

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MAYRES OLIVEIRA COSTA

VITÓRIA MARTINS ABRAHÃO

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS FINANCEIROS E AMBIENTAIS
NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA
VEDAÇÃO COM RESÍDUOS DE ARGAMASSA E
CONCRETO**

ANÁPOLIS / GO

2018

**MAYRES OLIVEIRA COSTA
VITÓRIA MARTINS ABRAHÃO**

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS FINANCEIROS E AMBIENTAIS
NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA
VEDAÇÃO COM RESÍDUOS DE ARGAMASSA E
CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO SANTO
GOMES**

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, MAYRES OLIVEIRA/ ABRAHÃO, VITÓRIA MARTINS

Análise dos benefícios financeiros e ambientais na produção de blocos para vedação com resíduos de argamassa e concreto.

54P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto

2. Resíduos da construção civil

3. Sustentabilidade

4. Blocos de Concreto

I. ENC/UNI

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, Mayres Oliveira; ABRAHÃO, Vitória Martins. Análise dos benefícios financeiros e ambientais na produção de blocos para vedação com resíduos de argamassa e concreto. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 54p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Mayres Oliveira Costa

Vitória Martins Abrahão

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise dos benefícios financeiros e ambientais na produção de blocos para vedação com resíduos de argamassa e concreto.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

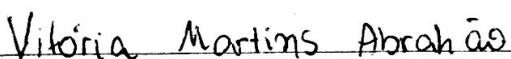
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Mayres Oliveira Costa

E-mail: mayres_oliveira@hotmail.com



Vitória Martins Abrahão

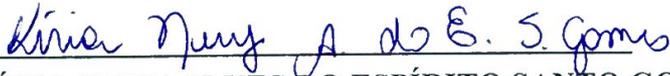
E-mail: vitória.abrahao@hotmail.com

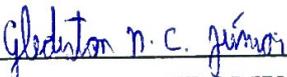
**MAYRES OLIVEIRA COSTA
VITÓRIA MARTINS ABRAHÃO**

**ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS FINANCEIROS E AMBIENTAIS
NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA VEDAÇÃO COM
RESÍDUOS DE ARGAMASSA E CONCRETO.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:


KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO SANTO GOMES, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)


GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)


JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de novembro de 2018. .

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela vida, por tudo que Ele me proporcionou até aqui, pela oportunidade de estar concluindo um curso superior e por ter me fortalecido e alegrado em todo o tempo, principalmente nos dias difíceis. A Ele toda glória, honra e toda minha gratidão.

Agradeço aos meus pais, João Rodrigues e Miriam Oliveira, por todo amor a mim dispensado, por terem se sacrificado tanto pra me ajudar a chegar até aqui, por sempre acreditarem nos meus sonhos, me incentivando a lutar e a continuar sonhando.

Agradeço ao meu namorado Rodrigo Vieira, por toda paciência e força, principalmente nessa reta final que foi o período mais difícil de conciliar tantas atividades. Ele foi incrivelmente compreensivo, amoroso e incentivador.

Agradeço a minha orientadora, Prof^a. Ms. Kíria Nery Alves, por ter aceitado nos orientar e por ter feito esse papel de forma tão excelente, sempre muito organizada e atenciosa. A ela minha gratidão, respeito e muita admiração.

Agradeço também a minha amiga e companheira de TCC, Vitória Abrahão, por ter compartilhado tantos desafios ao longo desses anos de graduação e, mais ainda, nessa etapa final. Graças a Deus, a parceria no TCC só fortaleceu mais os nossos laços de amizade.

Agradeço ainda a minha amiga-irmã Érica Pinho por ter me suportado durante esses mais de 5 anos dividindo a mesma casa, contas, problemas, conquistas e alegrias. O apoio e cuidado dela foram fundamentais nesse processo.

Por fim, agradeço a UniEvangélica e todo o corpo docente por terem contribuído tão valiosamente para o meu crescimento profissional e a todos os amigos e pessoas próximas que de alguma forma apoiaram nessa conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Mayres Oliveira Costa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

À minha orientadora Prof^a. Ms. Kíria Nery Alves do Espírito Santo Gomes, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigada minhas irmãs, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Vitória Martins Abrahão

RESUMO

Tornar as novas construções aliadas do meio ambiente tem sido um dos principais desafios da Engenharia Civil contemporânea, pois geram tanto impactos positivos quanto negativos na sociedade. Dentre os negativos destaca-se a geração de resíduos em larga escala, os quais são, na maioria das vezes, descartados causando grande impacto no meio ambiente. Porém, pesquisas, visando alternativas de aproveitamento dos mesmos e diminuição do impacto causado por eles, têm sido cada vez mais frequentes, motivadas pelas legislações regularizadoras que proíbem o descarte desses resíduos em aterros sanitários. Uma dessas alternativas, e objeto de análise desse estudo, é a produção de blocos de concreto no próprio canteiro de obra, sem função estrutural, com resíduos de argamassa e concreto. Este, além de resultar em um produto com qualidade acima do convencional para blocos de vedação, diminui o impacto ambiental, que seria provocado se o mesmo fosse descartado, e gera impacto econômico positivo, pois diminui consideravelmente os gastos com caçambas e com aquisição de agregados, além de ser uma alternativa viável para implantação em canteiros de obras de grande porte.

PALAVRAS-CHAVE: concreto, argamassa, sustentabilidade, bloco de concreto, custo benefício.

ABSTRACT

Turning the new allied construction of the environment has been one of the main challenges of contemporary civil engineering, as they generate both positive and negative impacts on society. Among the negatives is the large-scale waste generation, which is, in most cases, discarded causing great impact on the environment. However, research, aiming at alternatives to their use and reduction of the impact caused by them, have been increasingly frequent, motivated by the regulations that prohibit the disposal of these wastes in landfills. One of these alternatives, and object of analysis of this study, is the production of concrete blocks at the construction site, without structural function, with mortar and concrete residues. This, besides resulting in a product with quality above the conventional for blocks of seal, diminishes the environmental impact, that would be provoked if it were discarded, and generates positive economic impact, because it reduces considerably the expenses with buckets and with acquisition of aggregates, besides being a viable alternative for implantation in large construction sites.

KEYWORDS: concrete, mortar, sustainability, concrete block, cost benefit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Levantamento de usinas de reciclagem de RCD no Brasil até 2015	20
Figura 2 - Gráfico da porcentagem de resíduos componentes do RCC.....	21
Figura 3 - Localização dos ecopontos em Anápolis	24
Figura 4 - Local de destinação final dos resíduos da construção civil, situada no aterro sanitário de Anápolis.	25
Figura 5 - Gráfico da composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional ("orgânica") encaminhados ao Aterro Sanitário de Goiânia.	26
Figura 6 - Panteão vista aérea.....	30
Figura 7 - Panteão vista interna	31
Figura 8 - (a) e (b) Final do duto de descarte de resíduos.	38
Figura 9 – Resíduos lançados no duto: (a) Resíduo a ser triturado (em pequena quantidade no dia devido já ter cessado a produção); (b) Materiais que foram separados do resíduo para serem descartados (tubos, pregos, pedaços de aço, etc.)	38
Figura 10 – (a) Triturador de mandíbula; (b) Funil do triturador	39
Figura 11 – (a) Resíduo triturado; (b) Peneira do agregado reciclado	39
Figura 12 – Agregado reciclado triturado e peneirado	40
Figura 13 – (a) Misturador; (b) Balança.....	40
Figura 14 - Máquina Vibro-prensa	41
Figura 15 – (a) Ao fundo, blocos de canto no estoque; (b) Blocos paletizados.	41
Figura 16 - Blocos finalizados e paletizados, prontos para o uso na obra: (a) Blocos 12 x 19 x 39 cm; (b) 9 x 19 x 39 cm.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Destinação dos resíduos de acordo com as classes	28
Quadro 2 - Classificação dos blocos de concreto vazado (continua)	33
Quadro 3 - Classificação das argamassas	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legislação estadual para gerenciamento de resíduos sólidos (continua)	22
Tabela 2 - Tipo de destinação declarada pelos municípios para os RCC, por regiões do estado de Goiás (continua).....	23
Tabela 3 - Quantidades de resíduos da construção civil encaminhadas ao aterro sanitário de Anápolis.....	25
Tabela 4 - Série histórica do RCC destinado ao Aterro Sanitário de Goiânia (2010 a 2013) (continua).....	26
Tabela 5 - Traços utilizados na pesquisa de acordo com a relação cimento: agregado (em massa).....	43
Tabela 6 - Custo mão de obra alvenaria rebocada 2 lados (HH/M ²).....	47
Tabela 7 - Custo de materiais (R\$/M ²).....	48
Tabela 8 - Custos de implantação do sistema de produção dos blocos de concreto	48

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
COMURG	- Companhia de Urbanização de Goiânia
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NBR	- Norma Brasileira
PIRS	- Plano Integrado de Resíduos Sólidos
PMGIRS	- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
RCC	- Resíduos da Construção Civil
RCD	- Resíduos de Construção e Demolição

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	METODOLOGIA	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	16
2.2	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.2.1	Classificação dos resíduos da construção civil.....	21
2.2.2	Gerenciamento dos resíduos.....	22
2.2.2.1	Normatização	22
2.2.2.2	PMGIRS nas cidades de Anápolis e Goiânia.....	23
2.2.2.3	Fases do gerenciamento de resíduos da construção civil	27
2.2.2.4	Alternativas para a destinação dos resíduos.....	28
2.3	RESÍDUOS CIMENTÍCIOS.....	29
2.3.1	Concreto	30
2.3.2	Blocos de concreto	32
2.3.3	Argamassa.....	34
3	ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BLOCOS COM AGREGADO RECICLADO.....	37
3.1	PERCURSO DO RESÍDUO E PRODUÇÃO DOS BLOCOS.....	37
3.2	ESTUDO DE PESQUISA EXPERIMENTAL DOS BLOCOS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	42
4	ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS GERADOS PELA PRODUÇÃO	46
4.1	BENEFÍCIO AMBIENTAL	46
4.2	BENEFÍCIO FINANCEIRO.....	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem um papel fundamental, uma vez que, ela está presente em absolutamente todos os setores sociais (escolas, hospitais, centros comerciais, etc.) e econômicos (desde grandes empreendimentos à construções de pequeno porte), e é responsável por criar os ambientes físicos necessários à consolidação dessas instituições, por exemplo, o prédio de um hospital, com suas funcionalidades, difere de um prédio que cedia uma escola ou uma igreja.

Devido a esse papel, ela tem o poder de influenciar e disseminar, a cada público, novas tendências, principalmente quando estas estão relacionadas ao conforto, a praticidade e à preservação do meio ambiente. Embora muitas vezes o assunto sustentabilidade seja tratado como uma tendência, associá-lo a uma otimização e melhoria dos ambientes sociais contribui na conscientização dos indivíduos quanto a necessidade de preservar o meio ambiente, pois isso é também um investimento para as gerações futuras.

Com o crescimento do setor da Construção Civil e conseqüentemente da exploração de recursos naturais, têm sido cada vez mais difícil conciliar o desenvolvimento econômico com a proteção do meio ambiente, pois a cada dia são gerados mais resíduos acelerando a degradação ambiental (SILVEIRA, 2011).

No cumprimento do seu papel, a construção civil, apresenta-se como uma grande consumidora de recursos naturais finitos e fontes energéticas, além de gerar um grande volume de resíduos sólidos que agridem o meio ambiente e que, na maioria das vezes, não é cogitada a possibilidade de reciclagem ou reaproveitamento dos mesmos, sendo descartados de forma ecologicamente incorreta (MMA, 2018).

