

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LAÍS APARECIDA DE OLIVEIRA CORDEIRO

CONCRETO RECICLADO E SUA UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Lages - SC
2021

LAÍS APARECIDA DE OLIVEIRA CORDEIRO

CONCRETO RECICLADO E SUA UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Unifacvest como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Dr. Aldori Batista dos Anjos.

Lages - SC

2021

Ficha de identificação da obra

Cordeiro, Laís Aparecida de Oliveira
Concreto Reciclado e sua utilização na Construção
Civil/ Laís Aparecida de Oliveira Cordeiro; orientador,
Aldori Batista dos Anjos, 2021.
49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Centro Universitário Unifacvest, Graduação em Engenharia Civil,
Lages-SC, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Concreto Reciclado.
3. Resíduos. 4. Sustentabilidade.
I. Batista dos Anjos, Aldori . II. Centro
Universitário Unifacvest. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

LAÍS APARECIDA DE OLIVEIRA CORDEIRO

CONCRETO RECICLADO E SUA UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Universitário Unifacvest-SC.

Lages, 13 de julho de 2021.

Professor Dr. Aldori Batista, dos Anjos
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Professor Dr. Aldori Batista, dos Anjos
Orientador
Instituição Unifacvest

Professor Pierre Wachsmann, dos Anjos
Avaliador
Instituição Unifacvest

Professor Nicolas Negri
Avaliador
Instituição Unifacvest

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, por todas as oportunidades a mim concedidas.

Aos meus pais, por todo amor e apoio. E a todos que contribuíram de alguma forma.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pois sem Ele eu nada seria. Obrigado Senhor por todas as oportunidades, por todas as graças e principalmente por estar sempre comigo em todos os dias da minha vida.

Aos meus pais Darci e Sandra, por todo amor, zelo e carinho que tiveram por mim, por me dar todo apoio necessário em cada decisão tomada.

A minha irmã Thaise, por cuidar de mim como uma segunda mãe e estar sempre pronta a me ajudar e defender em qualquer circunstância.

A todos da minha família e demais pessoas que de alguma forma me auxiliaram e tiveram participação nessa conquista.

Ao meu professor e orientador, Dr. Aldori Batista dos Anjos, que pacientemente respondeu aos questionamentos e ajudou quando necessário, obrigada pelo apoio e ensinamentos.

Por fim, mas não menos importante, a todos os amigos e colegas que conquistei na empresa JM Souza, que alegraram meus dias e me deram oportunidade de aprendizado.

Obrigada por tudo!

Laís Cordeiro

Nunca foi sorte, sempre foi Deus, o tempo todo, do meu lado, guiando a minha vida, nos caminhos certos das minhas conquistas.

(SOUSA, Lourdes. 2016)

RESUMO

É fato que a Construção Civil é geradora de uma enorme quantidade de resíduos; sendo que o grande crescimento de obras civis, tal número está aumentando ainda mais. Para que tais resíduos não acarretem em um problema ou dano para o meio ambiente, o descarte dos mesmos deve ser realizado de maneira correta, o que nem sempre acontece, seja por custo, falta de controle nos gastos de desperdício de materiais, ou até mesmo a falta de locais propícios para tal descarte. A reciclagem dos RCC's, com beneficiamento para posterior reuso na própria Construção Civil é uma opção, que além de ocasionar economia na compra de matérias-primas, ainda é amiga do meio ambiente. Para isso a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a possibilidade de produzir um concreto com agregados reciclados de construção ou demolição; e então conclui-se que principalmente na questão sustentável, é uma opção muito eficiente uma vez que diminui muito a quantidade de resíduos descartados incorretamente, além de trazer economia na obtenção de matérias-primas, apresentando também um bom rendimento na questão de qualidade de material.

Palavras-chave: Reciclagem; RCC; Construção Civil; Meio Ambiente; Resíduo.

ABSTRACT

It is a fact that Civil Construction generates an enormous amount of waste; and the great growth of civil works, this number is increasing even more. So that such residues do not result in a problem or damage to the environment, their disposal must be carried out correctly, which is not always the case, whether due to cost, lack of control in the waste of materials, or even the lack of suitable places for such disposal. The recycling of RCC's, with processing for later reuse in the Civil Construction itself is an option, which besides causing savings in the purchase of raw materials, is still environmentally friendly. For this purpose, this research aims to evaluate the possibility of producing concrete with recycled aggregates for construction or demolition; and so it is concluded that mainly in the sustainable issue, it is a very efficient option since it greatly reduces the amount of waste disposed of incorrectly, besides bringing savings in obtaining raw materials, also presenting a good performance in the matter of material quality .

Keywords: Recycling; RCC; Civil Construction; Environment; Residue.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construções com sistema construtivo decorrido.....	22
Figura 2 - Panteão de Roma	23
Figura 3 - Símbolo universal da reciclagem	24
Figura 4 - Resíduos sólidos de construção civil	25
Figura 5 - Classificação dos resíduos sólidos de construção e demolição...	36
Figura 6 - Esquema de funcionamento dos britadores.....	38
Figura 7 - Ilustração do processo de separação por tratamento térmico.....	38
Figura 8 - Eletroímã de correia cruzada.....	40
Figura 9 - Esquema de funcionamento de um separador pneumático	40
Figura 10 - Equipamento de separação óptica (por cor)	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dados de resistência a tração aos 28 dias	31
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resistência a compressão concreto com agregados reciclados.....	29
Tabela 2 - Massa específica de agregados reciclados	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	20
Quadro 2 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo.....	20
Quadro 3 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo (conclusão)	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RCC Resíduo de Construção Civil
RCD Resíduo de Construção e Demolição
RSCC Resíduo Sólido de Construção Civil
CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente
ASTM American Society for Testing Materials
ARC Agregado Reciclado de Construção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	17
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	18
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	CONCEITO E HISTÓRICO	19
2.1.1	<i>Componentes da mistura do concreto</i>	19
2.1.2	<i>Breve histórico</i>	21
2.1.3	<i>Reciclagem</i>	23
2.2	CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO RECICLADO	25
2.2.1	<i>O que é o concreto reciclado?</i>	25
2.2.2	<i>Agregados reciclados</i>	26
2.2.3	<i>Propriedades mecânicas do concreto reciclado</i>	27
2.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO RECICLADO	34
2.4	CLASSIFICAÇÃO DOS RCC'S E OBTENÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS	34
2.4.1	<i>Classificação</i>	34
2.4.2	<i>Obtenção dos agregados reciclados</i>	36
2.5	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE.....	41
3	CONCLUSÃO.....	43
4	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Segundo Pinto (1999), os resíduos sólidos gerados diariamente pela Construção Civil, chegam a apresentar números entre 54% e 70% de toda a totalidade de resíduos gerados por um município inteiro.

Com o demasiado crescimento populacional e a procura cada vez maior por obras, sejam elas reformas ou construções novas, os números referentes a geração de resíduos só tendem a crescer.

Os resíduos podem ser denominados como Resíduos de Construção e Demolição (RCD); Resíduos Sólidos da Construção Civil (RSCC); e também, Resíduos da Construção Civil (RCC). Basicamente trata-se do mesmo assunto, porém, com terminologias diferentes.

De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), os resíduos gerados pela Construção Civil são: “os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Contudo sabe-se que é possível que esses resíduos sejam reciclados e reaproveitados, fazendo assim com que tenha uma diminuição do descarte incorreto dos mesmos, e sucessivamente cause menos danos ao meio ambiente. Porém, os descartes corretos desses materiais custam caro e por isso muitas vezes acabam sendo negligenciados.

Uma das formas de reutilização desse material é a aplicação do mesmo na mistura de concreto convencional, e então analisar assim as informações sobre o, concreto reciclado e sua aplicabilidade nas diferentes etapas da Construção Civil.

Portanto, surge a seguinte questão, os resíduos gerados, sejam eles de construção ou demolição, recebendo o devido tratamento podem ser incluídos no concreto tradicional e aumentar a eficiência do mesmo, contribuindo ainda como um auxílio a sustentabilidade?

