

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANTÔNIO PAULO DA SILVA NETO  
JOSÉ CARLOS PEREIRA  
JOSENILDO DA SILVA MOURA  
REINALDO FREIRE DOS SANTOS NETO**

**RECICLAGEM E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
E DEMOLIÇÃO: estudo de caso**

**RECIFE  
2022**

**ANTÔNIO PAULO DA SILVA NETO  
JOSÉ CARLOS PEREIRA  
JOSENILDO DA SILVA MOURA  
REINALDO FREIRE DOS SANTOS NETO**

**RECICLAGEM E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
E DEMOLIÇÃO: estudo de caso**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte  
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientadora: Prof. Dr. Elaine Vaz.

RECIFE  
2022

Ficha catalográfica elaborada pela  
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

R296 Reciclagem e aproveitamento dos resíduos da construção civil e demolição:  
estudo de caso / José Carlos Pereira [et al]. - Recife: O Autor, 2022.  
44 p.

Orientador(a): Dra. Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário  
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Agregado reciclado. 2. Resíduos de construção e demolição. 3.  
Reciclagem. I. Silva Neto, Antônio Paulo da. II. Moura, Josenildo da Silva.  
III. Santos Neto, Reinaldo Freire dos. IV. Centro Universitário Brasileiro -  
UNIBRA. V. Título.

CDU: 624

Nossa dedicação vai expressamente aos  
nossos pais, pois mesmos sem instrução  
nos apoiaram e deram forças para que  
nós nunca desistíssemos.  
Independentemente das adversidades  
encontradas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por não deixar baixar a cabeça diante das dificuldades encontradas, e também pelas oportunidades que obtivemos ao longo do curso. À nossa família que sempre nos apoiaram. À nossa orientadora, gostaríamos não só de deixar nossos agradecimentos, como também nossa gratidão por todo zelo e cuidado com a construção deste trabalho. Aos amigos que conquistamos durante a graduação, que estiveram dando apoio e ajudando academicamente e na vida pessoal. Ao Centro Universitário Brasileiro pela realização do curso de Engenharia Civil, onde fomos muito bem recebidos e encaminhados para a grande conquista da graduação. À Empresa Ciclo Ambiental que abriu suas portas contribuindo de maneira muito significativa para que a construção deste trabalho tivesse êxito. E a todas aquelas pessoas que indiretamente contribuíram para a realização do projeto.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Devido ao grande crescimento ocorrido na construção civil ao longo dos anos e acelerado pela realização das competições mundiais realizadas no Brasil, consumiu-se uma gama muito significativa de recursos naturais não renováveis, e em consequência disso, veio em consonância a grande parcela de resíduos sólidos gerados por esta indústria que é responsável por 50% em sua totalidade. Muito embora, não continue acelerada, mas ainda representa essa parcela significativa de consumo e geração. Então, pela deficitária gestão dos resíduos gerados e o não reaproveitamento e reciclagem desse material pelos geradores ou terceiros, é que as autoridades competentes no assunto estão despertando para políticas de fiscalização, incentivo e investimento no assunto, sendo que ainda lento, mas necessário. **METODOLOGIA:** Esse estudo realizou pesquisas bibliográficas, registros fotográficos e visita técnica, para apuração de informações fidedignas, que pudessem diagnosticar um panorama real de aproveitamento e reciclagem de RCD, através do seu subproduto que é o agregado reciclado. **CONCLUSÃO:** Diante disso, muitos estudos estão sendo realizados acerca do uso do agregado reciclado oriundo dos resíduos de construção e demolição classe A, no intuito de se estabelecer parâmetros para a viabilização do uso em larga escala.

**Palavras-chaves:** Agregado reciclado, Resíduos de construção e demolição, Reciclagem.

## RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

**INTRODUCTION:** Due to the great growth that has occurred in civil construction over the years and accelerated by the realization of world competitions held in Brazil, a very significant range of non-renewable natural resources was consumed, and as a result, a large portion of solid waste generated by this industry which is responsible for 50% in its entirety. Even though, it does not continue to accelerate, but it still represents this significant portion of consumption and generation. So, due to the deficient management of waste generated and the non-reuse and recycling of this material by generators or third parties, the competent authorities in the matter are waking up to inspection policies, incentives and investment in the matter, which is still slow, but necessary. **METHODOLOGY:** This study carried out bibliographical research, photographic records and a technical visit, in order to obtain reliable information, which could diagnose a real scenario of RCD use and recycling, through its by-product, which is the recycled aggregate. **CONCLUSION:** In view of this, many studies are being carried out on the use of recycled aggregate from class A construction and demolition waste, in order to establish parameters for the feasibility of large-scale use.

**Keywords:** Recycling Aggregate, Construction & Demolition Waste, Recycling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Processo construtivo como processo de reciclagem	20
Figura 2	Demolição indiferenciada do Hospital Bom Retiro em Curitiba/PR	22
Figura 3	Usina de Reciclagem de RCD na cidade de Joao Pessoa	23
Figura 4	Detalhe do funcionamento de um britador de impacto	24
Figura 5	Detalhe do funcionamento de um britador de mandíbula	25
Figura 6	Amostras de agregado reciclado após beneficiamento em uma usina de reciclagem.	25
Figura 7	Área de pesagem dos caminhões na usina	28
Figura 8	Escavadeira PC 200 KOMATSU	29
Figura 9	Britador móvel GIPOKOMBI RC 100	30
Figura 10	Processo de reciclagem	30
Figura 11	Central de Tratamento de Resíduos e Reciclagem	32
Figura 12	Área de descarte dos RCD's recebido	33
Figura 13	Comparação de dados com a entrada da Ciclo Ambiental	35
Figura 14	Amostra de brita n° 19	37
Figura 15	Amostra de brita n° 25	38
Figura 16	Amostra de areia grossa	38
Figura 17	Amostra de expurgo para aterro	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quantidade total de RCD coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2015 e 2019	18
Tabela 2	Quantidade total de RCD coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2017 e 2019	18
Tabela 3	Comparação de dados entre o PERS e o SINDUSCON-PE, base 2011 sem a Ciclo Ambiental.	34
Tabela 4	Comparação de dados entre o PERS e o SINDUSCON-PE, abril a junho 2012 com a Ciclo Ambiental.	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ARC	Agregado de resíduo de concreto
ARM	Agregado de resíduo misto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Centro de Tratamento de Resíduo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISSO	Organização Internacional de Normalização
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco
µm	Micrômetro

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.1 Entulho ou Resíduos de Construção e Demolição (RCD) .....	15
2.2 Coleta de RCD no Brasil .....	17
2.3 Legislação .....	18
2.4 Reciclagem.....	19
2.5 Reutilização.....	21
2.6 Beneficiamento.....	24
2.7 Agregado.....	25
2.7.1 Agregados Graúdos .....	26
2.7.2 Agregados Miúdos .....	26
2.7.3 Agregado Natural .....	26
2.7.4 Agregado Reciclado .....	26
2.7.5 Agregado de resíduo de concreto (ARC) .....	26
2.7.6 Agregado de resíduo misto (ARM) .....	27
2.8 Aplicação.....	27
2.9 Gerenciamento dos Resíduos de construção e Demolição.....	27
2.9.1 Logística Reversa.....	27
2.9.2 Gerador .....	28
2.9.3 Transporte .....	28
2.9.4 Preparação e Reciclo .....	29
2.9.5 Comercialização dos agregados reciclados .....	30
2.10 Desenvolvimento Sustentável .....	31
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 Tipo de Estudo .....	31
3.2 Localização da Pesquisa.....	32
3.3 Dados do local da pesquisa .....	32
3.4 Coleta de dados .....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Viabilidade da Reciclagem dos RCD's .....	33
4.2 Subprodutos produzidos após beneficiamento dos RCD's .....	37
4.3 Emprego dos agregados reciclados graúdos e miúdos.....	39

4.4 Substituição do agregado reciclado pelo natural.....	40
4.5 Benefícios gerados com a utilização de agregados reciclados .....	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
REFERÊNCIAS.....	42

## RECICLAGEM E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO: estudo de caso

Antônio Paulo Da Silva Neto  
José Carlos Pereira  
Josenildo Da Silva Moura  
Reinaldo Freire Dos Santos Neto  
Elaine Vaz<sup>1</sup>

**Resumo:** Devido ao grande crescimento ocorrido na construção civil ao longo dos anos e acelerado pela realização das competições mundiais realizadas no Brasil, consumiu-se uma gama muito significativa de recursos naturais não renováveis, e em consequência disso, veio em consonância a grande parcela de resíduos sólidos gerados por esta indústria que é responsável por 50% em sua totalidade. Muito embora, não continue acelerada, mas ainda representa essa parcela significativa de consumo e geração. Então, pela deficitária gestão dos resíduos gerados e o não reaproveitamento e reciclagem desse material pelos geradores ou terceiros, é que as autoridades competentes no assunto estão despertando para políticas de fiscalização, incentivo e investimento no assunto, sendo que ainda lento, mas necessário. Esse estudo realizou pesquisas bibliográficas, registros fotográficos e visita técnica, para apuração de informações fidedignas, que pudessem diagnosticar um panorama real de aproveitamento e reciclagem de RCD, através do seu subproduto que é o agregado reciclado. Diante disso, muitos estudos estão sendo realizados acerca do uso do agregado reciclado oriundo dos resíduos de construção e demolição classe A, no intuito de se estabelecer parâmetros para a viabilização do uso em larga escala.