O fato é que, para combater ou amenizar esse descarte incorreto e o impacto que ele provoca, não basta apenas à consciência ambiental de poucos. Ferramentas como plano de gerenciamento dos resíduos sólidos em todas as esferas, bem como legislação que obrigue os geradores de resíduos buscarem alternativas, para não descartar os RCC (Resíduos da Construção Civil), são imprescindíveis. Embora existam muitas leis e resoluções que definem diretrizes para o gerenciamento, as cidades que colocam em prática a rigor, no Brasil, ainda são poucas.

Na busca de unir o constante desenvolvimento da construção civil à preservação do meio ambiente, pesquisas já foram realizadas com o objetivo de diminuir os impactos causados por estes resíduos. Algumas das alternativas encontradas são: telhados verdes,

sistema de captação de energia solar e água pluvial, utilização de materiais compósitos nos elementos construtivos, reutilização de RCC e Resíduo de Construção e Demolição (RCD) com outras combinações gerando novos materiais na própria obra que os gerou, entre outras alternativas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a importância desse estudo, devido ao aumento da quantidade de RCC sendo descartado corretamente e incorretamente, o que acarreta em uma degradação relevante do meio ambiente. Em razão desse aumento, este estudo apresentará uma das alternativas de reutilização de materiais, como concreto e argamassa em elementos construtivos na própria obra geradora desses resíduos, o que se torna um benefício financeiro e ambiental e ajuda na conscientização e influência dessa classe geradora.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo analisar os benefícios e desvantagens financeiros e ambientais da produção de blocos de concreto a partir do aproveitamento dos resíduos cimentícios gerados na própria obra, além de difundir essa prática através do meio acadêmico para que outras empresas possam aplicá-la.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o percurso e os equipamentos utilizados na logística de captação dos resíduos, desde a sua geração até a produção dos blocos;
- Analisar as características dos blocos produzidos;
- Analisar os benefícios ambientais da reutilização desses resíduos;
- Analisar o custo benefício de produção e utilização dos blocos na obra geradora;

1.3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi composta de quatro partes, sendo a primeira um estudo *in loco* realizado em uma empresa na cidade de Goiânia - GO, que aqui será denominada por Empresa A, para conhecer o percurso de coleta dos resíduos, os equipamentos utilizados na produção dos blocos e sua disposição dentro do canteiro de obra. Foi realizada também uma entrevista com o engenheiro responsável pela obra para entendimento do processo, pois na época da visita, não havia mais produção devido à demanda já ter sido atendida naquela edificação.

A segunda parte apresentou um estudo de artigos, leis, normas, teses e dissertações que formaram uma fundamentação teórica capaz de introduzir a análise posteriormente citada, além de trazer conhecimento sobre os materiais e processos envolvidos.

A terceira parte consistiu no estudo da dissertação “Produção De Blocos De Concreto Em Obra Com Utilização De Resíduo Cimentício Como Agregado” a qual apresenta estudos laboratoriais de aprimoramento do bloco e suas características. Tal dissertação teve como alvo do seu estudo de caso a Empresa A.

E por fim, uma análise dos benefícios econômico e ambiental da reutilização dos resíduos na produção dos blocos a partir de informações fornecidas pela empresa.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho é apresentada abaixo conforme ordem dos capítulos que compoem o corpo do texto:

No capítulo 1 é exposta a introdução, objetivos do trabalho e metodologia, a qual introduz os assuntos sobre sustentabilidade e sua relação com a construção civil, além de esquematizar os processos envolvidos neste estudo.

No capítulo 2 são apresentados contextos teóricos a respeito de construção sustentável, concreto, blocos de concreto, argamassa, além da normatização que classifica e regulamentariza o gerenciamento de resíduos sólidos em geral e no contexto dos municípios de Anápolis – GO e Goiânia – GO.

No capítulo 3 é descrito o passo a passo da logística de captação do resíduo de concreto e argamassa produzidos no canteiro, a produção dos blocos utilizando os mesmos,

como agregado, e uma síntese das análises laboratoriais que foram realizadas pelo mestrando Celestino (2013), objetivando avaliar e aprimorar as características dos blocos.

No capítulo 4 através de dados fornecidos pela empresa, onde foi realizado o estudo, verificam-se os benefícios, ambiental e financeiro, resultantes da utilização do agregado reciclado na produção dos blocos, bem como a viabilidade financeira de implantação desse sistema em obras de grande porte.

No capítulo 5 conclui-se a análise de todo o ciclo do sistema de produção e os impactos causados por ele, além de algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O crescimento econômico, inicialmente, baseou-se na exploração desenfreada de recursos naturais, pois na ótica desse modelo de desenvolvimento, esses recursos são ilimitados. A produção, nesse caso, é caracterizada como linear por não existir a preocupação com a destinação pós-consumo dos produtos. Quanto ao meio ambiente, sua preservação limitava-se a áreas com mata nativa e locais como parques ambientais, em que é possível preservar espécies, mostrando que quaisquer outras formas de preservação atrapalhavam o crescimento e o desenvolvimento econômico. Porém, apesar desse modelo explorador ter gerado mais riquezas e uma evolução na tecnologia, também provocou uma degradação ambiental e aumento da poluição, principalmente do ar e dos recursos hídricos (JÚNIOR, 2007).

Segundo Carvalho (2008), desde a Revolução Industrial os recursos naturais vem sendo degradados devido adesão, do ser humano, a um estilo de produção com alto nível de consumo energético e de matérias-primas, fato que chamou atenção para a degradação ambiental, a partir dessa época. Porém, a Segunda Guerra Mundial foi o ápice do despertar para essa consciência, a qual gerou uma preocupação com a escassez desses recursos e uma compreensão de que existe uma relação de interdependência entre meio ambiente e economia e que esse meio possui limites que não podem atender o crescimento da mesma.

Na década de 60 iniciaram-se debates a respeito das ameaças de aumento da degradação sofrida pelo meio ambiente, levando a comunidade internacional a se preocupar com os confins do desenvolvimento do planeta. Alguns grandes eventos foram primordiais e marcaram o início dessas discursões como a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente das Nações Unidas, em Estocolmo, Suécia, em 1972, onde iniciou-se uma busca de equilíbrio entre as relações do homem com o meio ambiente. Outro momento marcante, ocorrido 20 anos depois, foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida popularmente como Eco-92 ou Rio 92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, a qual apresentou progressos dos países, em relação à conferência retromencionada, no que diz respeito à preocupação com desenvolvimento socioeconômico e as alterações geradas no meio ambiente para o futuro do planeta (MARTINS, 2004).

Esse consenso da necessidade de repensar um modelo de desenvolvimento que trouxesse um crescimento econômico, mas preservasse o meio ambiente, gerou o modelo de desenvolvimento sustentável, no qual é levado em consideração todo o processo de produção, desde a exploração da matéria prima até a destinação final do produto, depois de consumido (JÚNIOR, 2007).

O desenvolvimento sustentável melhora a qualidade de vida do ser humano na Terra e concomitantemente respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais o homem reside. O termo “sustentabilidade” significa que todas as atividades a serem realizadas devem sofrer uma análise mais profunda de forma a determinar todos os seus efeitos sobre o meio ambiente. De acordo com a Cúpula Mundial em 2002, o desenvolvimento sustentável pode ser conceituado como “a melhoria na qualidade de vida de todos os habitantes” e ao mesmo tempo envolve a distinção do fator que limita tal desenvolvimento, podendo prejudicar as futuras gerações com o uso de recursos naturais além da capacidade tolerada pela Terra (MIKHAILOVA, 2004).

Mikhailova (2004) afirma ainda que, atualmente, o desenvolvimento sustentável não se limita ao gerenciamento dos recursos naturais e preservação dos ecossistemas regionais e do meio ambiente de forma global, mas sim, visa melhorar as condições de vida da população humana solucionando problemas como a pobreza e a desigualdade respeitando a preservação dos sistemas ecológicos dos quais a vida humana depende.

A cadeia produtiva da construção civil é encarregada de transformar o ambiente natural no ambiente construído, necessitando ser permanentemente atualizado e mantido (AGOPYAN; JOHN, 2011). Ao longo da história, ela vem desempenhando um papel fundamental no processo de urbanização das cidades, pois desde a introdução do modelo industrial de economia, a migração para as cidades criou uma demanda de moradia e infraestrutura urbana, que ainda não foi suprida. No Brasil, dos anos de 1960 aos anos de 1980 a taxa de urbanização variou de 44,7% para 67,6% e entre os anos de 1991 e 1996 essa taxa chegou a 78,4% que representou um aumento populacional de 12,1 milhões de habitantes, nesse período. Nesse contexto, a indústria da construção civil, é primordial não apenas por proporcionar qualidade de vida através de habitações residenciais e urbanização, mas também pela movimentação econômica provocada por ela, uma vez que através dela diversos segmentos da economia são movimentados gerando empregos, renda e uma elevação na arrecadação tributária. Sendo, portanto, um setor relevante no desenvolvimento socioeconômico do país (CARVALHO, 2008).

No entanto, apesar dessa movimentação positiva na economia, essa indústria também é responsável por impactos significativos no meio ambiente, pois segundo a mesma autora o desenvolvimento desse setor ocorreu baseado na exploração de recursos naturais sem preocupação com a limitação dos mesmos no atendimento das demandas de suas atividades. Essa exploração consome até metade dos recursos naturais retirados do planeta. Além desse impacto, provocado pela exploração, existe um outro impacto significativo que é a geração de resíduos resultantes da produção e utilização de materiais de construção na execução de construções, reformas e demolições (UWAI, 2009).

Outras esferas impactadas pelo volume de RCD (resíduos de construção e demolição) gerado é a econômica, por requerer grandes gastos com coleta e descarte desses resíduos, e social por interferir na qualidade de vida urbana devido a poluição visual e saúde pública, uma vez que o acúmulo de resíduos é propício ao surgimento de transmissores de doenças, entre outros fatores (CARVALHO, 2008). Resumidamente, o impacto ambiental da construção civil decorre de toda uma enorme cadeia construtiva, incluindo o uso de uma grande quantidade de materiais, mão de obra, água, energia e geração de resíduos (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Empregar a ideia de desenvolvimento sustentável é procurar durante as atividades, formas de reduzir o impacto ambiental e de aumentar a justiça social incorporados no orçamento disponível (AGOPYAN; JOHN, 2011). Visto que a construção possui grande importância nesse processo de desenvolvimento, a Agenda 21, elaborada em 1992 no evento do RIO 92, também teve sua versão específica para o setor da construção civil que recebeu o nome de “Agenda 21 *on Sustainable Construction*”, e foi publicada em 1999. Na criação dessa agenda a maioria dos países influenciadores são desenvolvidos, o que gerou a necessidade de uma adequação a realidade do Brasil, devido as suas dificuldades e peculiaridades nos âmbitos social, ambiental e operacional do país. Dentro dessa realidade brasileira, algumas ações são consideradas como fundamentais, pela Agenda 21, para o alcance da construção sustentável, e dentre elas vale destacar: a redução do desperdício e gestão dos resíduos produzidos; a reciclagem de RCC e maior utilização de materiais reciclados nas construções (TOZZI, 2006).

Para que a construção civil alcance a sustentabilidade, também é necessária a incorporação da inovação, pois com a introdução de pequenas novidades, de forma frequente e contínua, há uma grande possibilidade de evolução do setor (AGOPYAN; JOHN, 2011).