Então o objetivo geral da pesquisa, é avaliar a utilização e aplicação de agregados produzidos a partir de resíduos de construção e demolição.

Para que isso seja possível, foram traçados os seguintes objetivos específicos: conceituação de concreto/materiais reciclados; análise das propriedades do concreto reciclado; comparativo ao concreto convencional; vantagens e desvantagens; e a utilização do concreto reciclável como um incentivo a sustentabilidade.

Contudo, pode-se dizer que os custos gerados, a necessidade de uma seleção de cada classe, transporte, bem como a falta de locais adequados, entre outros, são os principais motivos que levam as empresas a negligenciar o descarte correto e seguro dos resíduos gerados pela Construção Civil.

Dessa forma, para que a hipótese possa ser avaliada, realiza-se uma pesquisa bibliográfica, baseada em documentos, arquivos bibliográficos, teses e dissertações.

E, portanto, conclui-se, que os objetivos foram concluídos e a pergunta obtém a seguinte conclusão, é de fato uma alternativa que auxilia na sustentabilidade, uma vez que resíduos que poderiam ter um descarte incorreto, recebem então uma nova finalidade, auxiliando o meio ambiente, também na questão de obtenção de matérias-primas. Outro ponto em que também é uma boa opção, é que tomando as devidas precauções em separação, beneficiamento, e alocação correta, o concreto reciclado pode ser aplicado até mesmo em funções estruturais.

1.1 JUSTIFICATIVA

A área da Construção Civil vem se expandindo a cada dia, porém trata-se de uma atividade a qual é geradora de uma grande quantidade de resíduos, muitos deles de natureza tóxica, tanto ao meio ambiente, como também a vida humana.

Uma construção libera poluição no decorrer de toda a sua vida útil, com isso, a busca por alternativas eficientes, sustentáveis e equivalentes em questão de qualidade de estrutura, vem aumentando gradativamente. Outro importante ponto que aumenta ainda mais a importância do uso de dessas alternativas, é o impacto ambiental gerado pela extração das matérias primas.

Dessa forma a reciclagem de resíduos gerados diretamente pela Construção Civil é extremamente válida, uma vez que além de ajudar na preservação ambiental, diminui o acúmulo de entulhos, e reduz custos. Porém essa metodologia de utilização e fabricação de um material resultante de demolições, ainda é vista por muitas pessoas como duvidosa, uma vez que analisando pelo lado cultural, entulhos não são considerados algo bom.

Portanto, observou-se a possibilidade de utilizar e aplicar em diferentes pontos uma variável de concreto que é produzido através de agregados fabricados com os resíduos gerados dentro dos canteiros de obra, em termos mais utilizados, o concreto reciclado.

1.2 OBJETIVOS

Nesta etapa serão apresentados os objetivos geral e específicos, conforme divisão abaixo.

1.1.1 Objetivo Geral

A seguinte pesquisa contém como objetivo geral avaliar a utilização e aplicação de agregados produzidos a partir de resíduos de construção e demolição, sendo tal uso realizado na própria construção civil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Conceituar concreto e materiais reciclados, e breve histórico do concreto;
- Analisar as propriedades do concreto reciclado;
- Apresentar vantagens e desvantagens do concreto reciclado
- Classificação dos RCC'S e processo de obtenção dos agregados reciclados;
- Utilização do concreto reciclado e seu impacto na sustentabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O seguinte trabalho foi realizado com o intuito de avaliar e analisar a reutilização de resíduos de construção e demolição (RCD), e sua posterior aplicação dentro da construção civil.

2.1 CONCEITO E HISTÓRICO

Conforme citado pela American Society for Testing Materials (ASTM), o concreto trata-se de uma mistura homogênea, entre um material que possui natureza aglomerante, ou seja, que possui a capacidade de se unir a outros materiais, misturado a partículas de características diferentes, porém, que quando unidas de maneira correta conferem ao mesmo a capacidade de resistência. (Pedroso. p.15)

“O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento.”

(Battagin, Inês. Superintendente do CB-18 da ABNT. 2009, apud Pedroso, 2009)

2.1.1 Componentes da mistura do concreto

A mistura que resulta no que conhecemos como concreto é composta da seguinte forma:

O aglomerante que é o cimento, um material pulverulento, que reage na presença da água, tornando-se um material ligante. Sendo o mais comum utilizado o cimento Portland. (Jacques, 2013)

Os agregados são divididos em miúdos e graúdos conforme sua granulometria, e necessitam ser de boa procedência, apresentando características como durabilidade, estabilidade, formado por partículas resistentes, e em hipótese alguma devem apresentar materiais que possam comprometer a qualidade futura da mistura. (ABNT 7211:2005, p.4)

Nas tabelas 1 e 2, estão especificados a divisão de agregados miúdos e graúdos, conforme granulometria especificada na NBR 7211:2005.

Quadro 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT NBR 7211:2005, p. 5

Quadro 2 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ²⁾	65 ²⁾ – 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-

Fonte ABNT NBR 7211:2005, p. 8

Quadro 3 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo (conclusão)

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
9,5 mm	2 - 15 ²⁾	80 ²⁾ - 100	95 - 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ - 65 ²⁾	92 - 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ - 100	95 - 100	-	-	-
2,36 mm	95 - 100	-	-	-	-

1) Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

2) Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: ABNT NBR 7211:2005, p. 9

Os agregados compõem boa porcentagem da mistura do concreto, e por isso devem atender tais condições citadas acima, e além disso reduzem o custo, uma vez que apenas a mistura de cimento e água, sem acrescentar nada a mais, apresenta custo significativamente mais alto. (Andolfato, 2002)

2.1.2 Breve histórico

Com datas de utilização do concreto desde o século XIX, pode-se considerar que o concreto se trata de um material construtivo relativamente novo, porém o mesmo já apresentava importante papel nas construções romanas a muito tempo.

Conforme o passar dos anos, e a evolução constante em técnicas, variedade de matérias-primas, entre outros fatores, a mistura foi sendo adaptada e tornou-se então o que conhecemos atualmente.