**Palavras-chave:** Agregado reciclado, Resíduos de construção e demolição, Reciclagem.

### 1 INTRODUÇÃO

Diante da grande necessidade de reduzir a extração de matérias-primas da natureza e evitar sua escassez, tornasse necessário buscar alternativas para minimizar os impactos ambientais, reciclar e reutilizar (SCHUSTER; TABONI JUNIOR, 2020).

Complementa ainda, que a construção civil é uma das áreas que se destaca por produzir elevados índices de resíduos sólidos. Foi então, que muitas empresas visaram a oportunidade de novos negócios diretamente ligado com a responsabilidade ambiental e estão buscando ou especializando-se no tocante a sustentabilidade (SIMAS et al. 2020).

---

<sup>1</sup> Professora da UNIBRA. Maior titulação já concluída. E-mail:.123@email.com

Os resíduos da 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” (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, 2002).

A resolução complementa também, que a responsabilidade pela correta destinação e beneficiamento do resíduo de construção e demolição (RCD) são dos geradores, não podendo ser depositados em aterros de resíduos domiciliares, devendo ser encaminhados a áreas específicas, visando seu reuso ou reciclagem.

Mesmo contendo materiais não aproveitáveis, os problemas gerados pelos RCD's se dão tipicamente pela quantidade gerada, e não por possíveis contaminações do ambiente onde é destinado. No intuito de frear os problemas e prejuízos decorrentes do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, foi implantada em 2010 pela Lei nº 12.305/10 a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que se baseia na prevenção e redução dos resíduos, tendo como iniciativa a adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, além do aumento da reciclagem dos resíduos sólidos.

Em alguns países de primeiro mundo, onde suas leis e normas são bastante rígidas, tendo como exemplo o Japão, que é necessário sempre a existência de um programa que inclua dentro do seu projeto uma disposição final adequada para os resíduos gerados (COUTINHO, 2020).

Com a destinação inapropriada dos RCD's produzidos através do processo construtivo, são gerados problemas como o esgotamento de aterros sanitários, obstrução de canaletas e a proliferação de insetos e roedores. Provoca também, a contaminação de águas e o desperdício de materiais recicláveis, com consequente prejuízo aos municípios e à saúde pública (BERTOL, 2015).

No Brasil e no mundo, de forma geral, tem aumentado o número de pesquisas com finalidade de viabilizar soluções para o problema de geração de resíduos na construção. Portanto, deseja-se que o impacto produzido pelas edificações sobre o meio ambiente seja o menor possível e que haja uma maior preocupação com a sustentabilidade e desenvolvimento. Essa sustentabilidade propõe um melhor planejamento na definição mais assertiva do tipo de material que será empregado na construção, para que dessa forma reduza custos e desperdícios em consonância com questões sociais e ambientais (SCHUSTER; TABONI JUNIOR, 2020).

Diante disso, este trabalho tem o objetivo de discutir a viabilidade da reciclagem dos RCD's para transformá-los em agregados reciclados, com o intuito de reduzir o uso de agregados naturais. Para isso, foi feito um levantamento de informações, através de entrevistas informais e visita técnica, em um centro de tratamento de resíduos (CTR), onde foram coletados dados e amostras dos agregados reciclados para apresentação dos resultados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Entulho ou Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

A ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da construção civil e demolição) define que o entulho é o conjunto de restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, oriundos do desperdício na construção, reforma e demolição de estruturas.

Também destaca a existência de três grupos, onde os resíduos encontrados predominantemente no entulho são recicláveis para a produção de agregados.

I - Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.

II - Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

III- Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor.

Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Podemos destacar que os principais resíduos gerados pelas construções, são derivados do processo de preparação do terreno e conseqüentemente do processo construtivo, ou seja, todo material industrializado ou matéria prima que chega nos canteiros de obras deixam uma parcela de contribuição na geração dos entulhos. Dessa forma, entendemos que qualquer tipo de construção ou demolição gera RCD, que na sua grande parte são descartados em locais inapropriados.

De acordo com a Resolução do Conama 307/2002, os resíduos da construção são classificados em quatro categorias:

**Classe A:** composta por alvenaria, concreto, argamassas e solos, passível de reciclagem para uso na forma de agregados.

**Classe B:** restos de madeira, metal, plástico e papel que podem ser reutilizados no canteiro ou encaminhados para reciclagem.

**Classe C:** produtos sem tecnologia para recuperação, como, no caso do Brasil, o resíduo do gesso.

**Classe D:** resíduos considerados perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros.

Algumas literaturas abordam que o entulho ou resíduos de construção e demolição começa desde a fase da preparação do terreno e aumenta o desperdício no processo construtivo pela falta de planejamento, com a compra de materiais excedentes e fora das especificações.

No tocante aos resíduos, Campos (2017), avalia que sejam geradas anualmente mais de 68 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil.

De acordo com dados extraídos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), referentes ao ano de 2019, apresenta que foram coletados em torno de 44,5 milhões de toneladas de RCD, uma grande preocupação se comparado ao ano de 2015, por exemplo, onde coletou-se cerca de 45,2 milhões. Uma redução de 1,54%, ou seja, são dados de entulhos lançados ou abandonados nos logradouros públicos, isso quer dizer que tem muito mais resíduos sendo descartados de maneira desordenada, e não são contabilizados. Isso reflete que a gestão dos resíduos está sendo deficitária, pois não consegue monitorar na fonte geradora até o destino final, acarretando futuramente em poluição dos solos e as águas, e a degradação da paisagem urbana.

Conforme a lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, que se baseia no princípio de responsabilidade compartilhada (art.3º- inciso XVII), tendo em vista que a maioria dos problemas ambientais vem conjunta com as questões sociais e econômicas que terminam impactando na maioria da sociedade, ou seja, a disfunção ambiental também é distribuída. Sendo assim, todos os envolvidos na cadeia logística são responsáveis pelos seus resíduos.

As principais diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são:

- Eliminação de áreas irregulares de disposição final de RCD (“bota-fora”) em todo o território nacional;
- Implantação de áreas de transbordo e triagem, de reciclagem e de preservação adequada de RCD em todo o território nacional;



- Realização de inventário de resíduos de construção civil;
- Incremento das atividades de reutilização e reciclagem do RCD nos empreendimentos públicos e privados em todo o território nacional;
- Fomento a medidas de redução da geração de rejeitos e resíduos de construção civil em empreendimentos em todo o território nacional.

A diminuição dos impactos gerados pelos RCD's propõe que se tenha um sistema integrado que gerencie os diversos fatores, entre eles, como se dá a sua geração, como é estocado, planejamento de recolhimento e como é disposto, seu uso, destino final e a quantificação destes resíduos (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

## 2.2 Coleta de RCD no Brasil

É importante destacar que um sistema de gerenciamento de resíduos eficiente, ou seja, que monitora desde a fonte geradora até o destino final, evita que solos e rios sejam poluídos por descartes indevidos e também contribui na manutenção do bem-estar social e urbano da população. Essa preocupação deriva do fato que, houve uma pequena redução na quantidade de coleta na comparação do ano de 2016 relativo ao de 2015, que contabilizou apenas 45,1 milhões de toneladas de RCD, uma diminuição de 0,08% ao ano anterior e que também já vem caindo ao longo dos anos (ABRELPE, 2016).