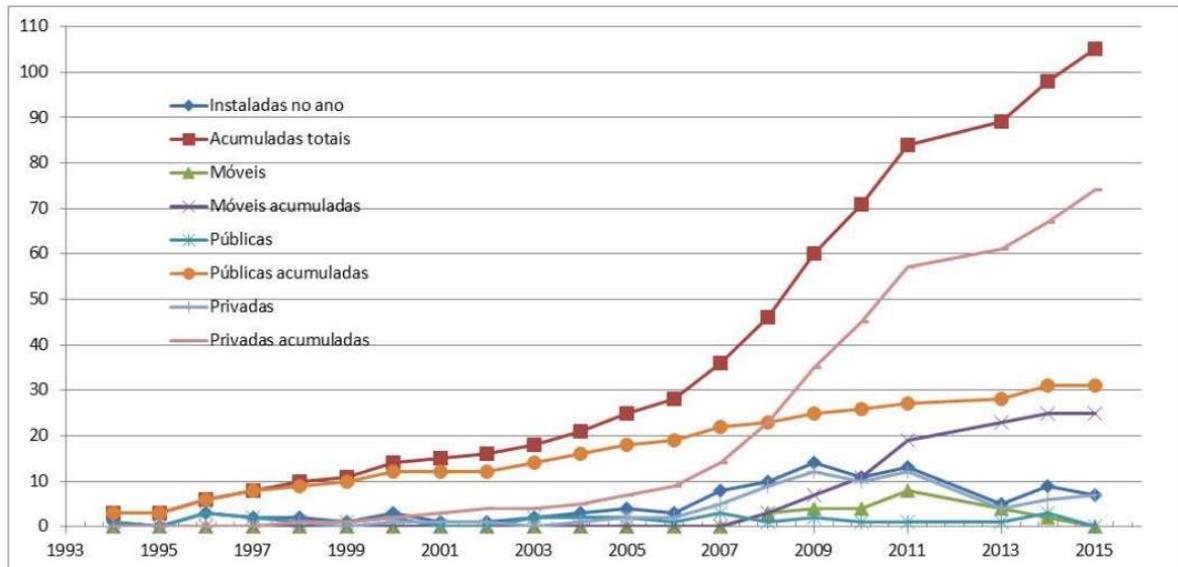
2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O popular entulho é definido, pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (Abrecon), como Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) o qual, segundo ela, é resultante do processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição (ABRECON, 2018). De acordo com a Lei 12.305, artigo 13, item I, subitem h, os resíduos da construção civil (RCC) são definidos como resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Esses resíduos são definidos ainda, como quaisquer materiais utilizados em uma obra e descartados, após o uso, por não terem mais utilidade na aplicação para a qual foram designados, sendo considerados como ‘lixo’ (PEREIRA, 2017).

O primeiro relato de reciclagem e utilização de RCD ocorreu na Alemanha, após a segunda guerra mundial, devido à necessidade de reconstrução das cidades que foram destruídas pela guerra. Esse fato levou a Europa a se tornar a pioneira em reciclagem. Outros países, como Bélgica e Holanda, durante a década de 1990, proibiram o descarte de resíduos, em aterros, que pudessem ser reciclados e incentivaram economicamente a adoção de alternativas de reciclagem. Uma dessas alternativas, que foi bem difundida na Alemanha, são as usinas de reciclagem móveis que contabilizam 3000 unidades, praticamente o dobro em relação às usinas fixas, pois elas aumentam a lucratividade do negócio a partir da economia com transporte (ANGULO; FIGUEIREDO, 2011).

Miranda *et al.* (2009 apud MIRANDA *et al.*, 2016, p. 02) realizou levantamentos, em 2009, que demonstraram a existência de aproximadamente 48 usinas no Brasil, e praticamente metade delas eram públicas. O levantamento também revelou que a estimativa de reciclagem de RCD correspondia a cerca de 4,8% . Após o referido ano houve um aumento na quantidade de usinas no país, com pouca variação no número de instalações entre 2013 e 2015 (Figura 1). Porém, em relação aos países desenvolvidos, a reciclagem de RCD no Brasil ainda encontra-se em pequenas proporções, pois apenas 12 dos 64 municípios do país, com população superior a 300 mil habitantes, possuem locais de reciclagem de RCD o que é muito abaixo dos Estados Unidos, por exemplo, que possui aproximadamente 3500 centrais de reciclagem (SANTOS, 2007).

Figura 1 - Levantamento de usinas de reciclagem de RCD no Brasil até 2015



Fonte: Miranda *et al.* (2009 apud Miranda *et al.*, 2016, p. 04)

Em um de seus relatórios, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, afirma que quando são descartados de forma irregular os RCC causam diversos problemas de ordem ambiental, estética e saúde pública, além de representarem de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos – RSUs no Brasil (FERNANDEZ, 2012).

Fortalecer a prática do processo de reciclagem e reutilização é essencial na busca de soluções para o descarte de resíduos, pois esses processos ajudam no crescimento da sustentabilidade e como consequência, preservam recursos naturais, diminuem o volume de aterros, reduzem a poluição, geram empregos, reduzem custos com controle ambiental, entre outros benefícios. O potencial de reciclagem dos materiais de RCC corresponde a cerca de 90%, demonstrando que também é uma abundante fonte de matéria prima para a construção civil (CARVALHO, 2008).

Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados por esses resíduos, a disposição desses resíduos em locais inadequados e a necessidade de responsabilizar os geradores desses resíduos, entre outras considerações, foi criada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA a Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, com a finalidade de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão desses resíduos.

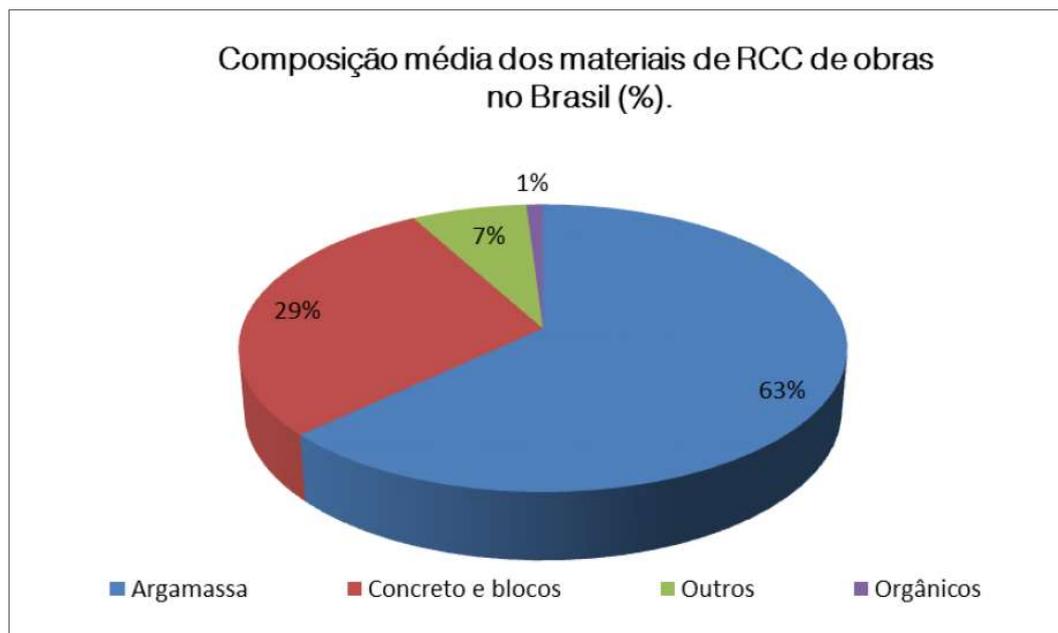
2.2.1 Classificação dos resíduos da construção civil

A Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, em seu Art. 3º, classifica os resíduos da construção civil, da seguinte forma:

- I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
- IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

No Brasil, a composição em geral de RCC é formada por argamassa, concreto, material cerâmico e rochas naturais, com diferentes proporções, conforme a Figura 2 que demonstra a variação dos resíduos pertencentes à classe A da Resolução nº 307.

Figura 2 - Gráfico da porcentagem de resíduos componentes do RCC



Fonte: Silva Filho (2005 apud Goiânia, 2016)

2.2.2 Gerenciamento dos resíduos

2.2.2.1 Normatização

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 é a base para a toda normatização de gerenciamento de resíduos sólidos, pois nela é estabelecido o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, bem como seu campo de aplicação, objetivos, princípios, instrumentos e diretrizes para elaboração dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS) e Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) que são previstos nos termos dessa lei como condição para:

Terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Nesse sentido a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos são subordinadas à instrumentos normativos em esferas nacional, estadual e municipal, além de normas técnicas brasileiras. No entanto, a Resolução nº 307/2002 é a principal fonte regulamentadora (FERNANDEZ, 2012).

No âmbito estadual atual, praticamente metade dos estados já possuem política estadual de resíduos sólidos (Tabela 1). Em contraponto, no âmbito municipal, o percentual de municípios que possuem um plano integrado de resíduos sólidos, segundo a pesquisa do IBGE, corresponde a 54,8% dos municípios brasileiros, ou seja, apenas um pouco mais da metade. Dentre as regiões do país que apresentaram os maiores índices de cidades que possuem o Plano Integrado de Resíduos Sólidos (PIRS) pode-se destacar a região Centro-Oeste com um percentual de 58,5% de participação (IBGE, 2018).

Tabela 1 - Legislação estadual para gerenciamento de resíduos sólidos (continua)

ESTADO	LEGISLAÇÃO
Amazonas	Lei Nº 4.457 de 12/04/2017
Bahia	Lei Nº 12.932 de 07/01/2014
Goiás	Lei Nº 14.248 de 29/07/2002
Mato Grosso	Lei Nº 7.862 de 19/12/2002
Minas Gerais	Lei Nº 18.031 de 12/01/2009
Paraná	Lei Nº 19.261 de 07/12/2017

Tabela 1 - Legislação estadual para gerenciamento de resíduos sólidos (conclusão)

Pernambuco	Lei N° 14.236 de 13/12/2010
Rio Grande do Sul	Lei N° 14.528 de 16/04/2014
Rondônia	Lei N° 1.145 de 12/12/2002
Roraima	Lei N° 416 de 14/01/2004
Santa Catarina	Lei N° 13.557 de 17/11/2005
São Paulo	Lei N° 12.300 de 16/03/2006
Sergipe	Lei N° 5.857 de 22/03/2006

Fonte: Próprias autoras, 2018

2.2.2.2 PMGIRS nas cidades de Anápolis e Goiânia

O estado de Goiás é um dos estados da Região Centro-Oeste que possui política estadual de resíduos sólidos, como apresentado na tabela 2. Através da Lei LEI N° 14.248, de 29 de julho de 2002, foram definidas as diretrizes e normas de prevenção da poluição para o estado, as quais objetivam “proteger e recuperar a qualidade do meio ambiente, proteger a saúde pública”, bem como “assegurar a utilização adequada dos recursos naturais”. De acordo com Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás, que foi elaborado através de análises das regiões do estado, mostra que a geração de RCC média *per capita* é de 1,45kg/hab.dia, o que corresponde a 65,78% dos Resíduos Sólidos Urbanos produzidos no estado, e que a principal forma de descarte ainda é encaminhar para o lixão, como mostra a Tabela 2:

Tabela 2 - Tipo de destinação declarada pelos municípios para os RCC, por regiões do estado de Goiás (continua)

REGIÃO	TOTAL DE MUNICÍPIOS POR REGIÃO	N° DE MUNICÍPIOS QUE PRESTARAM INFORMAÇÃO	TIPO DE DESTINAÇÃO		
			LIXÃO	ATERRO SANITÁRIO	OUTROS FORMAS
Norte Goiano	26	21	10	4	7
Nordeste Goiano	20	15	8	0	7
Noroeste Goiano	13	11	7	1	3
Centro Goiano	31	28	17	2	10
Entorno do Distrito Federal	19	15	7	0	8
Oeste Goiano	43	35	24	1	11
Metropolitana de Goiânia	20	15	7	7	1