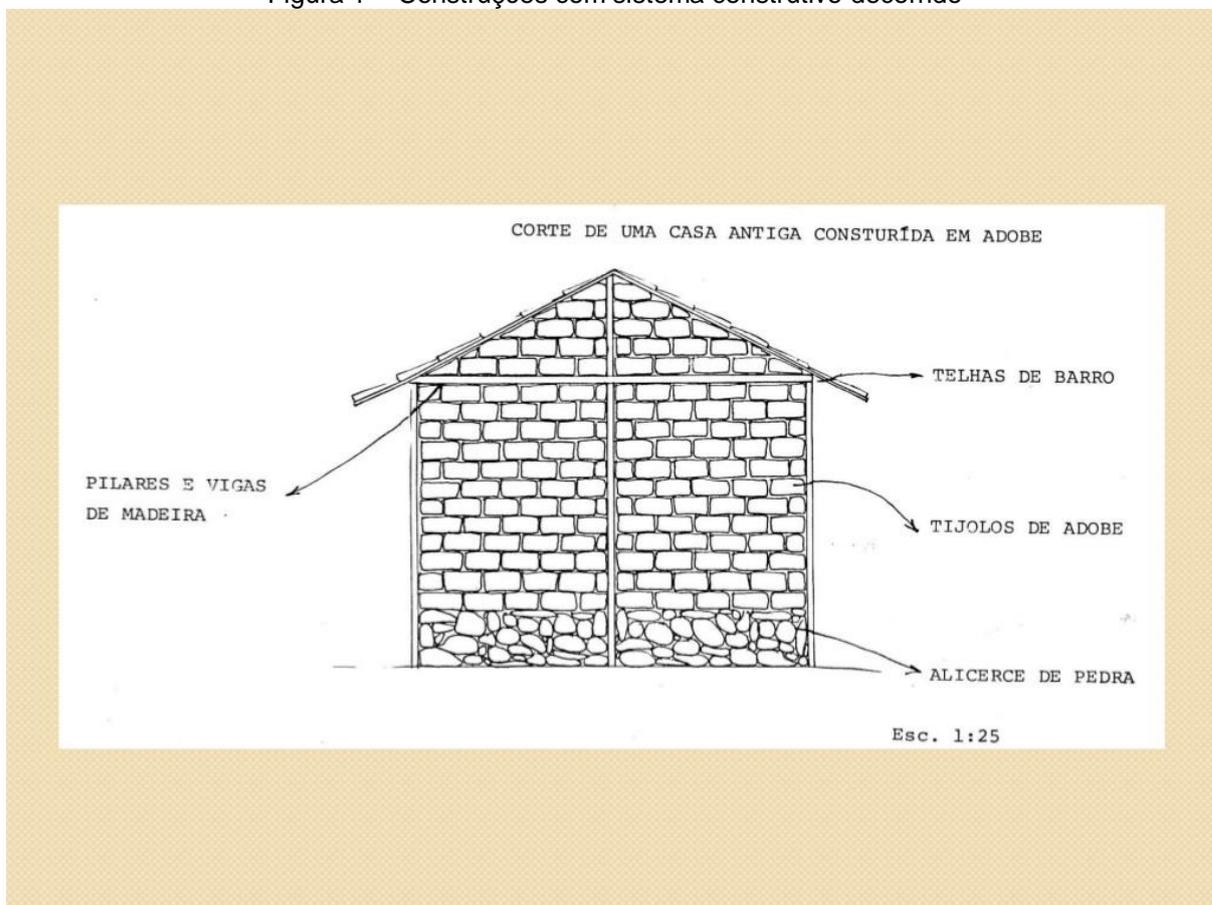
(Reganati, 2020)

A madeira e a pedra foram os primeiros materiais a serem usados como sistemas construtivos. Sendo que cada um apresentava suas particularidades.

Inicialmente a argamassa de barro era bastante aplicada na ligação da alvenaria de pedra, e foi substituída futuramente por uma mistura mais eficiente, a argamassa de cal.

A figura 1, mostra um sistema construtivo chamado adobe, muito utilizado na antiguidade, com os materiais disponíveis na época, madeira, pedra e barro.

Figura 1 - Construções com sistema construtivo decorrido



Fonte: Salgado, Baesso (2011)

É fato que o concreto empregado atualmente, não se assemelha muito ao chamado concreto romano, uma vez que o mesmo tinha a função de argamassa de assentamento apenas. Porém a grande utilização em obras de grande nome histórico, algumas delas existentes até hoje, fazem com que o concreto romano possua papel significativo na história de um dos materiais construtivos mais utilizado do mundo.

(CARVALHO, 2008.)

Observa-se na figura 2, o Panteão romana, construção muito antiga e famosa pela técnica construtiva utilizada, sendo um excelente exemplo do chamado concreto romano.

Figura 2 - Panteão de Roma



Fonte: Viva Decora Pro (2019)

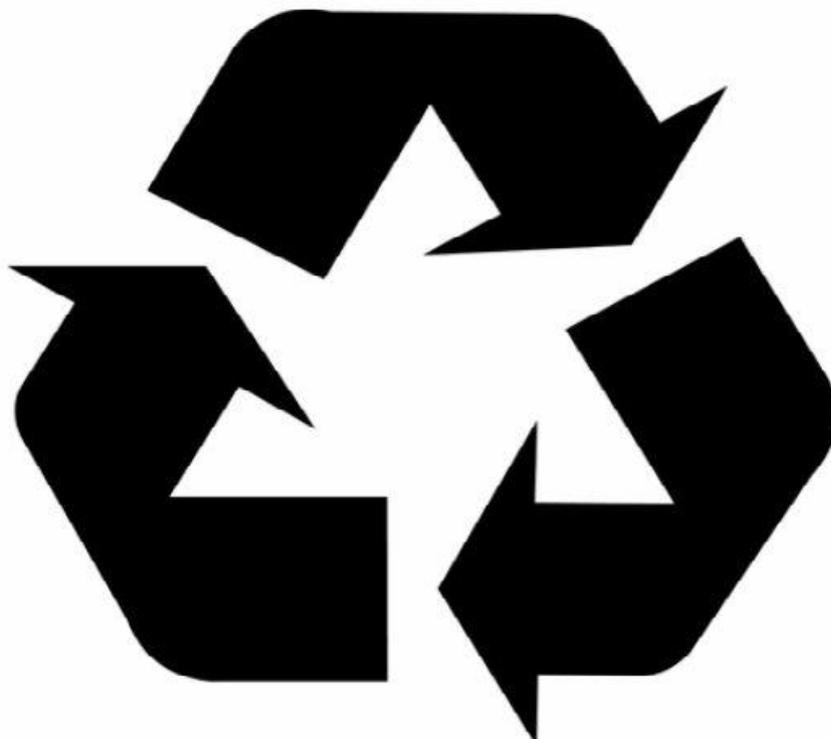
2.1.3 Reciclagem

O termo reciclagem provém do inglês “Re” “Cycle” que basicamente refere-se a expressão “repetir o ciclo”, em outras palavras, reaproveitar/reutilizar materiais que seriam descartados.

Segundo matéria publicada no site toda matéria, em alguns países a iniciativa privada é a responsável pela reciclagem, e todas as medidas tomadas com a finalidade de reuso ou o descarte correto dos mesmos, são de extremo benefício para o meio ambiente, e para a população.

Figura 3, mostrando o símbolo universal que representa a reciclagem.

Figura 3 - Símbolo universal da reciclagem



Fonte: Google Imagens

Na construção civil por exemplo, a reciclagem é um processo mais delicado, portanto a opção de reutilizados, de alguma maneira dentro da mesma, acaba por ser uma alternativa mais viável. (Brasil Coleta, 2019)

Embora a construção civil seja causadora de muitos benefícios, é também um setor que demanda muita exploração de matérias primas que são naturais, resíduos esses que se chegarem a ser esgotados totalmente, não há maneiras de se recuperar, e para sua renovação demandam um enorme intervalo de tempo. (COSTA, 2012).

Com o crescimento demasiado das obras e reformas, a geração de resíduos RCD'S tem se tornado cada vez maior, e o descarte dos mesmo por vezes é feito de maneira incorreta, sendo depositados em terrenos baldios, córregos, lixões clandestinos, entre outros. E por mais que tais resíduos não sejam os mais prejudiciais em questões de natureza tóxica, os lugares onde são dispostos estão cada vez mais no limite, e praticamente todos esses entulhos podem ser reciclados ou reutilizados.

(DONATO et al. 2017. p.666)

Na figura 4, estão alguns exemplos de resíduos de Construção Civil sem beneficiamento.

Figura 4 - Resíduos sólidos de construção civil



Fonte: Autor (2021)

2.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO RECICLADO

2.2.1 O que é o concreto reciclado?

Segundo Aragão (2007), de modo geral, pode-se dizer que o concreto reciclado, trata-se de uma variação do concreto convencional, onde parte dos seus

agregados comuns, são trocados por agregados reciclados, ou seja, que são provenientes de algum tipo de tratamento de materiais residuais dos canteiros de obras, ou de demolições.

