2016.

KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHER, R.; GUIMARÃES, J. C. B.; PANDOLFO, L. M.; KUREK, J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil:** uma abordagem ambiental. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2009. 163p.

MILHORANCE, F. **Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo.** O Globo. 04 jan. 2015. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/base-da-construcao-civil-areia-um-dos-recursos-mais-valiosos-explorados-do-mundo-14960573>>. Acesso em: 12 set. 2016.

MIRANDA, L.F.R.; ÂNGULO, S.C.; CARELI, E.D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986 - 2008. **Revista Ambiente Construído.** Porto Alegre. v.9, n.1, p. 57-71. jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/7183/4909>>. Acesso em: 13 set. 2016.

MIRANDA, L.F.R.; BROCARD, F.L.M. **Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015 A reciclagem de Resíduos Sólidos de Construção e Demolição no Brasil.** ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos sólidos da Construção Civil e Demolição. 2015. Disponível em: <<https://issuu.com/abrecon/docs/relatorio-pesq2015>>. Acesso em: 18 set. 2016.

MOTTA, J.C.S.S.; MORAES, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J.L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **e-Xacta (Revista E-xacta)**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26. Editora UniBH. 2014. Disponível em <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/viewFile/1038/665>> Acesso em: 24 set. 2016.

NASCIMENTO, F.A.T.; VIEIRA, A. J. B.; BARROSO, I. R. S.; LOPES, J. P. Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil. **Ciências exatas e tecnológicas**. Maceió, v. 3, n.1, p. 141-152, nov. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/2648/1537>>. Acesso em: 18 set. 2016.

PAES JUNIOR, A. **Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Boletim Técnico Associação Nacional de pisos e Revestimentos de Alto Desempenho, 2011. Disponível em:<[http://www.anapre.org.br/boletim\\_tecnico/edicao35.asp](http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao35.asp)>. Acesso em: 18 set. 2016.

PICCOLI, R.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. S.; HIROTA, E. H. **A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.10, n.3, p.69-79. Jul./set. 2010.

PINTO, T. de P; GONZÁLES, J. L. R. (coord.). **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005.

PINTO, L.M. Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduos de construção civil. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1\\_2015/TCC\\_LUCAS%20PINTO.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_LUCAS%20PINTO.pdf)> Acesso: 24 set. 2016.

PIRES, F.M.; CARVALHO JUNIOR, L.C. A estratégia ambiental como elemento competitivo de empresas da construção civil atuantes em Florianópolis. **II Encontro de Economia Catarinense Artigos Científicos**. Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente. Chapecó, SC. 24, 25 e 26 de abril de 2008. Disponível em: <[http://www.apec.unesc.net/II%20EEC/sessoes\\_tematicas/Desenvolvimento/Artigo3.pdf](http://www.apec.unesc.net/II%20EEC/sessoes_tematicas/Desenvolvimento/Artigo3.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2016.

PIRES, G.W.M.O.; PASCHOALIN FILHO, J.A.; TORRES, L. Estudo de viabilidade da utilização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição como alternativa para a mitigação dos impactos ambientais da construção civil. **XVI SEMEAD. Seminários em Administração**, UNINOVE – Universidade Nove de Julho outubro 2013. Disponível em:<<http://sistema.semead.com.br/16semead/resultado/trabalhosPDF/1050.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

ROSÁRIO, T.; TORRESCASANA, C.E.N. **Tijolos de solo-cimento produzidos com resíduos de concreto**. 2010. Disponível em [https://www.unochapeco.edu.br /static/data/portal/downloads/1508.pdf](https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1508.pdf)>. Acesso em 19 out. 2016.

SAHARA. **Tipos de britas**. 2016. Disponível em: <[http://www.sahara.com.br/imgs/conteudo\\_thumb/Tipos-de-Brita-1.pdf](http://www.sahara.com.br/imgs/conteudo_thumb/Tipos-de-Brita-1.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2016.

SÃO PAULO. Reelaboração participativa do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. **IV Conferência Municipal do Meio Ambiente**. 2012. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/conferencia\\_meio\\_ambiente/arquivos/PGIRS\\_geral.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/conferencia_meio_ambiente/arquivos/PGIRS_geral.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2016.

SEGANTINI, A. A. S.; ALCANTARA, M. A. M. Solo-cimento e solo-cal. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios da ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto. v. 2, 2007. p. 834-861.

SEGANTINI, A.A.S.; WADA, P.H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum**. Technology Maringá, v. 33, n. 2, p. 179-183, 2011. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/9377/9377>>. Acesso em: 22 ago. 2016

SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica**. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <[http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/Download\\_Tese/Capa.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/Download_Tese/Capa.pdf)>. Acesso em: 20 out.2016.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Produção e Consumo de cimento no Brasil**. 24/03/2016. Disponível em <<http://www.cimentoverdedobrasil.com.br/producao-e-consumo-de-cimento-no-brasil/>> Acesso em 25 ago. 2016.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva**. Ambiente Construído, v. 4, n. 4, p.33-46, out./dez. 2004. Disponível em: <<file:///C:/Users/Ceres/Downloads/3573-12218-1-PB.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2016.

SOUZA, M.I.B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento**. 2006, 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil.) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91489/souza\\_mib\\_me\\_ilha.pdf?seq](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91489/souza_mib_me_ilha.pdf?seq)>. Acesso em: 12 set. 2016.

SOUZA, M.I.B. **Tijolos prensados de solo-cimentos com adição de resíduos de concreto**. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.2, p.43, 2008. Disponível em:<<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v2/115.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2016.

SOUZA, U. L. E. Desperdício Mínimo. **Revista Técnica**, Editora: PINI. Edição: 113, pág 26 a 35, 2006.

TEODORO, N.F.G. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais..** 2011. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 2011. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143118002/dissertacao.pdf>>. Acesso em: 19 de out. 2016.

TORRES, L. **Reciclagem de entulho: fator vital para a construção sustentável.** ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. 15/07/2016. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/reciclagem-de-entulho-fator-vital-para-construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 05 out. 2016.

VITULIO, A.P.F. **Sustentabilidade na construção civil.** Universidade Camilo Castelo Branco. Curso de Engenharia Ambiental. Campus Descalvado, 2013

WWF-BRASIL. Um pouco de história. 2016. Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/especiais/pegada\\_ecologica/historico/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/historico/)>. Acesso em: 10 set. 2016.