Tabela 2 - Tipo de destinação declarada pelos municípios para os RCC, por regiões do estado de Goiás (conclusão)

Sudeste Goiano	22	21	4	1	16
Sudoeste Goiano	26	22	12	3	7
Sul Goiano	26	21	15	0	6
TOTAL	246	204	111	18	75

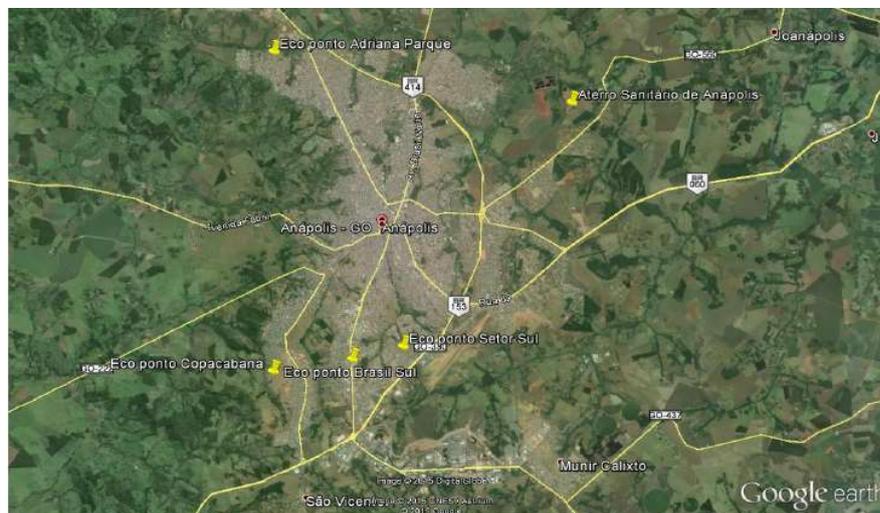
Há municípios que utilizam mais de uma forma de destinação para os RCC.

Fonte: Goiás, SD

Vale enfatizar, duas das maiores cidades do estado, Goiânia e Anápolis, por ser, respectivamente, a cidade onde o estudo foi realizado e onde está localizada a sede da empresa visitada, e por ser a cidade onde está situada a instituição de ensino avaliadora deste trabalho, além de serem algumas das cidades goianas que possuem PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos).

De acordo o PMGIRS de Anápolis, existem 10 empresas de aluguel de contêineres para acondicionamento e transporte dos RCC para o local de destinação final, que é o aterro sanitário da cidade. No entanto, ainda existem muitos casos de descarte, de resíduos gerados por particulares, em locais inadequados, devido aos custos com aluguel de contêineres. Esses resíduos descartados de forma inadequada, a partir de fevereiro de 2015, passaram a ser recolhidos desses locais, apenas pela Diretoria de Gestão de Limpeza Urbana e Conservação de Praças, Parques e Jardins (DLUCP) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA). Para pequenos geradores de RCC (aproximadamente 1m³) foram instalados Ecopontos de descarte na cidade (Figura 3).

Figura 3 - Localização dos ecopontos em Anápolis



Fonte: Anápolis, SD

No aterro sanitário de Anápolis existe uma área específica destinada ao recebimento de todos os RCC removidos dos ecopontos, de locais inadequados e provenientes de geradores particulares (Figura 4). No PMGIRS do município são apresentadas as quantidades de RCC recebidas no aterro sanitário nos períodos de 2010 à 2014 (Tabela 3). A taxa de geração *per capita* do município era igual a 1,67kg/hab.dia, em 2014, a qual encontrava-se superior à taxa do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (1,45kg/hab.dia).

Figura 4 - Local de destinação final dos resíduos da construção civil, situada no aterro sanitário de Anápolis.



Fonte: Anápolis, SD

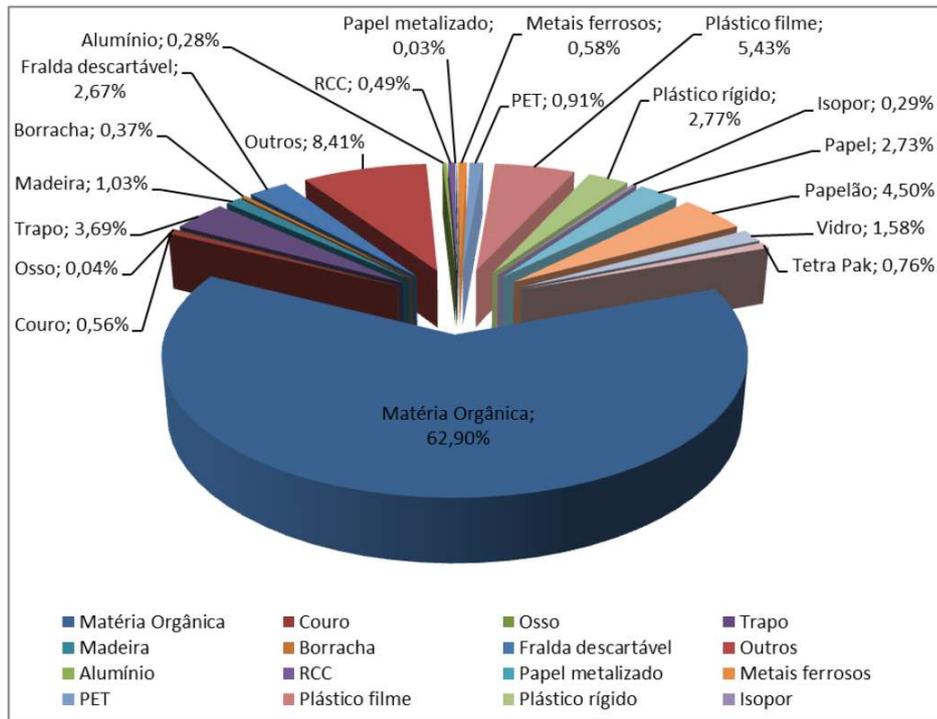
Tabela 3 - Quantidades de resíduos da construção civil encaminhadas ao aterro sanitário de Anápolis

Tipo de resíduo	Quantidades (t)				
	2010	2011	2012	2013	2014
RCC gerados por particulares	84.413,02	94.123,41	97.279,81	113.262,70	131.140,45
RCC provenientes de foras	132.995,57	128.511,15	82.108,70	74.497,53	86.191,23
TOTAL	217.408,59	222.634,56	179.338,51	187.760,53	217.331,68

Fonte: Anápolis, SD

Na capital Goiânia, segundo o PMGIRS do município, os RCC também são destinados ao Aterro Sanitário por pessoas autônomas, empresas de caçamba e pela COMURG (Companhia de Urbanização de Goiânia), a qual oferece para a população a coleta, sem cobrança de taxas, para pequenos geradores com volumes até 2m³, através de abertura de ordem de serviço. No referido município os RCC, correspondem 0,49% dos resíduos destinados ao aterro sanitário de Goiânia (Figura 5) e são usados como cobertura dos resíduos orgânicos.

Figura 5 - Gráfico da composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional ("orgânica") encaminhados ao Aterro Sanitário de Goiânia.



Fonte: Ribeiro *et al.* (2012 apud Goiânia, 2016)

De acordo com informações fornecidas pela COMURG, no ano de 2013, um total de 71.674,68 t de RCC foi destinado ao aterro, porém esse valor é o total de apenas nove meses do referido ano, por isso vale mencionar o ano de 2012 que houve levantamento em todos os meses totalizando em 258.199,74 t (Tabela 4).

Tabela 4 - Série histórica do RCC destinado ao Aterro Sanitário de Goiânia (2010 a 2013) (continua)

MÊS	2010				2011				2012				2013			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Janeiro	26.407,09	35.692,37	35.596,07	2.994,66												
Fevereiro	28.779,52	34.707,54	29.079,75	79,71												
Março	42.291,42	30.308,71	32.206,32	0,00												
Abril	29.503,55	31.559,56	172,56	0,00												
Mai	32.592,92	33.067,05	5.095,05	88,63												
Junho	29.834,09	32.567,05	33.340,93	1.109,32												
Julho	38.481,90	42.351,84	44.474,47	1.960,87												
Agosto	39.762,98	40.478,78	56.543,04	26.672,00												

Tabela 4 - Série histórica do RCC destinado ao Aterro Sanitário de Goiânia (2010 a 2013) (conclusão)

Setembro	30.836,31	41.877,37	11.952,74	38.190,41
Outubro	28.761,39	26.017,95	9.206,94	551,88
Novembro	34.693,01	35.349,00	259,08	27,20
Dezembro	26.542,77	24.260,22	272,79	0,00
TOTAL	388.487	408.237	258.200	71.675
Média mês	1.064	1.118	707,00	196,00

Fonte: Goiânia, 2018

Ainda segundo o PMGIRS de Goiânia, uma das principais deficiências apresentadas quanto ao gerenciamento de resíduos no município é a falta de um sistema de cobrança para coleta de RCC e a necessidade de melhorias no controle qualitativo e quantitativo dos mesmos.

2.2.2.3 Fases do gerenciamento de resíduos da construção civil

De acordo com o Art. 3º da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, o gerenciamento de resíduos sólidos é definido como:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.

Caracterizar os resíduos que serão gerados em uma obra (tijolos, concreto em geral, metais, resinas, tintas, madeiras, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros e tubulações) conforme a classificação da resolução do CONAMA, já mencionada, é o primeiro passo para um gerenciamento adequado de RCC, pois através dela é possível definir as próximas etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). (SILVA *et al.*, 2015) Dentre essas etapas destacam-se:

- I. Segregação ou triagem: trata-se da separação dos resíduos, normalmente realizada pelo seu gerador ou empresa especializada, respeitando suas diferentes classes.
- II. Acondicionamento: nesta etapa é necessário garantir o confinamento dos resíduos, desde a geração até a realização do transporte, mantendo a

separação realizada na etapa anterior de forma que permita uma possível reutilização ou reciclagem dos mesmos.

- III. Transporte: é definida pela retirada dos RCC, por meios de transporte, dos locais onde foram gerados, para estações de transferência, locais de tratamento ou para a destinação final.
- IV. Tratamento e destinação final: Nesta fase, os resíduos devem ser destinados de acordo com o art. 10 da resolução 307 do CONAMA, ou seja, cada classe retromencionada possui uma destinação, não sendo permitido nenhum tipo de descarte em aterros de resíduos domiciliares, lotes baldios, encostas de rios e áreas protegidas por lei. O quadro a seguir apresenta a classificação e destinação a ser dada a cada classe de resíduos:

Quadro 1 - Destinação dos resíduos de acordo com as classes

Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	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	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Brasil, 2002

2.2.2.4 Alternativas para a destinação dos resíduos

Além das classificações de destinação do item anterior, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, em seu art. 3º define destinação como sendo:

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

Dessas alternativas de destinação a ideal seria a reutilização ou aproveitamento desses resíduos para a produção de novos materiais.

Oliveira (2015) fez um levantamento de cinco experimentos dentre dissertações, monografias e mestrados, que apresentam experiências em que utilizaram argamassa para revestimento produzida com RCC e RDC como agregado. Ao final do estudo concluiu-se que, apesar de acrescentar mais água a mistura para que atingisse a consistência ideal, a maioria dos testes apresentaram uma argamassa com resistência a compressão e a tração maior em relação aos compostos com agregado convencional, e os demais apresentaram desempenho equivalente.

Bagatini (2011) avaliou a substituição de materiais naturais, como brita graduada, por RDC em camadas de pavimentação de vias urbanas. Os testes foram realizados em três etapas com pistas experimentais, onde cada uma apresentava camadas com espessuras diferentes, sendo as duas primeiras utilizando camadas de bloco de concreto e RDC, e a última utilizando a convencional brita graduada. Os testes apresentados por um programa computacional mostrou que a primeira camada apresentou-se superior nos testes de fadiga e rompimento por cisalhamento.