2.2.2 Agregados reciclados

Os agregados são utilizados em sua grande maioria na mistura do concreto, por ser provedor de economia. Porém, existem outras justificativas para tal aplicação, as quais são elas principalmente, durabilidade e resistências aumentadas. (Mehta, 2007)

Agregados reciclados nada mais são que peças de demolição ou de construção, que após passar por um processo de seleção, são transformados em novos materiais, contudo é importante que sejam tomados alguns cuidados, uma vez que o fato de serem provenientes dos chamados entulhos, apresentam um maior nível de poros que pode ser prejudicial, ocasionando menor resistência mecânica, e também a baixa capacidade de se misturar adequadamente. (Lima, 1999)

Praticamente todos os resíduos da construção civil podem ser reciclados, porém cada novo agregado gerado tem uma finalidade indicada, as quais serão citadas a seguir;

- “- **Areia reciclada:** Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto; recomendada para argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimentos, blocos e tijolos de vedação;
- **Pedrisco reciclado:** Material com dimensão máxima característica de 6,3mm, isento de impurezas proveniente de reciclagem de concreto e blocos de concreto; podendo ser utilizado para fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgotos, entre outros;
- **Brita reciclada:** Material com dimensão máxima característica inferior a 39mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto; aplicado na fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem;
- **Bica corrida:** Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63mm (ou a critério do cliente); pode ser aplicado em obras de base e sub-base de

pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além da regularização de vias não pavimentadas, aterros, e acerto topográfico de terrenos;

- **Rachão:** Material com dimensão máxima característica inferior a 150mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto; tendo aplicação em obras pavimentação, drenagens e terraplenagem. ”

(ABRECON, 2015)

Qualquer material incluso na mistura de concreto, tem efeito direto no resultado final, falando em questão de alteração para mais ou menos de sua resistência, portanto, qualquer mudança de matéria prima, deve ser criteriosamente analisada, para que sejam evitados problemas. No caso dos agregados, essa análise deve ser ainda mais específica, uma vez que o mesmo pode chegar a ser componente de até 80% da mistura final. (Aragão, 2007)

2.2.3 Propriedades mecânicas do concreto reciclado

Segundo Buttler (2003), no país os principais resíduos que podem ser reciclados são sobras de concreto nas próprias concreteiras, bem como o reuso dos resíduos de canteiros de obras, e ambos possuem bom índice de aproveitamento.

De acordo com o mesmo, as divergências entre concretos com agregados naturais e agregados reciclados, são a maior porosidade, ou seja maior capacidade de absorver água, menor massa específica, e argamassa aderida em seu entorno, que pode influenciar suas características finais.

2.2.3.1 Resistência a compressão

A resistência a compressão é um dos pontos mais importantes na classificação de um concreto depois do processo de cura.

No caso do concreto reciclado essa propriedade é um pouco afetada, uma vez que os agregados são menos resistentes e geralmente é onde ocorre a falha. (Santana *et.al*, p.3)

De acordo com Lima (1999), a diminuição da resistência nesse caso, variam entre 0% até 50%, nas pesquisas brasileiras.

É fato que a resistência a compressão do concreto reciclado sempre ficará em déficit, quando comparado ao concreto convencional. Porém, é possível que a mesma seja aumentada, com um acréscimo de cimento na mistura, contudo, além do custo ser maior, o impacto ambiental gerado ao final, também cresce. (ANGULO, 2005)

Obedecendo a uma ordem inversa entre porosidade e resistência, o concreto reciclado pode ser controlado a partir de:

- Percentuais pré-definidos de troca de agregados de RCD, sempre levando em consideração a porosidade;
- Melhora da qualidade dos agregados reciclados, através de tratamento adequado, sendo provável igualar a qualidade do agregado natural.

(Callister, 2010)

Leite (2001), através de estatísticas conseguiu chegar a um resultado efetivo para aplicação de resíduos reciclados no concreto, sendo que se torna viável a troca dos agregados naturais por ARC's graúdos, pois a resistência a compressão tem diminuição muito pequena (<2 MpA), e o acréscimo no uso de cimento é extremamente baixo.

Percentuais entre 10% e 20% nessas condições, podem ser utilizados para concretos estruturais, e no caso de alta quantidade de cerâmica vermelha, não passar de 10% de substituição. (Leite, 2001)

Em estudos realizados por Jacques (2013), com agregados reciclados graúdos e miúdos o resultado obtido em relação a resistência a compressão poderá ser observado na seguinte tabela.

Tabela 1 - Resistência a compressão concreto com agregados reciclados

Traço	a/ac	Resistência a compressão (Mpa)			Aumento 7-28 dias	Aumento 28-56 dias	Aumento 7-56 dias
		7 dias	28 dias	56 dias			
TR	0,50	24,01	32,65	39,99	35,99%	22,48%	66,56%
TAR 100	0,53	24,45	34,66	41,78	41,76%	20,54%	70,88%
TAR 50	0,52	19,91	29,31	37,72	47,21%	28,69%	86,45%
TAR 30	0,51	20,65	32,44	38,32	57,09%	18,13%	85,57%

Fonte: Jacques, 2013

Contrariando um pouco as informações e opiniões de autores citados anteriormente, o estudo de Jacques (2013), com testes em concretos produzidos com agregados reciclados em diferentes proporções, os resultados obtiveram certa diferença.

O ensaio de resistência a compressão foi realizado a partir do rompimento de corpos de prova com diferentes idades, em prensa normatizada.

As idades foram 7,28 e 56 dias, sendo que ao final dos testes, foi possível concluir que o traço que obteve maior índice de resistência foi o TR100, que possui em sua composição 100% de agregados graúdos reciclados. Tal resultado pode ser explicado pela hidratação do ARC, onde provavelmente foi usado quantidade maior de água na mistura.

Para os outros traços com 50 e 30% de substituição de agregados, os valores ficaram de resistência abaixo, porém bem próximos ao valor obtido com o traço comparado, TR com totalidade de agregados naturais.

Tudo isso evidencia, portanto, a efetividade do uso de agregados reciclados de construção e demolição, em diferentes proporções, sem que isso afete significativamente a resistência a compressão final.

2.2.3.2 Resistência à tração

A resistência a tração não é tão relevante quanto a compressão, uma vez que o concreto por si só já apresenta menor desempenho em relação a mesma, porém, ela não pode ser desconsiderada. (Leite, 2001)

Em testes com agregados reciclados de tamanho máximo de até 9,5mm, foi possível obter resultados onde ambos os concretos (convencional e reciclado), tiveram reações equivalentes, e até mesmo uma leve vantagem na resistência no caso de concretos com utilização de até 50% de ARC na mistura. Segundo os autores (Latterza e Machado Jr, 2003, *apud* SANTANA *et al.*, p.3), esse comportamento acontece, pois, ocorre uma homogeneidade na mistura da pasta de cimento e do agregado reciclado.

Ambos os tipos de resistência, não apresentam, unanimidade nas opiniões e estudos de diferentes autores, em relação a aumento ou diminuição após a substituição de agregados. Mas é fato que a porosidade apresentada pelos mesmos diminui a relação água-cimento do concreto, o que pode ser um fator contribuinte para aumentar ou diminuir a resistência, bem como a durabilidade do concreto, sendo que essa condição pode significar mais fragilidade no material. (Leite, 2001)