Analisando o fator ambiental, o maior problema com os resíduos sólidos oriundos da construção e demolição (RCD) está diretamente ligado à sua destinação irregular que em grande parte dos municípios brasileiros são depositados em locais irregulares, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios, proporcionando grandes volumes (QUAGLIO; ARANA, 2020).

Afirma-se ainda, que no Brasil a estimativa para cinco cidades médias, variaram entre 10 e 47% do total gerado. Dessa forma, comenta que estes resíduos descartados fora do processo de um gerenciamento de resíduos promovem enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano.

Sendo assim, podemos analisar uma comparação dos anos 2015 e 2019, através da Tabela 1 no Brasil e suas regiões.

**Tabela 1.** Quantidade total de RCD coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2015 e 2019.

REGIÃO	2015		2019	
	RCD COLETADO	ÍNDICE	RCD COLETADO	ÍNDICE
	Ton/dia	Kg/hab/dia	Ton/dia	Kg/hab/dia
<b>BRASIL</b>	123.721	0,605	91.444	0,556
<b>NORTE</b>	4.736	0,271	3.405	0,259
<b>NORDESTE</b>	24.310	0,430	15.663	0,425
<b>CENTRO-OESTE</b>	13.916	0,901	10.997	0,824
<b>SUDESTE</b>	64.097	0,748	46.990	0,726
<b>SUL</b>	16.662	0,570	14.389	0,546

Fonte: Adaptado Pesquisa ABRELPE / Ecodebate (2021)

Em 2019 não foi diferente, pois o número final de resíduos de construção e demolição coletado não passou dos 45 milhões de toneladas, configurando uma taxa de redução de aproximadamente 24% relativo ao ano de 2017. Conforme podemos ver na Tabela 2, também houve uma variação entre os anos de 2017 e 2019.

**Tabela 2.** Quantidade total de RCD coletado pelos municípios no Brasil nos anos de 2017 e 2019.

REGIÃO	2017		2019	
	RCD COLETADO	ÍNDICE	RCD COLETADO	ÍNDICE
	Ton/dia	Kg/hab/dia	Ton/dia	Kg/hab/dia
<b>BRASIL</b>	123.421	0,594	91.444	0,556
<b>NORTE</b>	4.727	0,264	3.405	0,259
<b>NORDESTE</b>	24.585	0,429	15.663	0,425
<b>CENTRO-OESTE</b>	13.574	0,855	10.997	0,824
<b>SUDESTE</b>	64.063	0,737	46.990	0,726
<b>SUL</b>	16.472	0,556	14.389	0,546

Fonte: Adaptado Pesquisa ABRELPE / Ecodebate (2021)

### 2.3 Legislação

**I** - A resolução CONAMA 307 (2002) visa estabelecer em seu artigo primeiro diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

**II** - A Lei Nº 14.236 (2010) institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, que dispõe sobre as diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos no Estado de

Pernambuco, bem como os seus princípios, objetivos, instrumentos, gestão e gerenciamento, responsabilidades e instrumentos econômicos.

**III** – A Lei nº 12.305, estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

**IV** - A NBR 15.113 determina os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.

**V** - A NBR 15.114 fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.

**VI** - A NBR 15.115 estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.

**VII** - NBR 15.116 estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

**VIII** – A NBR 15.112 fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.

## 2.4 Reciclagem

É o processo em que há transformação do resíduo sólido que não seria aproveitado, com mudanças em seus estados físico, físico-químico ou biológico, de modo a atribuir características ao resíduo para que este se torne novamente matéria-prima ou produto, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010).

A resolução 307 do CONAMA fala que a reciclagem é a transformação de um resíduo para seu reaproveitamento, ou seja, torna-lo em outro produto. (CONAMA, 2002).

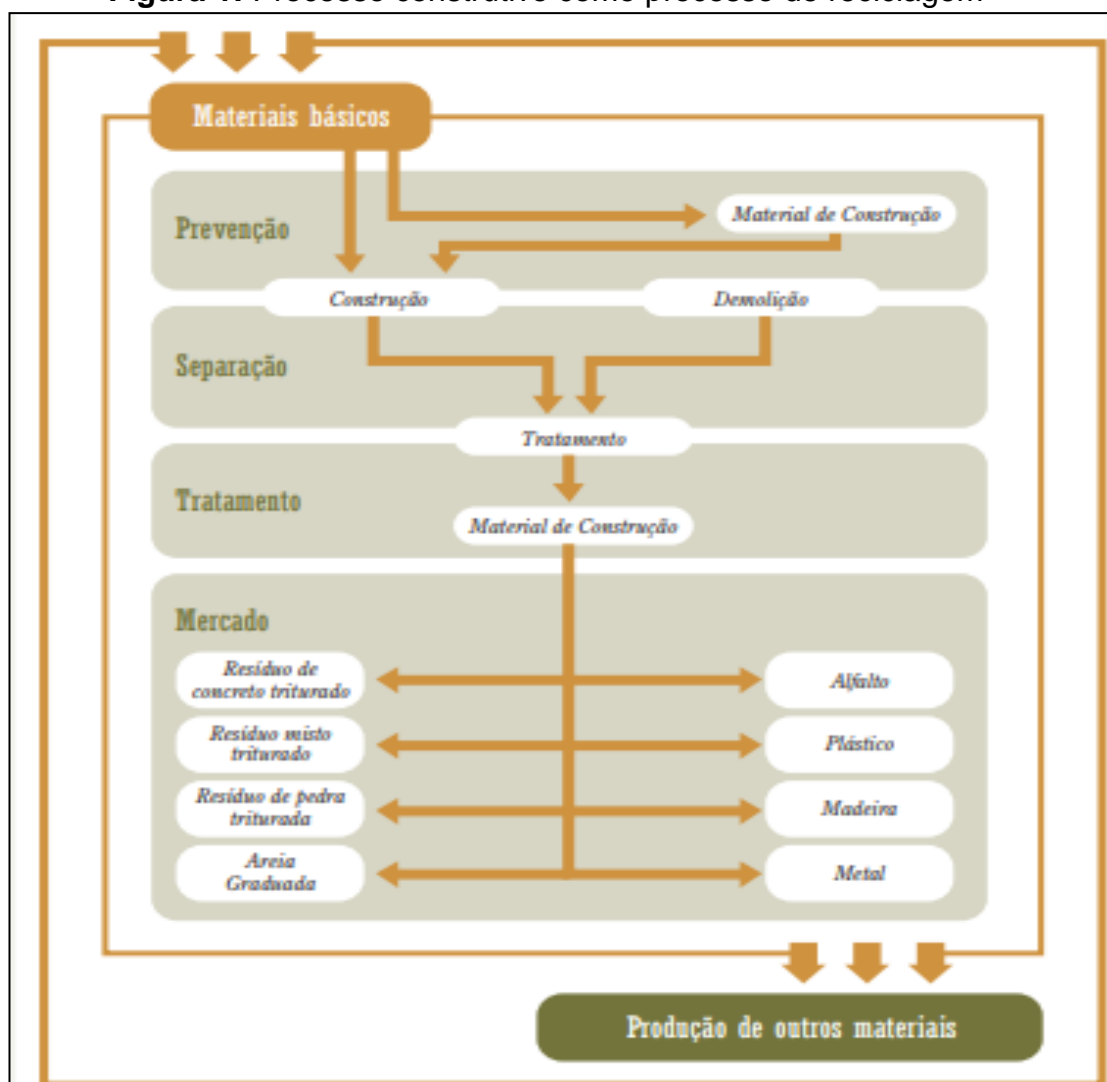
Pode-se entender que reciclagem é tornar um resíduo ou objeto inutilizável em um novo produto, onde se faz um ciclo de prolongamento de vida útil “novo-

velho-novo”, mas que para isso aconteça, muitas vezes tem que voltá-lo para um novo processo de produção. (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Destaca ainda, que a reciclagem tem seus princípios fundamentados na sustentabilidade, ou seja, quando deixamos ou reduzimos o consumo de recursos naturais (fontes de energia e matéria-prima primária) e tornando disponível por mais tempo no processo de produção.

A estimativa de crescimento na quantidade de resíduo sólido tem gerado estudos em vários países, quanto a viabilidade de sua reutilização desses resíduos como agregados (MELO et al. 2021). Em comparação a países de primeiro mundo, a transformação de RCD's no Brasil como materiais de construção é muito retraída, tendo uma pequena exceção praticada pelas indústrias de cimento e de aço que já fazem esse processo (SALOMÃO et al. 2019).