Rodrigues *et al.* (2010) estudou a viabilidade de produzir um produto cerâmico a partir do reaproveitamento do bloco cerâmico e vidro, onde foram produzidos corpos de prova com diferentes proporções dos materiais. Foi concluído que apenas os blocos com até 30% de proporção de vidro em relação à cerâmica apresentaram um aumento na resistência mecânica, no entanto o material produzido apresentou ótimos resultados nos testes de absorção de água e resistência à flexão.

2.3 RESÍDUOS CIMENTÍCIOS

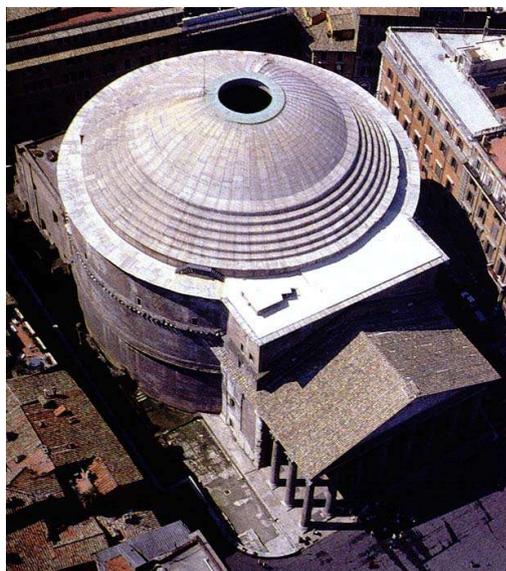
A partir do contexto de resíduos apresentado até aqui, e baseado nos dados da (Figura 1) apresentada no item 2.2.1 desse trabalho, percebe-se que dentre a percentagem de volume de RCC produzidos no Brasil, os materiais que se destacam são os resíduos cimentícios, de argamassa (63%) e concreto (29%), o que significa que são grandes causadores dos impactos retromencionados. Outro fator que levou a ênfase destes resíduos nesse trabalho é o fato de a Empresa A já desenvolver um trabalho de produção reversa de blocos de concreto para vedação a partir da utilização desses resíduos, gerados no próprio canteiro de obras da empresa.

2.3.1 Concreto

Segundo a ASTM (American Society for Testing and Materials), pode-se definir o concreto como um material compósito no qual há partículas aglutinadas de diferentes naturezas em um meio aglomerante (CONCRETO & CONSTRUÇÕES, 2009). Em suas primeiras utilizações, na antiguidade clássica, o aglomerante do concreto era cal e pozolana. Na Grécia, algumas vezes foi utilizado concreto composto por argamassa de terra vulcânica e cal, misturada com agregados vulcânicos, para execução de obras hidráulicas, principalmente, pois em algumas ilhas não havia jazidas de mármore, mas nas suas construções, em geral, os gregos tinham preferência por pedras e pouco utilizavam o concreto (ISAIA, 2011).

Ainda segundo o mesmo autor, os romanos, ao contrário dos gregos, revolucionaram suas edificações através da utilização desse material, com composição variando de acordo com o tipo de obra: para fundações de pontes e obras em contato com água utilizavam a pozolana reativa, que era diferente da tradicional pozolana da época, e para obras a seco eram empregadas pedras calcinadas ou argila e areia reativa. Suas técnicas construtivas, que foram aperfeiçoadas ao longo do tempo, e o concreto com boa resistência a compressão, fabricado por eles, os impulsionaram a execução de construções arrojadas, como o Panteão (Figura 6 e 7) que foi, durante quase 18 séculos, a construção recordista mundial de vão livre, pois sua cobertura é uma abóboda de concreto com diâmetro de 43,3m, além disso, contribuíram significativamente para o desenvolvimento da construção civil.

Figura 6 - Panteão vista aérea



Fonte: Borralho, 2012

Figura 7 - Panteão vista interna



Fonte: Borralho, 2012

De acordo com a Norma Brasileira – NBR 12655:2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, o termo “Concreto” se refere sempre ao “Concreto de Cimento Portland”, que é um tipo de material constituído por mistura homogênea de cimento, os agregados miúdos e graúdos e água, podendo ou não haver a incorporação de componentes minoritários, como aditivos químicos, metacaullim ou sílica ativa, desenvolvendo suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento, que é composta de cimento e água.

O principal nome relacionado ao Cimento Portland é do pedreiro e construtor inglês, Joseph Aspdin, que inventou o material e patenteou em 1824, e deu o nome em alusão a ilha de Portland, localizada no canal da mancha (ISAIA, 2011). Porém, de acordo com Adão e Hemerly (2010) a primeira fábrica do material, surgiu apenas em 1855, 31 anos depois, na cidade de Stettin, na Alemanha. Em 1871, a fabricação também chegou aos Estados Unidos, através da patente concedida à David Saylor, pioneiro da fabricação desse material no país (ISAIA, 2011).

Com mais de sete décadas de utilização, o concreto (a base de cimento Portland) é o material mais utilizado na construção civil, obtendo sua popularidade principalmente devido a facilidade de encontrar os componentes de sua estrutura, sua grande resistência a água, possibilidade de aplicação em grandes projetos – como barragens, revestimento de canais hidrográficos e pavimentos -, além de ser um material possível de se obter em diversas formas e dimensões por ser capaz de moldar e fazer a conformação de elementos estruturais (CINTRA, 2017).

A propriedade principal do concreto é a resistência a compressão, medida através da tensão que é uma quantidade de força aplicada em uma determinada área. O fator águamento durante a dosagem da mistura dos componentes do concreto é essencial para a determinação da resistência e durabilidade almejadas (ADÃO; HEMERLY, 2010). Outros fatores que influenciam na determinação dos resultados desejados, são a consistência, trabalhabilidade e homogeneidade do concreto no estado fresco, bem como seu adensamento, que deve ser realizado sem deixar vazios na fôrma e sem a segregação do material, o tempo de pega e o processo de cura a que for submetido (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2015).

Ao longo do tempo a fabricação do concreto tem melhorado e diversificado para atender as diversas necessidades do setor da Construção Civil. É possível encontrar no mercado diversos tipos de concreto: convencional, de alto desempenho, alta resistência inicial, bombeável, colorido, projetado, leve estrutural, pavimento rígido, resfriado, entre outros (ADÃO; HEMERLY, 2010). Além desses, vale enfatizar o concreto com agregado reciclado, que tem sua composição de agregados convencionais substituída, parcial ou total, por resíduos diversos que possam ser utilizados no concreto ou resíduos da própria construção civil, que atualmente é a principal fornecedora, o que justifica a necessidade de uma maior produção desse material. A principal diferença entre o concreto convencional e aquele contendo agregado reciclado é a porosidade (vazios), que é menor no primeiro e controlada somente na pasta de cimento e maior no segundo e controlada na pasta e no agregado, que ultrapassa facilmente 10% (ANGULO; FIGUEIREDO, 2011).

2.3.2 Blocos de concreto

Historicamente a alvenaria estrutural ganhou espaço no início da década de 50, em países como a Inglaterra, Alemanha, Suíça e Estados Unidos, quando através de estudos realizados na Europa constatou-se que era possível substituir as paredes com grandes espessuras por peças de dimensões reduzidas, como um edifício, construído na Suíça, em 1951, composto de 13 pavimentos erguidos em alvenaria não armada, com paredes internas e externas, com espessuras de 15 cm e 37,5 cm, respectivamente (JUSTE, 2001). No Brasil, somente em 1977 surgiram notícias a respeito de edifícios com 9 pavimentos, os quais também foram construídos em alvenaria não armada, com blocos sílico-calcários (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Os estudos da alvenaria não armada foram intensificados a partir do ano de 1990 com o surgimento do processo Poli-Encol que sugeriu significativa racionalização nas formas de construir. Vale destacar, entre essas formas, foi a utilização de blocos modulados com 15 cm, além de escadas pré-moldadas. Na época, algumas dessas recomendações significaram um avanço desse processo construtivo no Brasil (MOHAMAD *et al.*, 2010).

Os blocos de concreto possuem duas principais classificações: Blocos Estruturais e Blocos de Vedação. Eles são idênticos fisicamente, porém nos blocos estruturais as paredes da peça são mais espessas, o que lhe permite uma resistência a compressão maior, podendo ser utilizado como estrutura de sustentação da edificação, já os blocos de vedação, em relação a alvenaria comum (tijolo cerâmico), permite a execução das paredes com maior velocidade, pois suas peças são maiores em relação aos tijolos, além de permitir um melhor alinhamento da parede. Outra vantagem dos blocos é possibilidade de passagem de tubulações elétricas e hidráulicas dentro deles, eliminando assim, a necessidade de corte das paredes, depois de prontas, para embutir essas tubulações (INMETRO, 2018).

A alvenaria não armada de blocos de concreto vazado, dentro do sistema de alvenaria estrutural, é um dos elementos possivelmente mais promissores, pois já existem muitos fornecedores desse material, além da economia que é gerada por ele. Os tipos de edificações mais recomendadas para utilizar esse material, são as de baixo e médio padrão, com no máximo 12 pavimentos, que nesse caso, são paredes com espessura de 14 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Os blocos de concreto para vedação são normatizados pela ABNT-NBR6136:2016 a qual os define quanto a classificação (Quadro 2), materiais utilizados, dimensões e espessuras das peças, requisitos para inspeção, aceitação e rejeição. Estes blocos são menos exigentes quanto à resistência a compressão, absorção e retração, pois não possuem função estrutural.

Quadro 2 - Classificação dos blocos de concreto vazado (continua)

Classe A	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo
Classe B	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo
Classe C	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo

Quadro 2 - Classificação dos blocos de concreto vazado (conclusão)

Classe D	Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo
----------	--

Nota: recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C designados M10 para edificações de no máximo um pavimento, os designados M12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos e os designados de M15 e M20, para edificações maiores.

Fonte: ABNT, 2016

2.3.3 Argamassa

O registro mais antigo de argamassa foi na Galiléia, em Israel, em 1985, onde foi encontrado um piso produzido nos anos 7.000 a 9.000 a.C., o qual apresenta uma área de 180m², formado por pedras e argamassa de areia e cal. Acredita-se que esse foi o primeiro emprego desse material pelo homem. Na década de 30 no Brasil, a argamassa era produzida somente de forma manual ou mecanicamente dentro da própria obra para que atingisse uma boa homogeneidade (CARDOSO, 2010).

A argamassa, durante séculos, foi produzida apenas com cal, mas após vários testes de dosagem com cimento, areia e cal, sua resistência e trabalhabilidade foram aprimoradas permitindo o desenvolvimento de tipos diferentes de argamassa para aplicações particulares, além de serem pré-dosadas e ensacadas desde 1920 (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012).

Ela é o resultado da mistura homogênea de aglomerantes, agregados miúdos e água. Quando há necessidade de melhorar algumas características da argamassa como, resistência, impermeabilidade, aderência ou durabilidade, pode-se adicionar outros componentes além dos essenciais. As argamassas apresentam características plásticas e adesivas no momento da aplicação e adquirem rigidez e resistência após um determinado período de tempo (VARELA, 2018). Quanto às funções, a argamassa apresenta características específicas para cada uma delas, podendo ser classificada em:

- Argamassa para construção de alvenarias: utilizada no assentamento de blocos e tijolos para a elevação de paredes e muros. (argamassa de assentamento e de fixação);
- Argamassa para revestimento de paredes e tetos: utilizada no revestimento de muros, tetos e paredes e normalmente recebem acabamentos. (argamassa de

chapisco, emboço, reboco, de camada única e para revestimento decorativo monocamada);

- Argamassa para revestimento de pisos: utilizada para uniformizar a superfície para que o piso receba o acabamento. (argamassa de contrapiso e de alta resistência para piso);
- Argamassa para revestimentos cerâmicos: utilizada na fixação de peças cerâmicas no contrapiso e auxilia na absorção de deformidades naturais do sistema, além de vedar as juntas entre as peças. (argamassa de assentamento de peças cerâmicas (colante) e de rejuntamento);
- Argamassa para recuperação de estruturas. (argamassa de reparo) (MORAES, 2018).