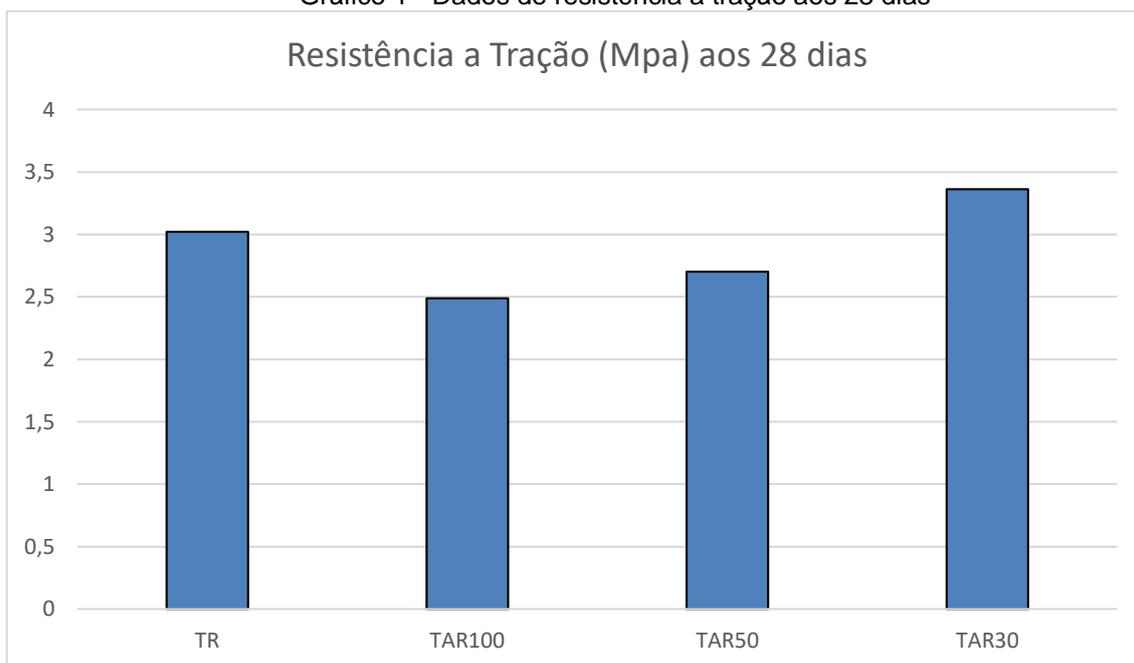
Segundo Jacques (2013), em seu estudo, ele chegou a um melhor resultado de resistência a tração, com a mistura que utilizou 30% de substituição (TR30), não sendo um valor excessivamente superior em relação ao concreto de referência, uma vez que esta pode ser considerada uma característica secundária.

Nessa etapa foi possível observar também que a mistura com melhor resistência a compressão no teste anterior, a TR100, foi nesse a mistura que obteve pior valor, sendo possível explicar tal ocorrência, devido a quantidade de resíduos de argamassa em seu entorno, enfraquecendo o mesmo.

Porém viabilizando também a substituição de agregados, uma vez que os valores ficaram em proximidade.

O gráfico a seguir, mostra dados de resistência a tração dos corpos de prova utilizados para teste no estudo de Jacques (2013).

Gráfico 1 - Dados de resistência a tração aos 28 dias



Fonte: Jacques (2013)

2.2.3.3 Módulo de deformação ou Módulo de Elasticidade

O módulo de deformação, ou também chamado módulo de elasticidade pode ser definido como a capacidade de antecipar os problemas que uma estrutura de concreto pode vir a apresentar, ou seja, deformações, fissuras, trincas, entre outros. (Levy, 2001)

Para Latterza e Machado Jr. (2003, *apud* SANTANA *et al.*, p.3) em nenhum dos casos de substituição total ou parcial dos agregados, notou-se diferença em tal propriedade. O que segundo os mesmos, ocorre devido a porosidade dos agregados que se integram de forma mais eficiente à pasta de cimento.

Já para Levy (1997, *apud* LEITE, 2001) o concreto produzido com agregados reciclados, apresenta módulo de deformação maior que o concreto convencional, segundo o mesmo, isso se dá pela estrutura do ARC.

De acordo com Hansen (1992), essa característica é menor que no concreto comum, variando entre 15% e 40%, sendo um percentual maior ainda quando associados agregados reciclados miúdos e graúdos em uma mesma mistura.

“O efeito mais significativo da utilização do agregado reciclado foi a redução do valor do módulo de elasticidade em cerca de 40% se comparado com o concreto de referência. Esse fato já era esperado, uma vez que o agregado reciclado apresenta módulo de elasticidade inferior ao módulo do agregado convencional, sendo que o módulo de elasticidade do concreto depende significativamente do módulo de elasticidade do agregado. “

(FRONDISTOU-YANNAS, 1977 *apud* BUTTLER, 2003)

Essas são as consideradas propriedades mecânicas de maior influência, porém entre elas estão também:

2.2.3.4 Massa específica

A massa específica do agregado reciclado é geralmente menor, uma vez que possui mais vazios, e por sua vez resultará em uma mistura de concreto fresco (antes de endurecer), mais leve que o convencional. (Latterza e Machado Jr., 1998)

Ou seja, quanto maior o percentual de substituição, maior o número de vazios, e menor a massa específica final.

Segundo Bazuco (1999), a massa específica dos agregados reciclados é cerca de 5 a 10% menor que os agregados naturais, variáveis conforme origem e granulometria.

Em muitos estudos de diferentes autores os valores de massa específica dos agregados graúdos reciclados, ficaram entre 2 e kg/dm³. (Leite, 2001)

Conforme tabelas com dados de seu estudo, Barra (1996) *apud* Leite (2001) define, que quanto maior a porosidade do resíduo, menor a massa específica final, sejam eles materiais provenientes do concreto ou cerâmica.

Tabela 2 - Massa específica de agregados reciclados

Componente reciclado	Frações	γ_s (kg/dm ³)	γ_{sss} (kg/dm ³)
Concreto	12 – 20 mm	2,270	2,427
	6 – 12 mm	2,238	2,406
Material cerâmico	12 – 20 mm	1,870	2,141
	6 – 12 mm	1,866	2,135

γ_s – massa específica do material seco
 γ_{sss} – massa específica do material saturado superfície seca

Fonte: Barra 1996 *apud* Leite 2001

2.2.3.5 Trabalhabilidade

Sendo uma das propriedades com maior influência na mistura em estado fresco, é de grande necessidade que seja analisada tal condição. (Leite, 2001)

Segundo Hansen (1992), no uso de agregados reciclados graúdos, a trabalhabilidade não apresenta grande alteração em relação ao natural, já com a substituição também dos agregados miúdos, a mesma é bastante alterada.

Segundo Leite (2011), é possível que se tenham concretos com agregados reciclados de diferentes densidades, sejam eles super trabalháveis, ou muito firmes, isso dependerá da taxa de porosidade do resíduo utilizado como agregado. Ele afirma que quanto maior a taxa de cerâmicas na composição, menor ainda a trabalhabilidade.

Diferente do concreto convencional, não basta aumentar a quantidade de água na mistura para melhorar a plasticidade da mistura, uma vez que o que interfere nessa condição é a forma e textura do agregado. Isso porém pode ser resolvido com pré-umidificação dos agregados, ou uso de aditivos. Contudo, isso aumenta o custo final do mesmo. (Rashwan e Aborizk, 1997 *apud* Leite, 2011)

2.2.3.6 Durabilidade

Tal propriedade está diretamente ligada a permeabilidade do concreto, tanto a água, quanto ao ar, sejam eles convencionais ou reciclados. (Leite,2011)

De acordo com Barra (1996), os concretos com agregados reciclados sofrem muito mais com a carbonatação (reação química entre CO₂ e H₂O), e isso ocorre devido à grande porosidade do mesmo.

Já Levy e Helene (2000), concluíram em seus estudos, que concreto que tenham 50% dos seus agregados substituídos por agregados graúdos reciclados de concreto, não apresentam níveis significantes de inferioridade ao concreto com agregado natural, podendo considerar que são tão duráveis quanto.

No estudo dos mesmos, a taxa de absorção e a porosidade foi maior em concretos com agregados reciclados, com relação a carbonatação e resistividade, ambos os concretos apresentaram mesmo desempenho, havendo diferença somente no chamado traço rico.

2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO RECICLADO

Segundo Levy (2007), a reciclagem e reutilização desses resíduos seria uma solução para a lotação e escassez de depósitos adequados para os mesmos; em uma substituição de somente 20% de agregado natural, pelo reciclado, tem-se uma economia significativa no montante final.

As vantagens continuam como por exemplo na diminuição de custos com transporte de matérias-primas. (Fernandes, 2015)

Para Ferreira e Thomé (2011), essa prática é vantajosa não só no quesito sustentável, mas também na parte econômica.