**Figura 1:** Processo construtivo como processo de reciclagem



Fonte: Blumenschein (2007)

No Brasil, o que mais se ver ainda é a disposição inadequada dos entulhos ou RCD's, bem como a reciclagem dos mesmos é pouco difundida (QUAGLIO; ARANA, 2020). Mas, já temos um bom exemplo com sucesso, na cidade de Belo Horizonte, deu-se início a um programa de reciclagem de entulho, apresentando o incremento na instalação de 4 usinas de reciclagem (FERNANDES; AMORIM, 2014).

Na Figura 1 é possível observar como pode ser minimizado as extrações desnecessárias de suas fontes não renováveis, tomando como base um processo construtivo.

Fala ainda que nestas usinas são reaproveitados blocos, argamassa dura, cerâmica, areia, pedra, concreto, enfim, a fração mineral do entulho, exceto o gesso, através dessa reciclagem é possível tornar os entulhos em argamassas, sub-base de pavimentação, blocos de alvenaria, material para contenção de encostas. Dessa forma, todo esforço acrescenta na preservação do meio ambiente e da qualidade de vida nas cidades.

De acordo com o tipo do britador utilizado, que definirá a granulometria do agregado, o RCD reciclado ainda pode ser usado como sub-base para pavimentação de vias, pré-moldagem de tampas de bueiros ou sarjetas, cascalhamento de vias, obras de contenção de encostas ou para fabricação de blocos de alvenaria. A maneira mais simples e usual de reciclagem de entulho está na utilização em pavimentação (base e sub-base), é quando o entulho reciclado em sub-base e base pavimentos já vem sendo aproveitado no Brasil, produzindo principalmente base para pavimentação (SALOMÃO et al. 2019).

## 2.5 Reutilização

É o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo. (CONAMA, 2002). A reutilização do resíduo se dá quando não há nenhum tipo de transformação física, alterando ou não o seu uso original (SALOMÃO et al. 2019).

Mesmo com a reciclagem, sabemos que neste processo existe uma alteração física dos seus componentes e como qualquer atividade humana existe a iminência de ocorrer danos ambientais. Sendo assim, devemos priorizar a possibilidade da reutilização dos resíduos, no intuito de minimizar esta possibilidade (QUAGLIO; ARANA, 2020).

A reutilização de resíduos sólidos como insumo nos processos produtivos gera benefícios diretos, tanto na redução da poluição ambiental causada pelos aterros e depósitos, quanto em benefícios indiretos relacionados à conservação de energia, e em ambas as situações há potencial de diminuição nas emissões de gases responsáveis pelo aquecimento global (MELO et al. 2021).

Algumas estratégias para reutilização dos materiais, a saber: optar pela utilização de um sistema de construção aberto *open space*; usar tecnologias de montagem compatíveis com práticas de *edifícios standard*; separar a estrutura das paredes internas dos revestimentos; providenciar acesso a todas as partes dos edifícios e a todos os componentes; usar componentes de fáceis operações de manuseamento; pensar no espaço e nos meios necessários para lidar com os diversos componentes durante a desmontagem; providenciar tolerâncias realistas para permitir os movimentos necessários durante a desmontagem; usar o número mínimo possível de diferentes tipos de conectores; usar uma hierarquia de desmontagem relacionada com a esperança de vida (QUAGLIO; ARANA, 2020).

**Figura 2:** Demolição indiferenciada do Hospital Bom Retiro em Curitiba/PR



Fonte: Fernandes; Amorim (2014)

É impraticável o reaproveitamento, através de meios que não tenham procedimentos favoráveis a separação e recuperação dos resíduos (QUAGLIO; ARANA, 2020), como mostra a figura 2 de autoria de Couto e colaboradores (2006 *apud* FERNANDES; AMORIM, 2014).

Acrescenta ainda, a importância que tem a ideia da desconstrução e reutilização de RCD's, e prescreve que só através de um detalhamento sistêmico dos agregados, produzidos a partir de resíduos de construção e demolição, propõe uma melhor classificação do seu uso em concretos. Assim, ter parametrizado o comportamento do material reciclado dentro das misturas de concreto resultará em produtos com confiabilidade e qualidade equivalentes ao convencional, dessa forma poderá romper as possíveis barreiras para o completo reaproveitamento dos RCD's.

Fernandes e Amorim (2014) relatam a reutilização de agregados e resíduos de construção, figura 3, na pavimentação urbana de Joao Pessoa-PB. O material empregado foi oriundo de uma usina de reciclagem.

**Figura 3.** Usina de Reciclagem de RCD na cidade de Joao Pessoa



Fonte: Fernandes e Amorim, 2014.

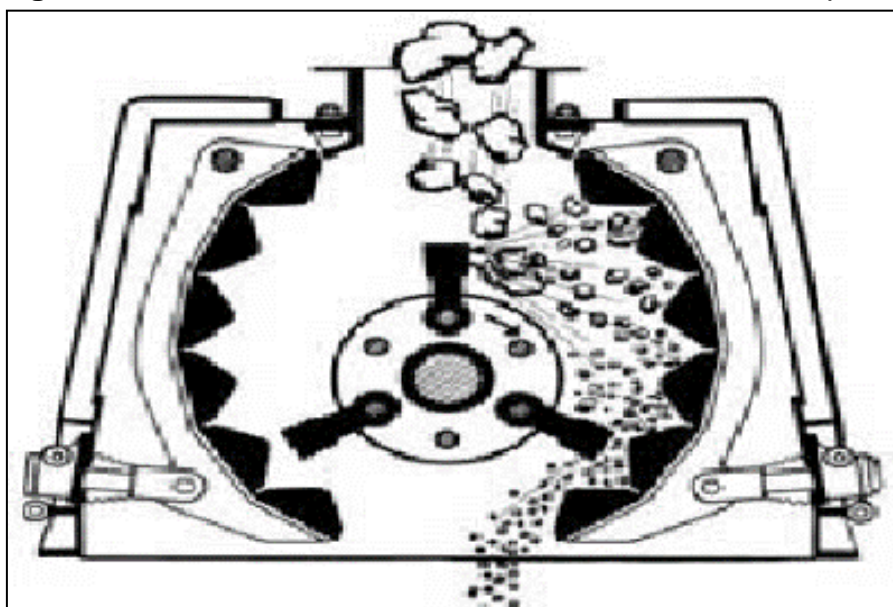


## 2.6 Beneficiamento

Segundo o CONAMA (2002), é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.

O processo de beneficiamento em usinas se dá através de britadores, seja ele de impacto ou mandíbula, e em obras é o de mandíbulas de pequeno porte. Este processo se dá pela fragmentação ocorrida através do funcionamento dos martelos maciços e fixos a um rotor e do choque das placas de impacto fixas (Figura 4).

**Figura 4.** Detalhe do funcionamento de um britador de impacto

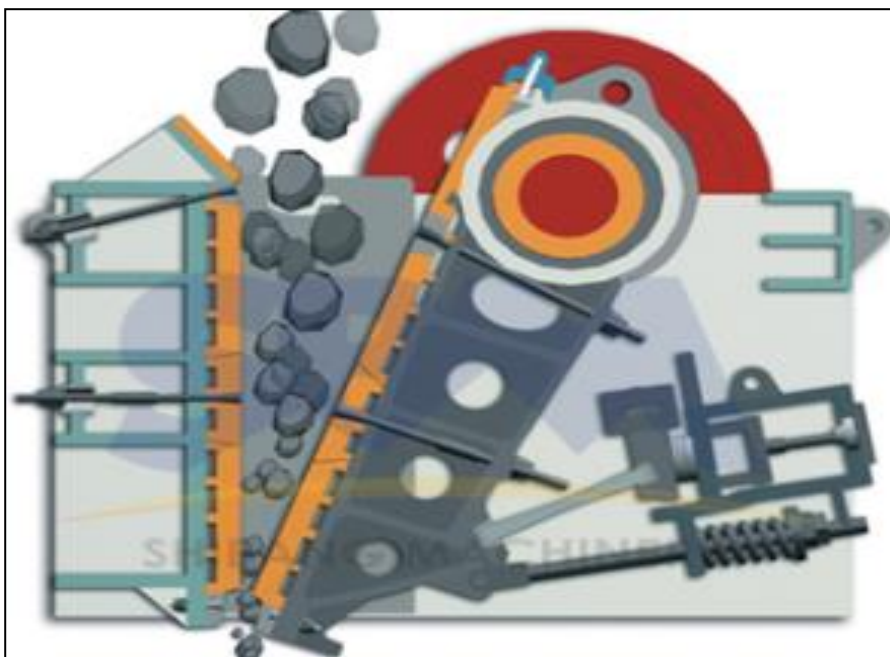


Fonte: Tenório, 2007.