Carasek (2010) cita também outros critérios de classificação, como mostra o Quadro

3:

Quadro 3 - Classificação das argamassas

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	Argamassa aérea
	Argamassa hidráulica
Quanto à consistência da argamassa	Argamassa seca
	Argamassa plástica
	Argamassa fluída
Quanto ao número de aglomerantes	Argamassa simples
	Argamassa mista
Quanto ao tipo de aglomerante	Argamassa de cal
	Argamassa de cimento
	Argamassa de cimento e cal
	Argamassa de gesso
Quanto à plasticidade da argamassa	Argamassa de cal e gesso
	Argamassa pobre ou magra
	Argamassa média ou cheia
Quanto à densidade de massa da argamassa	Argamassa rica ou gorda
	Argamassa leve
	Argamassa normal
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	Argamassa pesada
	Argamassa preparada em obra
	Mistura semipronta para argamassa
	Argamassa industrializada
	Argamassa dosada em central

Fonte: Carasek, 2010.

Segundo Ferreira (2010), as argamassas podem ser produzidas na obra, ter dosagem em central ou vir ensacadas já industrializadas. O modo que apresenta melhor custo em relação ao valor do material é a argamassa produzida na obra, onde seus componentes são estocados no local e é então feito a mistura, no entanto, essa economia não leva em conta os benefícios relacionados ao processo de produção.

Já as argamassas industrializadas, por conterem aditivos que incorporam ar, retém água e proporcionam ação plastificante, apresentam melhores propriedades. A precisão do traço é garantida, pois todo o material é pesado, além de apresentar garantia por parte do fabricante. Canteiros de obra que apresentam pouco espaço vêm nesse método uma melhor opção, pois pelo fato de já vir ensacada e pré-misturada, podem ser preparadas rente ao local de uso e sem ocupar grande espaço no local. O cuidado nesse caso deve ser com relação a proporção de água na mistura, para que não afete a resistência pré determinada pelo fabricante.

A qualidade dos agregados miúdos é fundamental na produção de uma argamassa, fazendo-se necessário a observação do tamanho, textura e proporção dos grãos no caso de agregados obtidos a partir de britagem de rocha. Nesse caso, em alguns casos deve-se fazer uma readequação dessa proporção de acordo com a finalidade de aplicação. Nas argamassas de revestimento, há uma grande complicação quanto ao uso de areia artificial devido a baixa trabalhabilidade, já que apresentam grãos com formatos lamelares ou alongados. Todo um cuidado deve ser tomado em relação à escolha do agregado, já que o índice de vazios e a acomodação das partículas na pasta de água/aglomerante afetam diretamente as propriedades mecânicas da argamassa (CARDOSO, 2010).

3 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE BLOCOS COM AGREGADO RECICLADO

A empresa onde foi realizado o estudo de caso atua no mercado de incorporação e construção desde o ano de 1986, sempre prezando pela qualidade na execução dos serviços. No ano de 2007, a mesma implantou um sistema integrado de gestão (SIG), demonstrando seu compromisso com a sustentabilidade, o que levou à conquista das cinco certificações: NBR ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental; NBR ISO 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade; OHSAS 18001 – Sistema da Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho; NBR 16001 – Sistema de Gestão de Responsabilidade Social e PBQP-H Nível A – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat.

Na data da visita a um dos canteiros de obra da empresa, a coleta dos resíduos e a produção dos blocos haviam finalizado, pois a demanda havia sido suprida naquela edificação. No entanto, através das explicações do engenheiro responsável pelas obras da empresa, relatando o processo, desde a coleta dos resíduos até a produção e utilização dos blocos de concreto na própria obra geradora, visitando os locais que fazem parte do percurso, além do contato com todos os equipamentos componentes do sistema, foi possível entender todo o processo, como descrito nos próximos itens.

3.1 PERCURSO DO RESÍDUO E PRODUÇÃO DOS BLOCOS

Assim que recebidos na obra, o pedrisco e a areia artificial são levados para baias de estocagem de agregados localizados no nível da rua. Em seguida um operário fica responsável por lançar esse material em uma laje elevada com furos, que direciona o material para a gaveta de pesagem da balança. O cimento é recebido no mesmo local e estocado no almoxarifado, onde irá ser posteriormente encaminhado de forma manual até o misturador, localizado no mesmo nível da balança.

Os resíduos de argamassa e blocos de concretos descartados ao longo dos pavimentos são lançados em um duto, mostrado no detalhe das Figuras 8(a) e 8(b), que os leva até a baia de resíduos, localizada também no nível da rua, no entanto todo esse material tem que ser umidecido antes desse processo a fim de reduzir a poeira. Ao se acumularem na baia, formam-se pilhas desse material (Figura 9(a)) que posteriormente será separado manualmente por um operário de todo material que não possuir origem cimentícia, (Figura 9(b)), como pedaços de madeira, plástico, pregos, etc.

Figura 8 - (a) e (b) Final do duto de descarte de resíduos.



Fonte: Próprias autoras, 2018

Figura 9 – Resíduos lançados no duto: (a) Resíduo a ser triturado (em pequena quantidade no dia devido já ter cessado a produção); (b) Materiais que foram separados do resíduo para serem descartados (tubos, pregos, pedaços de aço, etc.)



Fonte: Próprias autoras, 2018

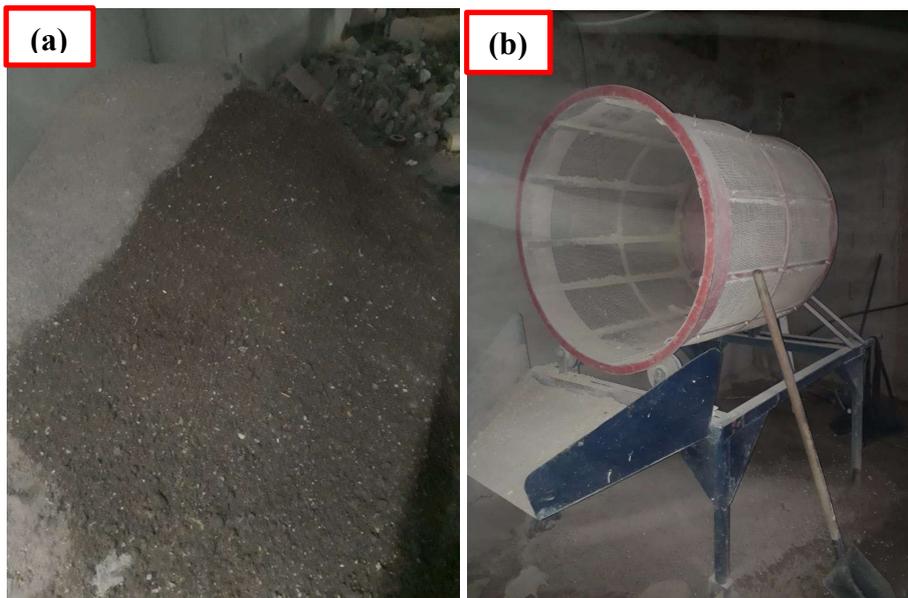
Após esse processo, o mesmo operário fica encarregado de levar os resíduos já separados até o triturador (Figura 10(a) e 10(b)), que fica no mesmo nível. Após ser triturado (Figura 11(a)), o resíduo é passado na peneira (Figura 11(b)) e então será produzido o agregado reciclado (Figura 12) que é armazenado na baía de armazenamento de agregado reciclado. Em seguida, o agregado reciclado é colocado em um duto que o direciona para o nível do misturador.

Figura 10 – (a) Triturador de mandíbula; (b) Funil do triturador



Fonte: Próprias autoras, 2018

Figura 11 – (a) Resíduo triturado; (b) Peneira do agregado reciclado



Fonte: Próprias autoras, 2018

Figura 12 – Agregado reciclado triturado e peneirado



Fonte: Próprias autoras, 2018

Todo esse material, areia artificial, cimento e agregado reciclado, vão por meio de gravidade para o misturador (Figura 13(a)), onde são pesados em uma balança (Figura 13(b)), localizada logo acima do mesmo e assim que atingem o peso necessário para a mistura são depositados no misturador. No local trabalham entre um e dois operários, dependendo da demanda de concreto na máquina vibro prensa, localizada abaixo do misturador.

Figura 13 – (a) Misturador; (b) Balança.



Fonte: Próprias autoras, 2018

Após o processo de homogeneização do concreto seco no misturador, o material é transferido para a gaveta alimentadora do equipamento de vibro-compressão (Figura 14). Ao

sair da gaveta, o concreto preenche os moldes e através vibro-prensagem atinge a altura pré-determinada dos blocos. Cada ciclo da máquina produz 14 blocos de três diferentes dimensões.

Figura 14 - Máquina Vibro-prensa



Fonte: Próprias autoras, 2018

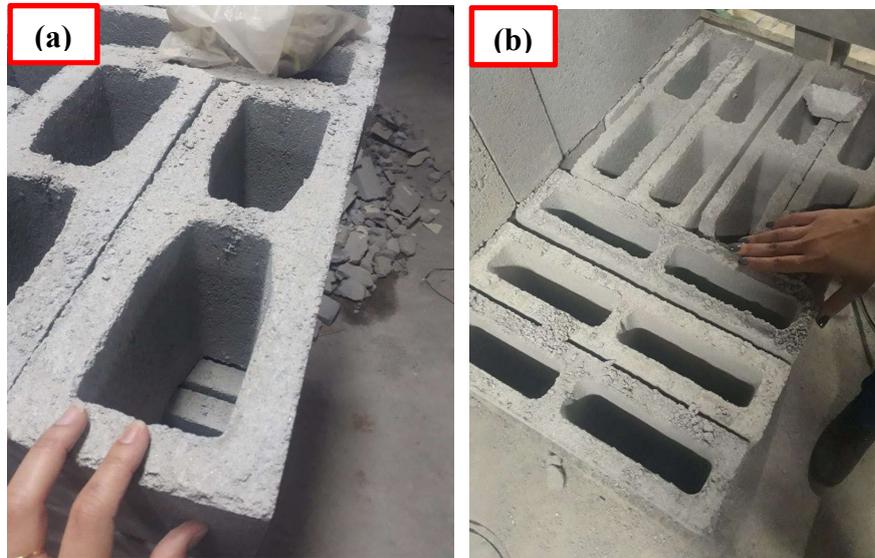
A desmoldagem dos blocos ocorre sobre uma prancha de madeira, que logo em seguida é transferida por um operário, com o auxílio de um carrinho com garras, até gaiolas onde ocorre o processo de cura ambiente do material que acontece no máximo até 48 h. Passadas as horas de cura necessárias, os blocos são empilhados e paletizados (Figuras 16(a) a 16(b)) para posteriormente serem deslocados até o pavimento que requer sua utilização.

Figura 15 – (a) Ao fundo, blocos de canto no estoque; (b) Blocos paletizados.



Fonte: Próprias autoras, 2018

Figura 16 - Blocos finalizados e paletizados, prontos para o uso na obra: (a) Blocos 12 x 19 x 39 cm; (b) 9 x 19 x 39 cm



Fonte: Próprias autoras, 2018

É necessário enfatizar, que apesar de todo *layout* de obra ser diferente devido aos canteiros de obra e planejamento não serem os mesmos, todo os processos de reciclagem dos resíduos e produção dos blocos são feitos com o auxílio da gravidade, visando economia e a redução na utilização de mão de obra e equipamentos.