Além da diminuição de custos, desafogamento de depósitos, e menor demanda de extração de resíduos naturais, uma das maiores vantagens está na possibilidade de utilizar os agregados reciclados em grande parte na confecção de concretos, blocos e pavimentações, bem como inclui-los nessas etapas com ou sem beneficiamento; e principalmente na questão sustentabilidade, cada vez mais importantes nos dias atuais. (Fernandes, 2015)

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS RCC'S E OBTENÇÃO DOS AGREGADOS RECICLADOS

2.4.1 Classificação

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a fim de estabelecer instruções que sejam eficientes no auxílio para diminuição de problemas ocasionados pelos entulhos mal gerenciados de construção e demolição; esclarece uma definição de classe de entulho, bem como um destino correto para cada tipo.

O artigo 2º da resolução define como resíduos de Construção Civil, todo aquele que é gerado em canteiros de obras, reformas, demolições e reparos; como por exemplo, cerâmicas, blocos, madeira, tijolos, argamassa, gesso, vidros e entre outros. (CONAMA, Nº 307. 2002)

Todos os resíduos devem ter uma destinação final de acordo com sua classe, sejam para serem submetidos a um processo de beneficiamento, ou somente descarte. E as classes são elas:

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

Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

(CONAMA, Nº 307. 2002)

Na figura 5 abaixo, estão colocados exemplos de resíduos sólidos, organizados conforme sua classe.

Figura 5 - Classificação dos resíduos sólidos de construção e demolição



Fonte: Magro (2020)

Cada classe de agregado tem especificado segundo a resolução, uma destinação final adequada, e no caso dos agregados de Classe A, que são os únicos que podem ser reutilizados na própria construção civil, a finalidade correta, é tornar os mesmos agregados reciclados, através de beneficiamento, ou armazená-los em local adequado, até que seja possível realizar a sua reciclagem.

“Art.10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

- 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;...”

(CONAMA, Nº 307. 2002)

2.4.2 Obtenção dos agregados reciclados

Os resíduos de construção e demolição, antes de virarem agregados reciclados devem ser submetidos a algumas etapas de beneficiamento. Praticamente qualquer resíduo sólido pode ser reciclado, desde que sejam tomadas as devidas

medidas, e que sejam retirados qualquer material indesejado ou contaminante. (Isaia,2011)

De acordo com a NBR 15116:2004, deve ser tomado um alto controle na procedência dos agregados reciclados e os mesmos devem conter pouquíssimo teor de contaminantes na composição, sendo menor que 1%, não devem ser agregados com porosidade muito alta, devendo apresentar valores menores que 7%, bem como finos em valores mais baixos que 10%.

Os mesmos são divididos em agregados reciclados mistos, e agregados reciclados de concreto; O misto conforme ABNT NBR 15116:2004, possui em sua composição maior teor de cerâmica vermelha, bem como argamassa e concreto, que podem chegar a 10% da sua massa, ou seja, trata-se de um agregado mais impuro. Já o agregado reciclado de concreto (ARC), é beneficiado através de processos industriais; resíduos provenientes de concretos usados em estruturas darão origem a melhores agregados reciclados.

- Triagem de RCD misto:

Nem sempre os resíduos são separados em obra, portanto, dentro das usinas é realizado um processo de triagem, para devida remoção de materiais que não se qualificam, como madeira, vidro, papel, e alguns contaminantes como por exemplo o gesso, entre outros. (PETERSEN *et al*, 2005)

- Britagem com ou sem tratamento térmico:

Essa etapa serve para diminuição do tamanho das partículas. (Neves, 2005. *apud* Isaia, 2011)

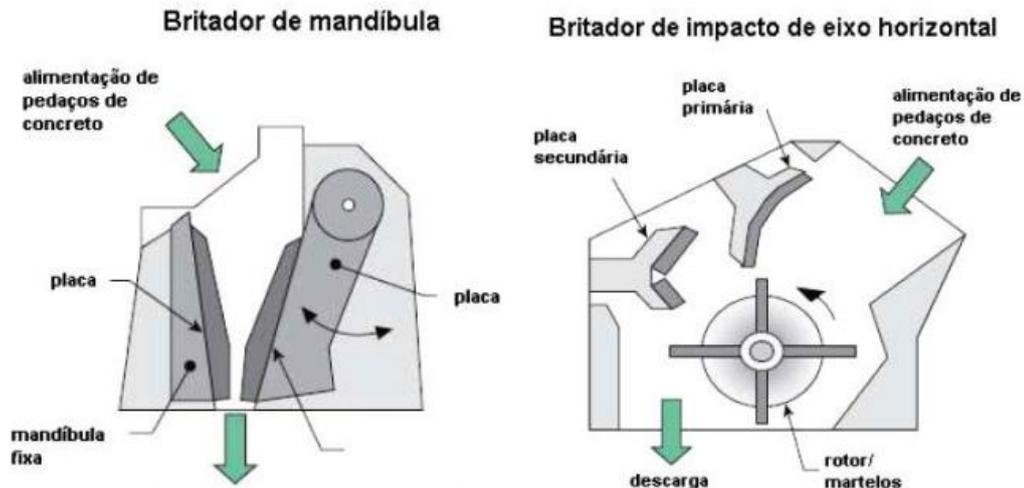
Podem ocorrer britagem por abrasão, impacto ou compressão. E os britadores comumente usados são os de mandíbula, que quebram por compressão, onde os resíduos são submetidos a vários processos de quebra por cisalhamento. (Chaves, 2002)

Nos britadores de impacto como o próprio nome explica, acontece a britagem pelo choque dos martelos do mesmo, com os resíduos, segundo Chaves (2002), esse possui maior poder de redução, obtendo partículas mais finas.

Enquanto os britadores de impacto, produzem britas graduadas, os de mandíbula, são para britas de tamanho menor que 19mm.

(Isaia, 2011)

Figura 6 - Esquema de funcionamento dos britadores



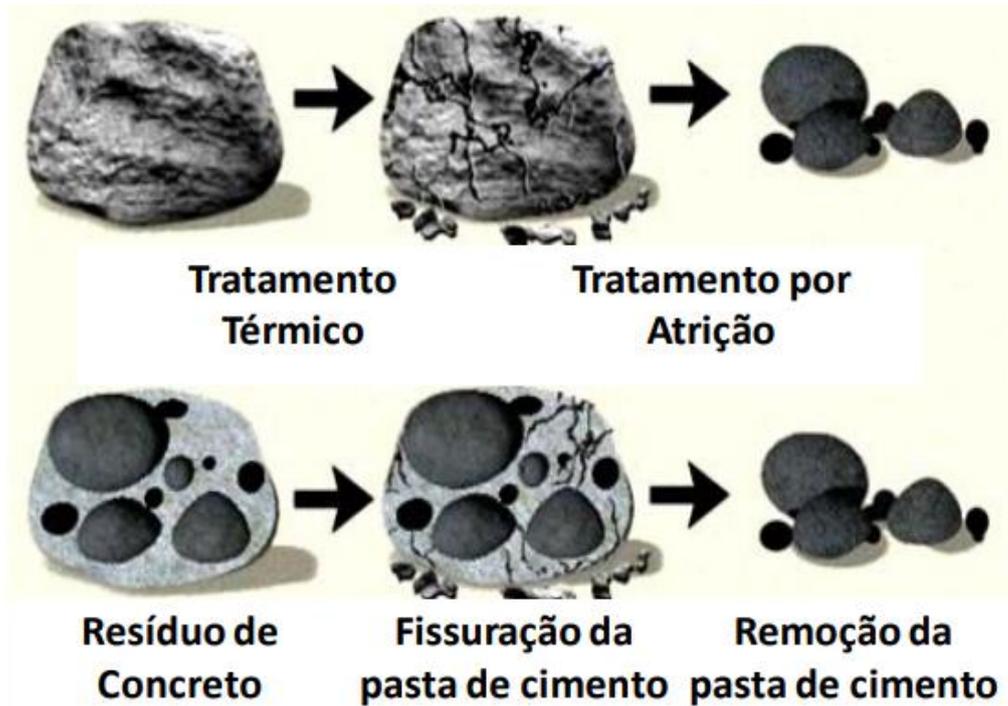
Fonte: Isaia (2011)