O britador de mandíbula, figura 5, realiza seu processamento através do esmagamento do material, ou seja, exerce uma força de compressão por uma de suas mandíbulas até que seja fragmentado.



**Figura 5.** Detalhe do funcionamento de um britador de mandíbula



Fonte: [https://pt.made-in-china.com/co\\_shclirik/product\\_Small-Rock-Jaw-Crusher-PE-PEX-Series-\\_heengoihu.html](https://pt.made-in-china.com/co_shclirik/product_Small-Rock-Jaw-Crusher-PE-PEX-Series-_heengoihu.html)

A Figura 6 apresenta o resultado do resíduo de construção e demolição beneficiado, realizado por uma usina de reciclagem, que o transformou em agregado reciclado e voltará a ser empregado nas construções e na fabricação de novos materiais.

**Figura 6.** Amostras de agregado reciclado após beneficiamento em uma usina de



Fonte: Fernandes e Amorim, 2014.

## 2.7 Agregado

Segundo a NBR 9.935 (2011), agregado é um “material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto”.

### 2.7.1 Agregados Graúdos

Conforme a NBR 7.211 (2005):

“Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1”.

### 2.7.2 Agregados Miúdos

“Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150  $\mu$ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1” (NBR 7211, 2005).

### 2.7.3 Agregado Natural

É aquele oriundo da natureza que pode ser utilizado em sua forma primitiva ou através de processo de britagem ou lavagem (NBR 9.935, 2011).

### 2.7.4 Agregado Reciclado

“Material granular obtido de processos de beneficiamento de resíduos de construção ou demolição da construção civil, previamente triados e pertencentes a classe “A”, conforme ABNT NBR 15116” (NBR 9.935, 2011).

A produção de agregado proveniente de RCD requer uma análise detalhada e sistematizada, pois devido aos diversos componentes ali retidos existe características comuns entre eles que quando identificado serão atribuídos valores e limites a cada uma delas para que possa garantir sua qualidade e efetividade.

Dessa forma, justifica todo esforço de se estudar isoladamente os agregados, pois cerca de 75% do volume do concreto tem sua ocupação por eles, sendo assim sua qualidade é de suma importância para a produção de um concreto confiável (CAMPOS, 2017).

### 2.7.5 Agregado de resíduo de concreto (ARC)

Dá-se do beneficiamento do resíduo sólido da classe tipo A, que na sua forma graúda contenha no mínimo 90% da sua massa partes de cimento Portland e rochas (NBR 15.116, 2004).

### 2.7.6 Agregado de resíduo misto (ARM)

Também se obtém através do beneficiamento dos RCD's da classe tipo A, só que nesse caso tem menos de 90% da sua massa composta por partes de cimento Portland e rochas (NBR 15.116, 2004).

## 2.8 Aplicação

O emprego dos agregados provenientes de RCD tem potencial a ser empregado, por exemplo, na produção de argamassas e concretos, blocos de vedação, enchimento de aterros, base e sub-base de pavimentos (CAMPOS, 2017).

As literaturas afirmam que há diversas formas para utilização dos agregados oriundos de RCD's, contudo ainda existe uma grande rejeição no que se diz respeito ao uso no concreto estrutural e a substituição total do agregado natural pelo reciclado, devido a variação das características destes resíduos na produção dos agregados reciclados e conseqüentemente influenciará na resistência mecânica do concreto produzido limitando e restringindo sua aplicação.

A NBR 15.116 (2004) contempla os requisitos para utilização dos agregados reciclados na destinação de pavimentos viários e concretos sem função estrutural.

Dessa forma, entendemos que é possível e viável a utilização dos agregados reciclados nos produtos derivados de cimentos, mesmo tendo suas propriedades diferentes dos agregados naturais. Com isso, podemos atender o desejo de um processo construtivo com benefícios a economia, sustentabilidade e social.

## 2.9 Gerenciamento dos Resíduos de construção e Demolição

### 2.9.1 Logística Reversa

Conforme o Sistema Nacional De Informações Sobre A Gestão Dos Resíduos Sólidos – SINIR (2010), logística reversa é:

Um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação.

Em vista disso e baseado no CONAMA 307, a empresa Ciclo Ambiental atua junto aos construtores geradores de resíduos de construção e demolição não

contaminantes, firmando parcerias para o recebimento e destinação final adequada dos resíduos.

### 2.9.2 Gerador

Os geradores de resíduos contratam a Ciclo Ambiental, para que eles recebam, tratem e destinem corretamente os RCD's por eles gerados. Depois de firmado a parceria, o processo começa na obra, onde a Ciclo Ambiental envia sua equipe técnica de meio ambiente para treinamento e capacitação dos colaboradores da parceira que serão responsáveis pela correta separação e segregação dos materiais nas caçambas a serem enviados em caminhões a usina de tratamento e reciclagem.

### 2.9.3 Transporte

Os geradores também firmam parcerias com transportadoras de resíduos para que façam a coleta em seus canteiros e transporte até a Ciclo Ambiental. O caminhão ao chegar na usina de processamento, é direcionado a uma balança, figura 7, para registrar a quantidade de resíduos recebido e após isso liberado para descarregar na área de transbordo e triagem. Pois, a Ciclo Ambiental tolera apenas 10% de poluição no material recebido.

**Figura 7.** Área de pesagem dos caminhões na usina



Fonte: Autor, 2022

#### 2.9.4 Preparação e Reciclo

Realizado a triagem, os RCD's são depositados por uma escavadeira PC 200 KOMATSU (Figura 8) no britador móvel GIPOKOMBI RC 100 (Figura 9), para que se inicie o processamento automático de britagem. O britador além de fazer a comunicação realiza a separação granulométrica através de suas peneiras mecânicas e distribui por suas esteiras o resíduo de construção e demolição beneficiado na forma de agregado reciclado conforme, descrito abaixo:

- Areia Grossa
- Expurgo para Aterro
- Brita Cascalhinho – (até o momento a produção está suspensa)
- Brita 19
- Brita 25

**Figura 8.** Escavadeira PC 200 KOMATSU



Fonte: Autor, 2022

Os materiais não recicláveis separados manualmente na triagem são destinados aos aterros, e nos casos de materiais recicláveis estranhos ao processo são entregues às recicladoras.

**Figura 9.** Britador móvel GIPOKOMBI RC 100



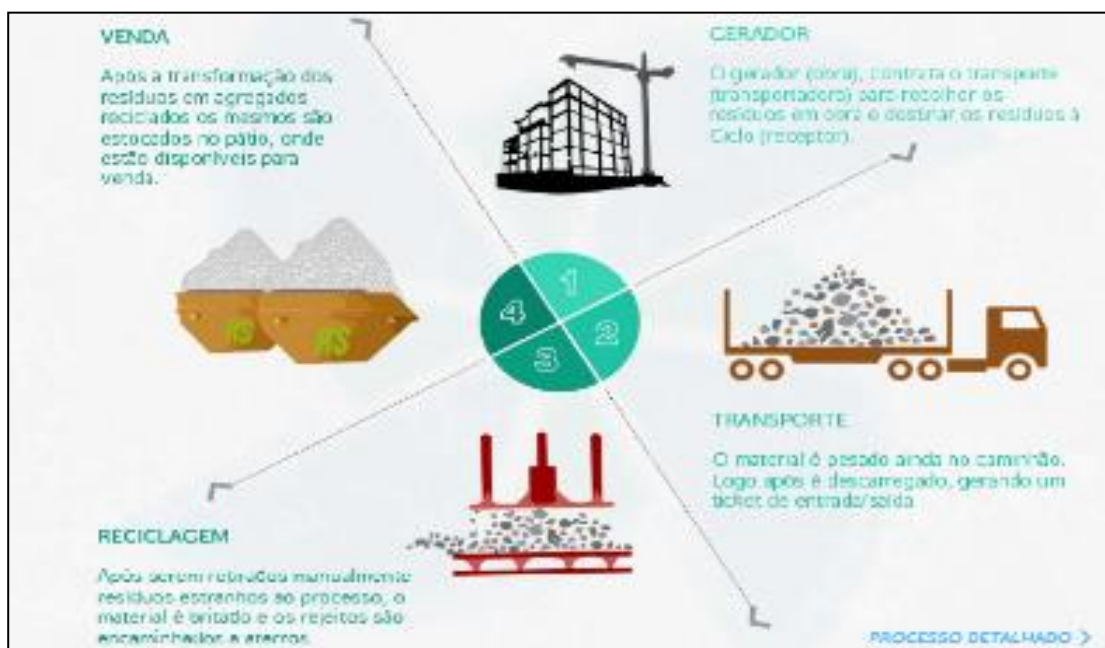
Fonte: Autor, 2022

### 2.9.5 Comercialização dos agregados reciclados

Os agregados reciclados oriundos do beneficiamento dos resíduos de construção e demolição, são estocados no pátio da Ciclo Ambiental, onde ficam disponíveis à venda ao mercado com um valor 40% mais baixo, comparado ao agregado natural.