3.2 ESTUDO DE PESQUISA EXPERIMENTAL DOS BLOCOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Inicialmente a produção dos blocos, no canteiro de obra, eram realizadas com traços determinados de forma empírica, porém, foi realizada uma pesquisa, em parceria com a empresa A, pelo então mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotécnica, Estruturas e Construção Civil (PPG-GECON) da Universidade Federal de Goiás (UFG), Pedro Celestino, com o objetivo de analisar a composição dos traços utilizados, além de aperfeiçoar o processo produtivo em geral. A dissertação foi parte fundamental para a elaboração deste estudo, pois todas as informações, descritas a baixo, referentes à execução dos ensaios, bem como seus resultados, foram extraídas da mesma, de forma sucinta e objetiva, para mostrar que é possível produzir blocos, com o resíduo, que atendem as normas e os traços estão a disposição pra quem desejar aderir a prática

Os materiais adotados na pesquisa foram os mesmos já utilizados na produção dos blocos, dos quais foram tiradas amostras para execução de ensaio granulométrico, em laboratório. São eles: areia artificial resultante da britagem de rocha sã de micaxisto com módulo de finura igual a 3,12 mm (agregado miúdo), pedrisco com módulo de finura igual a 4,63 (agregado graúdo), resíduos cimentícios, gerados no canteiro de obra, resultante de restos de argamassa e pedaços de blocos de concreto processados em britador de mandíbula, com módulo de finura igual a 3,41 (agregado miúdo), cimento Portland CP V-ARI (aglomerante) e aditivo plastificante/desmoldante para melhorar a compactação e facilitar a moldagem e desmoldagem dos blocos.

Para análise das variáveis: densidade de moldagem, umidade da massa de concreto, teor de incorporação de resíduos, variação da quantidade de cimento e tipo de cura, o pesquisador adotou três traços (Tabela 5) já utilizados inicialmente, no canteiro de obra.

Tabela 5 - Traços utilizados na pesquisa de acordo com a relação cimento: agregado (em massa)

MATERIAL	PROPORCIONAMENTO DE MATERIAL		
	TRAÇO A	TRAÇO B	TRAÇO C
Cimento	1	1	1
Areia artificial	11,5	0 a 8	10
Agregado reciclado	-	3,5 a 11,5	3,75 a 11
Pedrisco	6,5	6,5	-
Relação	1:18	1:18	1:13,75 a 1:21
Cimento:agregado			

Fonte: Celestino, 2013

No início do estudo de dosagem foi determinada a densidade de moldagem dos blocos produzidos, com o traço referência (traço A), pela máquina de vibro-compressão. A determinação ocorreu através de pesagem dos blocos recém-moldados, para determinação da massa; imersão dos mesmos em um recipiente com água durante um período de 24h para deixá-los saturados; secagem da superfície após esse período e novamente a imersão em um recipiente com extravasor, para determinação do volume, que foi medido através da quantidade de água extravasada do recipiente. Foi considerado o valor médio de densidade de 10 medições de volume e massa. Além disso, foram moldados corpos de prova cilíndricos (CPs) com diâmetro de 5 cm e altura de 10 cm e determinado a coesão do concreto de

referência com o objetivo de determinar as características reológicas do concreto. Os resultados médios encontrados para a massa dos blocos foi 9.792 g e para o volume foi 4.437 mL, o que resultou em uma densidade média da máquina de 2,2 kg/dm³. A absorção média resultante foi de 8,6%, atendendo a norma NBR 6136, vigente da época, que exige uma porcentagem menor ou igual a 10%, além de apresentar uma massa com boa coesão.

Foi realizado o ensaio de determinação da densidade ótima de moldagem, já que a densidade influencia diretamente na moldagem dos corpos de prova e na resistência final do bloco. Embora, quanto maior a densidade, maior a resistência, é necessário encontrar um meio termo para que os blocos tenham uma maior facilidade de moldagem e para que não haja um desgaste na máquina vibro-prensa, nem um aumento no tempo de produção.

Para a execução do ensaio foram analisadas três densidades diferentes, utilizando 4 CPs para cada uma delas, produzidos com concreto de traço A (referência). Os três tipos de densidade foram: densidade média, densidade baixa e densidade alta (ambas com variação, em relação à densidade média, de -0,10 kg/dm³ e +0,10 kg/dm³, respectivamente). O processo de cura dos CPs foi o mesmo utilizado para os blocos de referência (processo de secagem ambiente) já analisados no início dos testes de dosagem e o teste de resistência ocorreu após 28 dias. O ensaio demonstrou que a densidade ótima estava entre 2,2 kg/dm³ e 2,3 kg/dm³ permitindo a determinação, através de equação, do coeficiente de previsão de resistência, que estava entre 1,5 a 2,0, para os traços analisados na pesquisa.

Posteriormente ao ensaio de densidade ótima foi executado um ensaio utilizando os Traços B e C, com suas composições originais utilizadas no canteiro de obra, para determinar a umidade ótima. Foram moldados 52 CPs ao total, sendo 4 unidades para cada variação de umidade dos traços. Para o Traço B foram analisadas variações de 6% a 8% e para o traço C variações de 6% a 9,5%, todas com intervalos de 0,5%. Outras características também foram analisadas, como o “teste de pelota”, que é a capacidade de moldar um pedaço da massa de concreto, com as mãos, sem que a mesma se desfaça ou grude; constatação de leve umidade nas superfícies dos moldes dos CPs, após a desmoldagem, e o nível de facilidade para moldagem dos CPs através de golpes com martelo de borracha. As umidades ótimas encontradas foram 7% para o Traço B e de 8 a 8,5% para o Traço C.

Após a determinação dessas duas características, foram analisadas variações quanto ao teor de resíduo, no traço B, e teor de cimento, no Traço C. Para a análise de variação do teor de resíduo do traço B foram moldados um total de 32 CPs com utilização de agregado miúdo (areia artificial) no lugar do agregado reciclado, com substituições em intervalos de

10% entre 30% (porcentagem utilizada no canteiro) e 100%, sendo 4 CPs para cada intervalo de porcentagem de substituição. Com a mesma quantidade de CPs foi analisado a variação do teor de cimento no Traço C, iniciando com a quantidade de 1:13,75 (cimento:agregados), conforme definição empírica do canteiro de obra, seguida da variação de 1:15 à 1:21, com intervalos de 1 unidade, sendo 10 unidades a quantidade fixa de agregado miúdo.

A substituição de 100% da areia artificial por agregado reciclado, no Traço B, apresentou um aumento de 12% de resistência à compressão o que significa também uma economia na produção, pois ao eliminar o gasto com a areia artificial o custo de produção dos blocos com esse traço reduziu em 14,30%. Já na análise de variação do teor de cimento do Traço C, houve um aumento de 31% na proporção de agregados em relação a proporção inicial do traço (de 1:13,75 para 1:18), o que diminuiu apenas 19% da resistência a compressão, mantendo-se ainda dentro dos padrões normativos, além de também reduzir os custos de produção, com esse traço, em 18,60%.

Outro fator avaliado, após os ensaios de dosagem, foi o impacto da cura dos blocos na resistência à compressão. Para essa avaliação foram realizados alguns processos de curas em escala reduzida: cura com aspersão de água, cura ao ambiente, cura envolto em lona; e em escala real: cura em gaiola envolta com lona, cura em gaiola envolta com lona dos blocos da prateleira alta e blocos da prateleira baixa e bandeja com lâmina d'água e cura ao ambiente. Porém o processo que apresentou um resultado satisfatório foi a cura em gaiola envolvida por lona plástica, pois em relação ao processo de cura ao ambiente os ensaios de resistência a compressão apresentaram 59% melhores.

4 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS GERADOS PELA PRODUÇÃO

Apesar de a construção civil ter um grande papel econômico na sociedade, também é a grande responsável pela maioria dos resíduos sólidos gerados no mundo. A falta de planejamento e locais adequados para seu descarte causa diversos debates onde construtoras, entidades de classe, municípios, cooperativas de entulho e mercado culpam uns aos outros pela não eficiência ou total falta do gerenciamento de resíduos e exelência ambiental. A partir disso, um fator determinante para a mudança na construtora foi a conscientização de que o problema de gerenciamento na cidade poderia ser resolvido internamente, e apenas com o auxílio de universidades e entidades da classe. Através do processamento e reciclagem dos resíduos gerados dentro do próprio canteiro de obra, e do estudo previamente citado, a empresa conseguiu reduzir drasticamente o descarte dos resíduos e ainda diversas vantagens no sentido econômico, social e de desempenho ambiental.

Ao reutilizar seus próprios resíduos, a empresa deixa de descartar grande parte deles, o que causa uma grande economia em relação aos seus gastos com caçamba e compra de agregados diversos, promovendo assim uma logística reversa. Além disso, os blocos agora utilizados possuem uma qualidade e homogeneidade superior, o que melhorou a planicidade e verticalidade da alvenaria, reduzindo significativamente a espessura de reboco em quase 50%. O material, diferentemente dos blocos cerâmicos, permite a instalação de tubos em seus furos, o que faz desnecessária a sua quebra e conseqüentemente o desperdício do material.

4.1 BENEFÍCIO AMBIENTAL

O impacto ambiental gerado pelos canteiros de obra da empresa também diminuiu significativamente, pois em média 90% dos resíduos classe A gerados pela mesma são utilizados no próprio canteiro gerador. Para exemplificar em números a diminuição desse impacto, são apresentados, abaixo, dados fornecidos pela empresa, os quais demonstram a diminuição do descarte realizado por caçamba e o potencial de reaproveitamento do resíduo em geral:

- **Área construída (Aconst):** 21.125,17 m²
- **Área alvenaria rebocada (Aalvb):** 23.837,49 m²
- **Volume médio de entulho gerado nos canteiros de obra da empresa (Vme):** 0,1031425 m³/m²

Volume total de resíduo: $A_{const} \times V_{me} = 21.125,17 \times 0,1031425$

O volume de resíduo para a área construída é igual a 2.178,90 m³, o qual dividido pelo volume de uma caçamba (5 m³) resulta:

Quantidade de caçambas = $2.178,90 / 5 = 435,78 \approx 436$ unidades

Desse volume total de resíduo, 1.988,03 m³ são os resíduos que podem ser aproveitados, o que representa 91,24% do total dos resíduos gerados, ou seja, apenas 8,76% serão descartados. Este percentual demonstra uma diminuição do índice anterior da empresa de aproximadamente 130kg/m² para cerca de 11,70Kg/m² na quantidade de entulho descartado.

4.2 BENEFÍCIO FINANCEIRO

Além da diminuição do impacto ambiental, houve um impacto econômico positivo com a produção dos blocos, baseado nas informações de um relatório financeiro realizado no ano de 2011 fornecido pela Empresa A:

1- Redução do número de caçambas para descarte:

Quantidade de caçambas não utilizadas = $1.988,03 / 5 = 397,61 \approx 398$ unidades

Custo por caçamba: R\$ 160,00

Economia de caçambas (Eca) = $398 \times R\$ 160,00 = R\$ 63.680,00$

2- Redução da quantidade de agregados utilizados nos traços de concreto e consequentemente redução dos custos com eles:

Quantidade total de agregados (areia+pedrisco): 6.652,77m³

Porcentagem de agregado reciclado em relação à quantidade total de

agregados: $(1.988,03 / 6.652,77) \times 100 = 29,88\%$

Custo do m³ agregado (areia/pedrisco): R\$43,00/m³

Economia de agregado (Eag) = $1.988,03 \times R\$ 43,00 = R\$ 85.484,00$

3- Redução de custo de mão de obra para execução de alvenaria rebocada dos 2 lados (Tabela 7):

Tabela 6 - Custo mão de obra alvenaria rebocada 2 lados (HH/M²)

Parâmetro	A	B	C	D	A+C	B+D	Diferença
MO	1,65	2,74	3,72	2,48	5,37	5,22	-0,15

LEGENDA: A - Alvenaria Bloco Cerâmico; B - Alvenaria Bloco Concreto Produzido;

C - Reboco 2,5 cm sobre base cerâmica e D - Reboco 1,5 cm sobre base concreto.