- Tratamento térmico e moagem:

Os dois tipos de britagem citados a cima não são capazes de produzir agregados com dimensões que se separem agregados naturais, da pasta de cimento, portanto, o processo de tratamento térmico e moagem é o mais adequado. (Shima *et al.*, 2005, *apud* Isaia, 2011)

Esse processo trata-se de um aquecimento do resíduo de concreto até 300°C em forno vertical, até que o mesmo sofra com fissuras em sua superfície, que posteriormente facilita a separação entre pasta de cimento, e agregado natural. Além disso trata-se de um processo muito eficaz, uma vez que consegue obter agregados reciclados que possuem praticamente mesmo nível de infiltração de água, do que o natural. (Nawa, 2010 *apud* Isaia, 2011)

Figura 7 - Ilustração do processo de separação por tratamento térmico



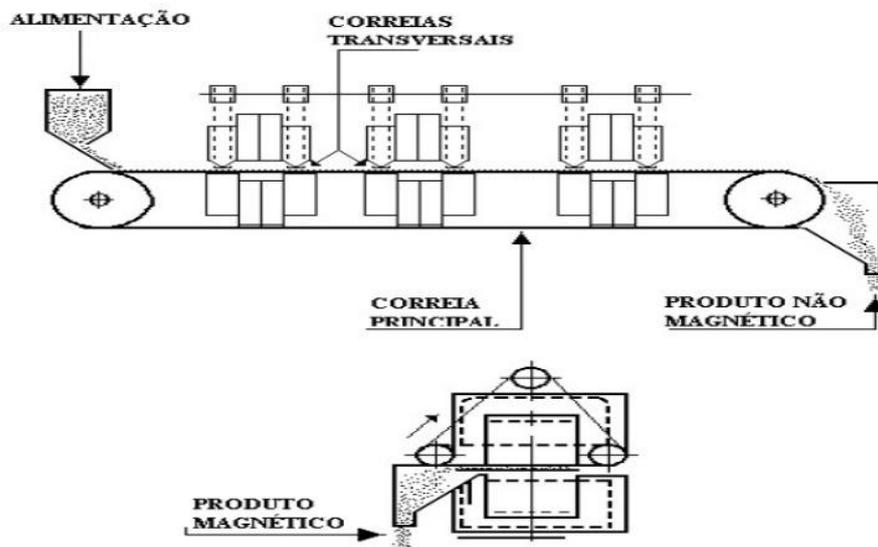
Fonte: Nawa (2010) *apud* Isaia (2011)

Nem todos os resíduos considerados não adequados são eficientemente separados dos demais no processo de britagem, e por isso, é necessário que se façam procedimentos de separação, que podem ser divididos em,

- **Separação magnética:** onde os fragmentos metálicos, como aço, são separados por meio de eletroímãs de correia cruzadas, que separam com muita eficiência tais partículas. (Isaia, 2011)

Figura 8 - Eletroímã de correia cruzada

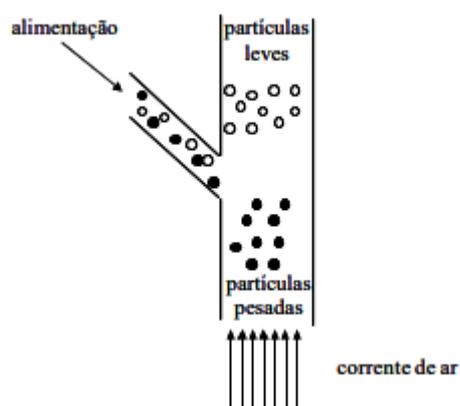
Separador de Correias Cruzadas



Fonte: Filho (2014)

- **Separação pneumática ou gravítica:** alguns separados pneumáticos como scrubber e jigues são usados para complementar o processo de separação de resíduos, tais equipamentos trabalham através de uma corrente de ar crescente, que é capaz de separar partículas de madeira, papel, plásticos e etc. (Hendricks, 2000 *apud* Ângulo *et al.*,2005)

Figura 9 - Esquema de funcionamento de um separador pneumático

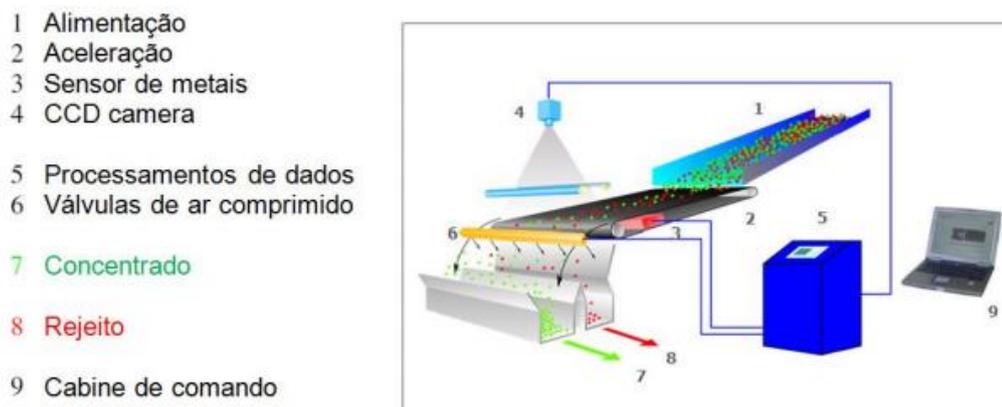


Fonte: Hendricks (2000)

- **Separação óptica:** trata-se de um maquinário não causador de danos ao meio ambiente, pois, o seu funcionamento não necessita de grandes quantidades de eletricidade, e nenhuma quantia de água. (Ângulo *et al.*, 2011)

A partir de vibração separa as partículas nos transportadores, e com auxílio de sensores partes de cerâmica vermelha são identificadas por separação por cor, e enviados a outro recipiente por meio de compressores de ar, que mudam o percurso das mesmas. (Isaia, 2011)

Figura 10 - Equipamento de separação óptica (por cor)



Fonte: Isaia (2011)

Em resumo básico, o processamento dos resíduos acontece da seguinte maneira, o material residual chega a empresa recicladora, passa pelo processo de separação onde, é selecionado e fracionado, após esse passo, é classificado de acordo com a sua granulometria, e muitas vezes possui aparência de uma areia bem grossa, depois de tudo isso está pronto para ser adicionado a uma mistura de concreto e reutilizado. (Perucchi, 2018)

2.5 IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE

As atividades de construção civil num geral, acabam sendo prejudiciais ao meio ambiente, seja pelo grande consumo de água, pela alta demanda de matérias-primas, mas principalmente pelo descarte incorreto de seus resíduos. (Perucchi, 2018)

Segundo Perucchi, praticamente toda a porcentagem, cerca de 90%, dos resíduos gerados nos canteiros de obra, poderiam ser reciclados e reutilizados com o devido tratamento, porém no Brasil, apenas 5% dos mesmos passa por tal processo, e muitas vezes acabam por ser descartados de maneira incorreta.

Cerca de 84 milhões de metros cúbicos são gerados por ano no país, como resíduo de construção. (Maqcenter, 2021)

No país aproximadamente metade dos resíduos gerados são provenientes de construção e a outra metade de demolição. (Silva, 2016)

Essa técnica de reciclagem, tem muito o que evoluir ainda, porém, é fato que o impacto benéfico que a mesma traz é enorme, pois diminui a extração de matérias-primas de fontes naturais, que se encontram cada vez menores e mais escassas;

Evitam o esgotamento de espaços em locais próprios de descarte; minimizam a poluição gerada; e além de tudo isso ainda geram vantagens, como exemplo principal a economia. (Silva, 2016)

3 CONCLUSÃO

É notória a grande quantidade de resíduos gerados sejam eles oriundos de novas edificações, bem como de demolições ou reformas. Portanto, com as informações apresentadas na pesquisa em questão é possível dizer que os agregados reciclados são uma boa alternativa de sustentabilidade, a partir da diminuição da extração de recursos naturais; já em questão de utilização estrutural, deve-se evitar seu uso, uma vez que possui alguns pontos negativos em questão de resistência, que podem ser explicados pela origem do resíduo.