A seguir a Figura 10, mostra didaticamente como funciona o processo de reciclagem de resíduos de construção e demolição na Ciclo Ambiental.

**Figura 10.** Processo de reciclagem



Fonte: <http://cicloambientalrcc.com.br/site/home/>



## 2.10 Desenvolvimento Sustentável

Pode-se dizer que é um processo de desenvolvimento de uma sociedade que não afetam as suas necessidades básicas, bem como das gerações futuras, oferecendo assim oportunidades para que todos possam alcançar suas aspirações (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

Analisando que os métodos construtivos ainda são muito primitivos, e que dessa forma não contribui para que haja uma sistematização do processo. Conforme citado por Brasileiro e Matos (2015), indaga que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte passe por profundas transformações.

Conforme a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE foram recolhidos em torno de 44 milhões de toneladas de RCD's em 2019, logo, esse número representa apenas os resíduos que foram depositados ou abandonados em logradouros públicos.

Reitera ainda, que é preocupante os números apontados, e é devido a isso, que se vê na reciclagem e reutilização dos RCD's, em agregados, uma grande oportunidade de redução na extração das reservas não renováveis de minérios, bem como na diminuição do impacto ecológico gerado pelos resíduos, no bem-estar social e urbano.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Tipo de Estudo

Iniciado por uma pesquisa exploratória, utilizando a metodologia descritiva com apresentação de um estudo de caso. Conduziu-se também por uma investigação exploratória qualitativa, onde foram levantadas bases conceituais nas literaturas existentes em consonância com as diferentes informações e definições sobre a reutilização e reciclagem de RCD's na forma de agregados reciclados.

Foi realizada para coleta de dados, uma pesquisa de campo e análise de estudos que acercam sobre o tema estudado, entre janeiro a março de 2022, para enfatizar os objetivos determinados no trabalho, descrevendo o processo de reciclagem dos resíduos de construção e demolição, em agregados reciclados e sua importância quanto a sustentabilidade para a construção civil.

Será apresentado os materiais beneficiados, juntamente com a metodologia utilizada para análise dos resultados.

### 3.2 Localização da Pesquisa

O estudo foi realizado na Empresa Ciclo Ambiental, uma empresa de médio porte localizada na cidade de Camaragibe no estado de Pernambuco.

A empresa possui infraestrutura adequada ao manejo e tratamento dos resíduos de construção e demolição, bem como atende aos padrões exigidos por normas e legislações vigentes.

### 3.3 Dados do local da pesquisa

A coleta dos dados e todo procedimento de reciclagem dos resíduos de construção e demolição, foi realizado na Empresa Ciclo Ambiental em fevereiro de 2022. Tal empresa teve suas operações iniciadas no ano de 2010, atendendo a resolução CONAMA 307 e leis vigentes.

A empresa está alocada em um terreno de 30 mil m<sup>2</sup>, com investimento inicial de 2 milhões de reais, onde conta com uma central de tratamento de resíduos e equipamentos modernos capazes de processar 1000 toneladas/dia como ilustrados nas Figuras 11 e 12, gerando 20 empregos diretos. Atualmente está com uma demanda de recebimento de resíduos em torno de 750 toneladas/dia.

**Figura 11.** Central de Tratamento de Resíduos e Reciclagem



Fonte: Autor, 2022



**Figura 12.** Área de descarte dos RCD's recebido



Fonte: Autor, 2022

### 3.4 Coleta de dados

Deu-se primeiramente através de uma pesquisa bibliográfica em livros, artigos técnicos, dissertações, teses e na internet para poder conceituar e fundamentar a elaboração do projeto.

Em seguida, foi realizada uma pesquisa de campo complementada por uma entrevista informal com o Sr. Flávio Guimarães, representante da empresa Ciclo Ambiental que nos forneceu alguns dados e autorização para retirada de fotos e coleta de material.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na entrevista realizada notou-se uma pequena dificuldade no acesso a passagem de dados e nas informações. De acordo com Lakatos e Marconi (2005), diz que para fins de estudos científicos, é necessário que haja um contato entre duas pessoas com o intuito de angariar informações relevantes a um assunto de maneira metódica de forma profissional.

### 4.1 Viabilidade da Reciclagem dos RCD's

Com o avanço lento dos estudos realizados, e a disseminação da reciclagem dos resíduos de construção e demolição em agregados reciclados, o mercado da

construção civil está começando a se voltar para a utilização do material reciclado de maneira sustentável, pois ele é o maior produtor do resíduo e também impulsionado pela Resolução CONAMA nº 307. De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS (2012):

Indica que, em 2011, foram coletadas pelas empresas que obtiveram licenciamento ambiental aproximadamente 18.855 toneladas (1.571 toneladas por mês) e depositados nos aterros sanitários da CTR Candeias, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife e da CTR Petrolina, localizada em Petrolina, no Sertão Pernambucano. Em 2012, a empresa Ciclo Ambiental, localizada no município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife, no período de abril a junho, recebeu em média 7.100 toneladas de RCC por mês, aumento coerente com o momento econômico porque passa o estado de Pernambuco.

Já o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco – SINDUSCON/PE citado no PERS diz que:

À geração de resíduos do grande Recife é de aproximadamente 4.500 toneladas por dia. Para o restante do estado, a previsão do Sindicato é de 1.575 toneladas por dia. Do total de Resíduos da Construção Civil do estado, cerca de 30% do resíduo gerado resulta de empresas construtoras (grande gerador), enquanto o restante é gerado por pessoas físicas, reformas de lojas, pequenas construções, entre outros pequenos geradores.

Então, percebe-se que há uma fiscalização e coleta deficitária ao longo do processo. Quando confrontado os dados levantados conforme (Tabela 13 e 14) e ilustrado na (Figura 13), verificasse que os resíduos coletados são significativamente menores que a quantidade gerada. Então, tem-se que com a implantação da empresa Ciclo Ambiental, após dois anos do seu funcionamento os números levantados começam a ser relativizado ao quantitativo gerado, informado pelo SINDUSCON-PE, ou seja, os resíduos começam a ter seu destino final adequadamente.

**Tabela 3.** Comparação de dados entre o PERS e o SINDUSCON-PE, base 2011 sem a Ciclo Ambiental.

	<b>Tonelada/mês</b>	<b>Tonelada/ano</b>
<b>PERS</b>	1.571	18.855
<b>SINDUSCON-PE</b>	182.250	2.187.000