Nota: custo com leis sociais e percentagem de tarefa

Fonte: Galvão, 2018

**Economia de mão de obra (Emo): $0,15\text{HH}/\text{m}^2 \times 23.837,49 \text{ m}^2 \times 3,87 \text{ R\$/H} =$
R\\$ 13.837,66**

- 4- Redução de custo de material utilizado para execução de alvenaria rebocada dos 2 lados (Tabela 7):

Tabela 7 - Custo de materiais (R\\$/M²)

Parâmetro	A	B	C	D	A+C	B+D	Diferença
MAT	12,75	11,38	30,02	20,88	42,77	32,26	-10,53 (24,5%)

LEGENDA: A - Alvenaria Bloco Cerâmico; B - Alvenaria Bloco Concreto Produzido
 C - Reboco 2,5cm sobre base cerâmica e D - Reboco 1,5cm sobre base concreto

Fonte: Galvão, 2018

Economia de material (Emat): $23.837,49 \text{ m}^2 \times 10,53 \text{ R\$/m}^2 = \text{R\$ } 251.008,77$

- 5- Redução total de custo para a produção dos blocos utilizando o resíduo:

Economia total = Eca + Eag + Emo + Emat = R\\$ 414.010,43

Embora a reutilização dos resíduos seja muito vantajosa por diminuir o impacto ambiental e reduzir os gastos, houve um custo inicial de implantação do sistema de produção dos blocos, como mostra a Tabela 8, também fornecida pela empresa. Porém esse custo foi recuperado a partir da segunda obra tornando lucro imediato.

Tabela 8 - Custos de implantação do sistema de produção dos blocos de concreto

EQUIPAMENTO	CUSTO
Máquina de blocos:	R\$ 150.000,00
Máquina de Triturar entulho:	R\$ 13.000,00
Implantação:	R\$ 30.000,00
Total:	R\$ 193.000,00

Fonte: Galvão, 2018

Lucro inicial = economia total - custo do sistema

Lucro inicial = R\\$ 414.010,43 - R\\$ 193.000,00 = R\\$ 221.010,43

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos realizados na fundamentação teórica deste trabalho notou-se o quanto a construção civil impacta positiva e negativamente nos meios social, econômico e ambiental. Mas o que aqui chamou atenção foi o grande volume de resíduos que ela produz e a pequena quantidade desse volume que é reutilizado. A quantidade de usinas de reciclagem, no Brasil, por exemplo, ainda é muito pequena, pois, diferente dos países desenvolvidos, a cobrança e incentivo governamental para a reutilização dos mesmos não é tão rigorosa, o que poderia ser a chave para a percepção do quão prejudicial é o descarte desses resíduos para o meio ambiente e o quão lucrativo é a utilização deles como matéria prima nas construções. Além disso, foi possível conhecer diversas pesquisas que desenvolveram novos materiais a partir da reutilização desses resíduos, mostrando que essa é também uma matéria prima promissora e ainda pouco explorada, mas que se descartada torna-se um grande agente degradador do meio ambiente.

Quanto ao estudo de caso realizado na Empresa A, percebeu-se que o sistema de coleta dos resíduos e a produção dos blocos de concreto por gravidade, geram economia de energia, equipamento e mão de obra. Além disso, a partir do estudo da pesquisa realizada pelo Me. Pedro Celestino em que foram avaliados e aperfeiçoados os traços de concreto usados na fabricação dos blocos, constatou-se que os blocos produzidos com agregado reciclado além de atenderem as normas, apresentaram uma qualidade superior aos blocos convencionais.

Através das informações fornecidas pela empresa, também concluiu-se que o sistema implantado de coleta e produção é uma alternativa, logística e financeiramente, viável para obras de grande porte, além de apresentar benefícios econômicos e ambientais, pois o volume de resíduo que seria descartado e que acabaria agredindo o meio ambiente se torna uma matéria prima sem custo que elimina os gastos com caçamba e com a aquisição de outras matérias primas e ainda produz um produto com maior qualidade.

Isto posto, a implantação desse sistema de reutilização dos resíduos cimentícios, em empresas com empreendimentos semelhantes ao da Empresa A, apresenta-se como uma alternativa significativa de preservação para o meio ambiente, pois reduziria consideravelmente a disposição dos resíduos gerados por elas em aterros, evitando a saturação dos mesmos e impactaria positivamente nas suas finanças, uma vez que os gastos com aluguel de caçamba e aquisição de agregados naturais serão reduzidos significativamente.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se mais estudos na área de blocos de concreto sem função estrutural contendo informações quanto a sua utilização e benefícios, pois os estudos relacionados ao assunto tratam-se principalmete de blocos com função estrutural.

Recomenda-se estudos substituindo agregados por outros materiais, como cerâmica, vidro e gesso, visto que são elementos que normalmente se apresentam em grande quantidade em obras e podem gerar novos tipos de materiais reciclados além de blocos. Esse processo traria ainda mais benefícios às empresas e ao meio ambiente, podendo até a extinguir resíduos de construções.

REFERÊNCIAS

ABRECON. **O QUE É ENTULHO?** Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/o-que-e-entulho/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

ADÃO, Francisco Xavier; HEMERLY, Adriano Chequetto. **CONCRETO ARMADO: NOVO MILÊNIO - CÁLCULO PRÁTICO E ECONÔMICO**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 224 p.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M.. **O DESAFIO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo: Blucher, 2011.

ANÁPOLIS (Org.). **PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Anápolis: Pmgirs, SD. 204 p.

ANGULO, Sérgio C.; FIGUEIREDO, Antonio Domingues de. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. In: IBRACON, 53., 2011, Florianópolis. **CONCRETO COM AGREGADOS RECICLADOS**. São Paulo: Arte Interativa, 2011. v. 2, p. 1731 - 1767.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2006. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. 5 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016.

BAGATINI, Felipe. **RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: APROVEITAMENTO COMO BASE E SUB-BASE NA PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS**. 2011. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BORRALHO, Ana. **PANTEÃO DE ROMA**. 2012. Disponível em: <<http://anaborralho.com/viagens/panteao-de-roma>>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL. **LEI Nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília,DF, 3 ago. 2010.

BRASIL, **RESOLUÇÃO CONAMA Nº20**, de 18 de junho de 1986. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U. de 30 julho 1986.

CARASEK, Helena. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. In: IBRACON, 52., 2010, Fortaleza. **ARGAMASSAS**. São Paulo: Arte Interativa, 2011. v. 2, p. 885 - 936.

CARDOSO, José Ribamar de Abreu. **USO DO AGREGADO DE ENTULHO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE MANAUS - AM PARA OBTENÇÃO DE BLOCO DE ARGAMASSA CELULAR**. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Manaus, 2010.

CARVALHO, Patrícia Menezes. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE EM CANTEIROS DE OBRAS DE**

ARACAJU. 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

CELESTINO, Pedro Henrique Monteiro. PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO EM OBRA COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO CIMENTÍCIO COMO AGREGADO. 2013. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

CINTRA, Laura Borges. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE CONCRETOS COM AR INCORPORADO. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

CONCRETO & CONSTRUÇÕES. São Paulo: Ibracon, n. 76, 2009. Trimestral.
FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2012. 42 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

FERREIRA, Beatriz Bernardes Dias. TIPIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS. 2010. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

GALVÃO, WESLEY DE ANDRADE. FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO. Goiânia-GO, Pontal Engenharia, 30 de julho 2018. Entrevista em visita técnica a Mayres Oliveira Costa e Vitória Martins Abrahão.

GOIÂNIA (Org.). PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA. Goiânia: Fral, 2016. 485 p.

GOIÁS (Org.). PLANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ESTADO DE GOIÁS. Goiânia: Secima, SD.

IBGE. PERFIL DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS: 2017: Pesquisas de Informações Básicas Municipais. Rio de Janeiro: Ibge, 2018. 106 p.

INMETRO. BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/blocoConcreto.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ISAIA, Geraldo Cechella. CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. In: IBRACON, 53., 2011, Florianópolis. **A EVOLUÇÃO DO CONCRETO ESTRUTURAL.** São Paulo: Arte Interativa, 2011. v. 2, p. 1 - 56.

JUSTE, Andrea Elizabeth. ESTUDO DA RESISTÊNCIA E DA DEFORMABILIDADE DA ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO SUBMETIDA A ESFORÇOS DE COMPRESSÃO. 2001. 255 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

MARTINS, Tais. O conceito de desenvolvimento sustentável e seu contexto histórico: algumas considerações. **REVISTA JUS NAVIGANDI**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 9, n. 382, 24 jul. 2004.

MIKHAILOVA, Irina. SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS E OS PROBLEMAS DA MENSURAÇÃO PRÁTICA. **ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO**, Santa Maria, v. 16, p.22-41, 2004.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach et al. Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **PANORAMA ATUAL DO SETOR DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL**. São Paulo: Entac, 2016. p. 4247 - 4267.

MOHAMAD, Gihad et al. Materiais de construção civil: e princípios de ciência e engenharia de materiais. In: IBRACON, 52., 2010, Fortaleza. **ALVENARIA ESTRUTURAL**. São Paulo: Arte Interativa, 2010. v. 2, p. 1045 - 1075.

MORAES, Mayara. **ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO**. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/argamassas-de-revestimento-material-auxiliar>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

OLIVEIRA, Bárbara Tannus de. **USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO DE ALVENARIA**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, POLI/UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.

PARSEKIAN, Guilherme A.; HAMID, Ahmad A.; DRYSDALE, Robert G.. **COMPORTAMENTO E DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**. 20. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 625 p.

PEREIRA, Caio. Tipos de Resíduos da Construção Civil. **ESCOLA ENGENHARIA**, 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-residuos/>>. Acesso em: 16 de agosto de 2018.

PIOVEZAN JÚNIOR, Gilson Tadeu Amaral. **AValiação dos Resíduos da Construção Civil (RCC) Gerados no Município de Santa Maria**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R. S.. **PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

RODRIGUES, R.a. et al. Ciência e Engenharia de materiais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS**, 19., 2010, Campos

do Jordão. **AVALIAÇÃO DO REAPROVEITAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS E DE VIDRO NO DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO CERÂMICO**. São Paulo: Cbecimat, 2010. p. 2141 - 2147.

SANTOS, Eder Carlos Guedes dos. **APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECICLADOS (RCD-R) EM ESTRUTURAS DE SOLO REFORÇADO**. 2007. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SILVA, Otavio Henrique da et. al. **ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Reget/ufsm, Maringá v. 19, p.39-48, 2015.

SILVEIRA, Pryscilla dos Santos. **O CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2011. 88 f. Monografia (Especialização) – Curso de Gestão Ambiental, Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2011.

TOZZI, Rafael Fernando. **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO GERENCIAMENTO NA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC): ESTUDO DE CASO DE DUAS OBRAS EM CURITIBA/PR**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

UWAI, Márcia de Souza. **CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLETA DE PEQUENOS VOLUMES DE RCC**. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

VARELA, Marcio. ARGAMASSA. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/materiais-de-construcao/argamassas/view>>. Acesso em: 23 ago. 2018.