É importante ressaltar que praticamente todos os resíduos gerados pela construção civil podem ser reciclados ou reaproveitados em outras etapas da mesma, esses resíduos são transformados em novos materiais através de processamento, garantindo bons resultados, e como apresentado na seguinte pesquisa, algumas vezes sendo até mesmo superior em alguns quesitos.

As diferentes maneiras de uso, e aplicação dos mesmos e a grande quantidade de benefícios gerados, são demonstradores da eficiência e importância da conscientização cada vez maior, de se adotar métodos de reciclagem em massa dos RCC's.

Uma vez que os recursos naturais tendem a diminuir de maneira gradativa, essa é uma excelente opção, tanto no quesito economia, quanto ambiental.

4 REFERÊNCIAS

A arquitetura romana e seu grande legado para o mundo ocidental. **Viva Decora Pro**. 2019. Disponível em: vivadecora.com.br/pro/arquitetura/arquitetura-romana/. Acesso em: 02 jun 2021.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle Tecnológico Básico do Concreto**. 33 f. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”. NEPAE. São Paulo. Ilha Solteira. 2002.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 236 f. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli. FIGUEIREDO, Antônio D. de. **Concreto com agregados reciclados**. Livro concreto: ciência e tecnologia. 1ª ed. São Paulo. 2011.

ARAGÃO, Hélio Guimarães. **Análise Estrutural de Lajes Pré-Moldadas Produzidas com Concreto Reciclado de Construção e Demolição**. 126 f. Dissertação em Mestrado em Estruturas. Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211:2005. Agregados para concreto- Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BARRA, M; VASQUEZ,E. **Particularidades do processo de carbonatação em concretos de agregado reciclado**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES,4., 1997, Porto Alegre: UFRGS, 1997, p217-224.

BAZUCO, Régis Sandro. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos**. Dissertação de Mestrado. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

BUTTLER, Alexandre Marques. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto- influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo. 2003.

CALLISTER JR, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 7ª edição. Editora LTC. 2010.

CARVALHO, João Dirceu. **Um pouco sobre a história do concreto**. 2008. Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, DEC, Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR.

CHAVES, Arthur Pinto. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. Editora Signus. Volume 1. 2ª ed. 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. **Diário Oficial da União**, 17/07/2002.

COSTA, Ricardo Vasconcelos Gomes da. **Taxa de Geração de Resíduos da Construção Civil em Edificações na Cidade de João Pessoa**. 68 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. Paraíba. 2012.

DONATO, C. J. *et al.* **Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**. São Paulo. Colloquium Humanarum. Vol.14. 2017.

FERNANDES, Bruna Cristina Mirandola. **A utilização de resíduos da construção civil e demolição- RCD- como agregado para o concreto**. 68f. Centro Universitário de Formiga- Minas Gerais. 2015.

FERREIRA, Matheus de Conto; THOMÉ, Antônio. Utilização de resíduo da construção e demolição como reforço de um solo residual de basalto, servindo como base de fundações superficiais. **Teoria e prática na Engenharia Civil**, n.18, p. 1-12. 2011.

FILHO, Hélio Martins de Abreu. **Separação Magnética e Eletrostática**. 2014. Disponível em: pt.slideshare.net/RogrioPapa/separao-magntica-e-eletrostatica. Acesso em: 03 jun 2021.

FRONDISTOU-YANNAS, S. (1977). **Waste Concrete as Aggregat for New Concrete**. Journal of the American Concrete Institute Proceedings, p.373-376, August.

HANSEN, T. C. **Recycled of demolished concrete and mansory**. 316 f. London:Chapman & Hall. Part one: Recycled aggregates and recycled aggregate concrete. (RILEM TC Report 6). 1992.

HENDRIKS, C.F. **The building cycle**. Holanda: Aeneas, 2000. 231 p.

ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: ciência e tecnologia**. 1ª ed. São Paulo. Editora IBRACON, 2011.

JACQUES, Jeovani Rodrigues. **Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland.** 2013. 63p. trabalho de conclusão de curso- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS.

LATTERZA, Luciano de Mello. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação.** 132 f. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

LATTERZA, Luciano de Mello. MACHADO JR, Eloy Ferraz. **Concreto com agregado graúdo reciclado: propriedades no estado fresco e endurecido e aplicação em pré-moldados leves.** 2003.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 290 f. (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.

LEVY, Salomon Mony. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** 194 f. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

LEVY, Salomon Mony. Materiais reciclados na construção civil. In: **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** São Paulo: Ibracon. Cap.49. 2007.

LEVY, Salomon Mony. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos.** 147 f. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica- Universidade de São Paulo. São Paulo. 1997.

LIMA, José Antônio Ribeiro de. **Proposição de Diretrizes para Produção e Normalização de Resíduo de Construção Reciclado e de suas Aplicações em Argamassas e Concretos.** 240 f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos. 1999.

MAGRO, Paula. O que fazer com os resíduos gerados nas obras e demolições? **PM Ambiental.** 2020. Disponível em: pmambiental.com/2020/09/16/como-fazer-a-gestao-dos-residuos-de-construcao-civil/. Acesso em: 02 jun 2021.

MATERIAIS recicláveis: quais são eles?. **Brasil Coleta.** 2019. Disponível em: brasilcoleta.com.br/reciclagem-materiais-reciclaveis/. Acesso em: 13 maio 2021.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 2ª ed. São Paulo. Editora IBRACON. 2008.

n.53. 14-15 p. 2009.

NAWA, T. **Recycling of Concrete**. 2010, Disponível em: http://www.eng.hokudai.ac.jp/COE-area/workshop/pdf/05feb4_nawa.pdf.

NEVES, P. B. **Características de fragmentação e microestruturas de rochas e seu comportamento na britagem para a produção do agregado**. 129 f. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2005.

PEDROSO, Fábio Luís. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto e Construções. ISSN 1809:7197. 80 f.

PERUCCHI, Tiago. **Sustentabilidade: o concreto pode ser reciclado**. I-BR. 2018. Disponível em: ibr.eng.br/sustentabilidade-o-concreto-pode-ser-reciclado/. Acesso em: 02 jun 2021.

PETERSEN, Lars. *et al* . **Representative sampling for reliable data analysis: Theory os Sampling**. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 77. P, 261-277. 2005.

PINTO, T. P. **Metodologia Para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 190 f. São Paulo. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RASHWAN, M. S; ABOURIZK, S. The properties of recycled aggregate concrete. **Concrete International**, v.19, n.7, p. 56-60, 1997.

REGANATI, Bruno. **A História do Concreto**. Concreto usinado. 2020. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>. Acesso em: 11 maio 2021.

SALGADO, Ivone. BAESSO, Renata. **Técnicas Construtivas- Adobe**. PUC-SP. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2011. Disponível em: pt.slideshare.net/abianchpaula/arquitetura-do-brasil-adobeequipe-14. Acesso em: 02 jun 2021.

SHIMA, H. *et al*. **An Advanced Concrete Recycling Technology and its Applicability Assessment by the InputOutput Analysis**. Journal of Advanced Concrete Technology, n.3, v. 1. 2005. p. 53-67.

SILVA, Fábio Melle da. Novo desafio para a sustentabilidade: O concreto reciclado. 2016. Disponível em: deviante.com.br/noticias/ciencia/novo-desafio-para-sustentabilidade-o-concreto-reciclado/. Acesso em: 02 jun 2021.

SUSTENTABILIDADE: Saiba tudo sobre reciclagem de concreto. **Maqcenter**. 2021. Disponível em: maqcenter.com.br/sustentabilidade-saiba-tudo-sobre-reciclagem-de-concreto/. Acesso em: 02 jun 2021.