Fonte: Adaptado do PERS, 2012

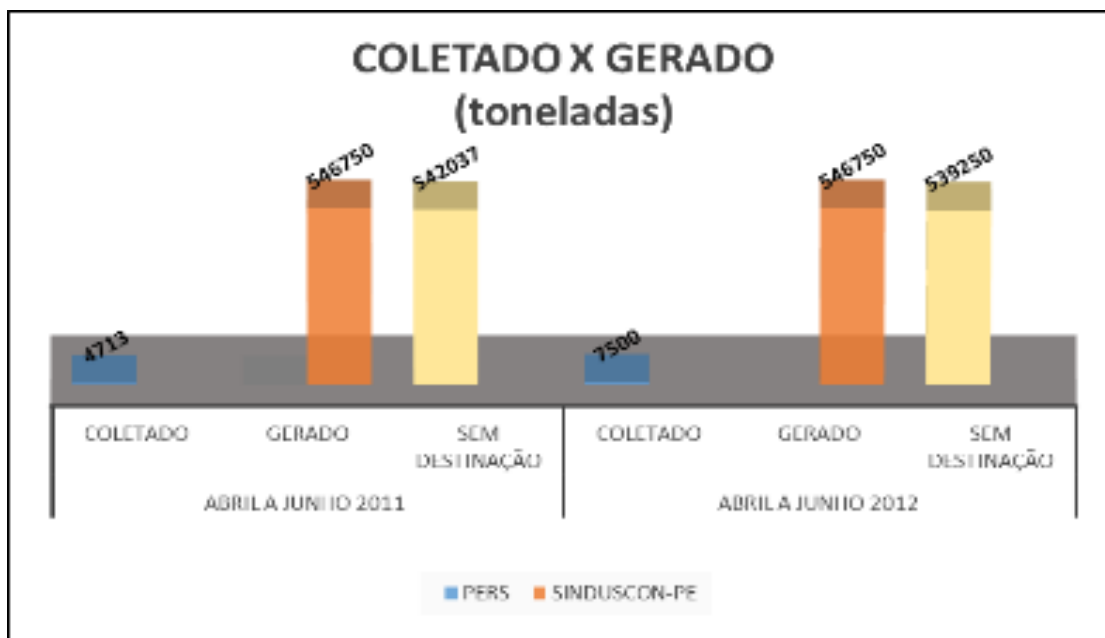
**Tabela 4.** Comparação de dados entre o PERS e o SINDUSCON-PE, abril a junho 2012 com a Ciclo Ambiental.

	Tonelada/mês	Tonelada/trimestre
<b>PERS</b>	2.500	7.500
<b>SINDUSCON-PE</b>	182.250	546.750

Fonte: Adaptado do PERS, 2012.

Sendo assim, analisando a Figura 13, consegue enxergar a grande importância da implantação de centrais de tratamento de resíduos sólidos de construção e demolição, pois há um aumento significativo nos números de resíduos coletados, isso se deve principalmente pelo interesse da iniciativa privada de gerar produtos e consequentemente capital, implicando diretamente nos órgãos públicos um melhor controle e fiscalização nos geradores de resíduos em sua correta destinação, ou seja, com uma fiscalização efetiva e eficiente indispensavelmente as grandes construtoras que são os principais geradores irão procurar fazer parcerias com as ou a central que aquele município dispuser.

**Figura 13.** Comparação de dados com a entrada da Empresa Ciclo Ambiental



Fonte: Autor, 2022

Diante disso, percebemos que com a implantação do centro de beneficiamento de resíduos, em apenas três meses conseguiu dobrar a quantidade de resíduos coletados comparando-se com o mesmo período do ano anterior.

Mesmo assim, o SINDUSCON-PE diz que, apenas 5% de todo resíduo gerado está sendo destinado para a central de tratamento de resíduos na Ciclo Ambiental.

Campos (2017) atribuiu que:

A reciclagem dos RCD's constitui uma medida ambientalmente adequada, uma vez que minimiza o volume de resíduos dispostos em aterros ou em áreas irregulares, contribui para a melhoria da paisagem urbana, para a saúde pública, e ainda diminui a demanda por recursos naturais não renováveis.

Com isso, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS, através do artigo 54, da Lei 12.307, estabelece diretrizes e estratégias a fim de garantir que haja a destinação final correta e sustentável e o reaproveitamento, sendo comprovada tecnicamente sua viabilidade.

- **Diretriz 01:** Erradicação das áreas irregulares de disposição final de resíduos da construção civil.
- **Diretriz 02:** Incentivo ao reaproveitamento econômico dos resíduos da construção civil.
- **Diretriz 03:** Assegurar a participação dos geradores resíduos da construção civil na sua gestão.

#### **Estratégias:**

- ✓ Incentivar as práticas de combate ao desperdício, reutilização e reciclagem de materiais.
- ✓ Intensificar a fiscalização (estadual e municipal) visando coibir o estabelecimento de novas áreas de “bota-fora”.
- ✓ Fomentar a implantação de destinação final ambientalmente adequada de resíduos da construção civil (Classe A).
- ✓ Apoiar a capacitação e difusão tecnológica visando incrementar as ações de combate ao desperdício, reutilização e reciclagem de RCD.
- ✓ Priorizar a reutilização e a reciclagem de RCD nas obras e empreendimentos do governo estadual e nas compras públicas.
- ✓ Apoiar a utilização dos resíduos da construção civil na cogeração de energia.
- ✓ Fomentar pesquisa e o desenvolvimento tecnológico destinado a busca de soluções para redução da geração de rejeitos e resíduos da construção civil em empreendimentos.

- ✓ Fortalecer o órgão ambiental competente visando o controle dos resíduos sólidos da construção civil gerados no Estado.

Além disso, conforme informações coletadas na empresa com o processo de beneficiamento disponibiliza-se um produto competitivo ao mercado no que tange ao custo benefício com margem de 30 a 40% mais barato do que o agregado natural, mas que ainda não tem parâmetros definidos para a produção de produtos nobres como concreto estrutural.

#### 4.2 Subprodutos produzidos após beneficiamento dos RCD's

A empresa Ciclo Ambiental recebe apenas os resíduos conforme a classificação A da resolução CONAMA 307, sendo assim, seu beneficiamento se dará na geração de agregados reciclados na forma graúda ou miúda como: brita nº 19 Figura 14, brita nº 25 Figura 15, areia grossa Figura 16 e expurgo para aterro Figura 17. Essa definição ocorre através da ação de um sistema de peneiras mecânicas acoplada no equipamento GIPOKOMBI RC 100, que faz todo processo automático sendo ele britagem, peneiramento e separação e distribuição automática de cada produto gerado através de suas esteiras.

##### **Graúda:**

- Brita nº 19

**Figura 14.** Amostra de brita nº 19



Fonte: Autor, 2022

- Brita n° 25

**Figura 15.** Amostra de brita n° 25



Fonte: Autor, 2022

**Miúda:**

- Areia grossa



**Figura 16.** Amostra de areia grossa

Fonte: Autor, 2022

- Expurgo para aterro

**Figura 17.** Amostra de expurgo para aterro



Fonte: Autor, 2022

Portanto, com uma capacidade de processamento e beneficiamento de 900 a 1000 ton/dia, a Ciclo Ambiental conseguiria atender a toda demanda de geração de resíduos da cidade do Recife, que conforme dados extraídos do site da prefeitura do município, no ano de 2016 foram destinados aos aterros sanitários 7.800 toneladas/mês de resíduos classe A, então com o novo conceito dado a destinação final para os RCD's e de forma a contribuir com a sustentabilidade, a prefeitura firmou uma parceria com a Universidade Estadual de Pernambuco, para que todo RCD coletado na cidade, fosse destinado a um centro de beneficiamento de resíduos e com isso utilizar os agregados reciclados para pavimentação de vias no município.

#### 4.3 Emprego dos agregados reciclados graúdos e miúdos

De acordo com Gusmão (2008), avalia que mais de 90% dos RCD's possuem viabilidade técnica de reutilização e reciclagem. Atendendo de forma satisfatória as normas técnicas exigidas para seu emprego. Afirma também, que o setor da construção civil é o responsável por mais de 50% do todo resíduo sólido gerado.

A prefeitura do Recife junto com a universidade estadual elaborou um projeto piloto que teve início em 2016 e até março de 2017, pavimentaram 20 vias com agregados reciclados e com isso deixou de encaminhar para os aterros sanitários mais de 57.000 toneladas de resíduos.

A empresa Ciclo Ambiental vende em média 16.000 ton/mês, do seu agregado reciclado. Esses materiais são comprados principalmente pelas grandes construtoras, mas está disponível a todos que tenham capacidade técnica de produzir com a utilização do produto beneficiado.

Podemos destacar que o agregado reciclado tem várias empregabilidades, mas podemos destacar que o produto tem suas principais aplicações em:

- Pavimentação (base e sub-base);
- Enchimento de aterros;
- Matéria-prima para a produção de outros produtos como:
  - ✓ Concreto não estrutural;
  - ✓ Pré-moldagem de tampas de bueiros ou sarjetas;
  - ✓ Obras de contenção de encostas;



- ✓ Fabricação de blocos de vedação;
- ✓ Argamassas;
- ✓ Artefatos cimentícios.

Na entrevista realizada, o representante da empresa Ciclo Ambiental, informalmente falou que a organização está com o projeto em fase de conclusão para a construção de uma fábrica de produção de produtos pré-moldados com a utilização de 100% de agregados reciclados.

#### 4.4 Substituição do agregado reciclado pelo natural

De acordo com as normas brasileiras, ainda não se admite a substituição do agregado natural pelo reciclado para a produção de concreto para fins estruturais.

Sendo assim a NBR 15116 (2004), estabelece que o uso do agregado reciclado será destinado para reforço de subleito, sub-base e base de pavimentação ou revestimento primário de via não pavimentadas e também para o preparo do concreto sem função estrutural.

Isso apenas dificulta a utilização em larga escala do agregado reciclado, pois as empresas nem os engenheiros terão parâmetros e retaguarda jurídica para tal fim. Entretanto, para a composição do concreto sem fins estruturais, pode substituir 100% dos agregados naturais pelos reciclados.

O problema da substituição do agregado natural pelo reciclado se dá apenas na produção de concreto para fins estruturais, pois apresenta uma variabilidade muito grande devido a composição do RCD do qual foi beneficiado. E, para que haja uma produção segura do produto é necessário um acompanhamento técnico rigoroso em toda cadeia produtiva, a fim de se obter todos os parâmetros técnicos exigidos em norma (que ainda não tem).

Entretanto, precisa-se criar uma cultura confiável de utilização do concreto para fins estruturais no Brasil, sendo que para isso também tem que ter um uso menos restritivo cominado com as boas práticas confiáveis no beneficiamento dos agregados.

#### 4.5 Benefícios gerados com a utilização de agregados reciclados

A indústria da construção civil é considerada no âmbito da literatura uma das principais áreas causadoras de impacto ambiental, sendo eles: degradação das áreas de manancial e de proteção permanente, proliferação de agentes



transmissores de doenças, assoreamento de rios e córregos, obstrução dos sistemas de drenagem, ocupação de vias e logradouros, bem como redução de matéria prima não renovável, extração de recursos naturais (REZENDE et al. 2012).

Conforme Fernandes e Amorim (2014), a reciclagem de RCD's em agregados reciclados contribui para diminuição da destinação irregular de resíduos de construção e demolição, que geralmente ocorre em margens de rios, córregos e terrenos baldios, ajuda na melhoria da saúde e qualidade de vida da população, desenvolvimento mais sustentável, conservação de matérias-primas não renováveis, redução de custos e também na diminuição dos resíduos enviados aos aterros sanitários.

Podemos destacar também o custo benefício do agregado reciclado em relação aos valores financeiros, sendo que pode se ter uma economia se comparado ao agregado natural de até 40%.

Sendo assim, Brasileiro e Matos (2015), propõe que o desenvolvimento sustentável de uma sociedade se dá através do gerenciamento cauteloso e consciente, na utilização dos recursos não renováveis, de forma que não afetam as necessidades básicas das gerações futuras.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante deste estudo, foi observado que os órgãos responsáveis por controle e fiscalização não detém suas bases cadastrais a respeito da geração, destinação, reutilização e reciclagem atualizadas, foi possível também encontrar informações divergentes entre órgãos e instituições que também fazem análise a respeito de resíduos sólidos.

Tendo como base as informações tiradas do Plano Estadual de resíduos Sólidos – PERS, que o SINDUSCON-PE diz que a construção civil em Pernambuco gera cerca de 6.075 ton/dia, ou seja, 182.250 ton/mês e que a empresa Ciclo Ambiental tem capacidade de beneficiar cerca de 900 a 1.000 ton/dia, não conseguiria atender a demanda gerada no município, seriam necessários um aumento de capacidade de processamento seis vezes maior ou a instalação de mais seis usinas do mesmo porte.

Pode se dizer também, que não há muito esforço por parte da administração pública em desenvolver ou disseminar a inclusão da reciclagem de resíduos de

construção e demolição e a utilização de agregados reciclados, onde o último planejamento para medição e adoção de medidas foi do ano de 2012, ou seja, após 10 anos não apresentaram outro panorama de estudos acerca da geração e destinação final dos RCD's e o avanço da utilização do agregado reciclado no estado.

Contudo, é preciso um grande empenho por parte da iniciativa privada juntamente com a administração pública, para a divulgação e conscientização para a mudança nos hábitos culturais dos brasileiros no que diz respeito ao uso de novas tecnologias. Sendo necessário, que haja grandes projetos políticos para incentivo de investimento da iniciativa privada, e com isso difundir tanto na reciclagem dos resíduos sólidos, quanto ao uso do agregado reciclado.

É importante também que seja disseminado nas unidades de ensino de engenharia, a importância e a viabilidade de se estudar o reaproveitamento e reciclagem dos resíduos sólidos, bem como o seu produto beneficiado, agregado reciclado, para que surjam pesquisas e experimentos a fim de se estabelecer parâmetros seguros e assim a tornar seu uso liberado em todas as etapas e tipos de construções.

## REFERÊNCIAS

ALEPE. **Lei nº 14.236**, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Disponível em: <<https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=7020&tipo=TEXTORIGINAL>> Acesso em março/2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2016, 64 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2017, 74 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 11 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 16 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil –Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para Concretos - Especificação. Rio de Janeiro, 2005. 11 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011. 12 p

BERTOL, M. **Estudo dos impactos da reutilização de resíduos da construção civil**. 2015. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/tccs/2015/TCC%20Mariane%20Bertol.pdf> Acessado em: março/2022.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF. 2007. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> >. Acesso em março/2022.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 12305: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**: altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Brasília, 2010. Disponível em: < [http://sinir.gov.br/logistica-reversahttp://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://sinir.gov.br/logistica-reversahttp://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)>. Acesso em março/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional De Informações Sobre A Gestão Dos Resíduos Sólidos – SINIR, logística reversa**. 2010. Disponível em: < <http://sinir.gov.br/logistica-reversa>>. Acessado em: março/2022.

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

CAMPOS, R.S. Concreto autoadensável produzido com resíduos de construção e demolição: propriedades mecânicas e reológicas. 2017. 228 f. **Dissertação** (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica De Campinas, São Paulo.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução 307**: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002. 07 p.

COUTINHO, M.L. **Revisão da literatura:** fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, impactos em aterros sanitários e compostagem como solução. 2020. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2020/10/TFC-Final-corrigido-Marcela-Luz-Coutinho.pdf> Acessado em: março/2022.

Ecodebate. 2021. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/06/10/residuos-de-construcao-e-demolicao-no-brasil-2010-2019/> Acessado em: março/2022.

FERNANDES, A. V. B.; AMORIM, J. R. R. Concreto sustentável aplicado na construção civil. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracajú, v. 2, n. 1, p. 79-101, mar. 2014.

GUSMÃO, A.D. **Manual de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Camaragibe: CCS Gráfica Editora, 2008. 140 p.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo, Atlas: 2005.

MELO, E.V.; MOLLO NETO, M.; BERNARDO, C.H.C.; BERNARDO, R. Resíduos de construção e demolição: uma revisão dos usos e aplicabilidades em estradas e rodovias (2015 – 2020). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

PERNAMBUCO (Estado). Secretaria De Meio Ambiente E Sustentabilidade. Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS. Pernambuco, 2012. 306 p.

QUAGLIO, R.S.; ARANA, A.R.A. Diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana. **Soc. Nat.**, v.32, p. 457-471, 2020.

REZENDE, C.L.; FARIAS, M.M.; SILVA, R.C.S. Produção Mais Limpa, Redução e o Reaproveitamento dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012, Palmas, Tocantins. **Anais...** 8 p.

SALOMÃO, P.E.A.; MALAGUTE, L.S.; LORENTZ, L.P.A.; PAULA, L.T.G. Reutilização dos resíduos gerados pela construção civil: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v.8, n.10, pp. 01-13, 2019.

SCHUSTER, B.S.; TABONI JUNIOR, L.R. Práticas aplicadas no canteiro de obras que contribuem para a gestão sustentável dos resíduos da construção civil. **R. gest. sust. ambient.**, v. 9, n. esp , p. 781-799, fev. 2020.

SIMAS, A.L.F. et al. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo 2020**. 2020. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/12/plano-resi%CC%81duos-solidos-2020\\_final.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/12/plano-resi%CC%81duos-solidos-2020_final.pdf) Acessado em: março/2022.

TENÓRIO, J.J.L. Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais. 2007. 138 f. **Dissertação** (mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia. Maceió.