

**OS BENEFÍCIOS DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL COM INFLUÊNCIA POSITIVA PARA O MEIO
AMBIENTE A FIM DE REDUÇÃO DE CUSTOS NA OBRA**

**THE BENEFITS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN CIVIL
CONSTRUCTION WITH A POSITIVE INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT
FOR THE PURPOSE OF REDUCING COSTS ON THE WORKSITE**

¹ Pedro Henrique Nunes Aguiar

² Bianca Lima e Santos Figueiredo

¹ Acadêmico em Engenharia Civil, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana-UNEF; Feira de Santana-BA; henriqueaguiarfsa@hotmail.com

² MSc. Bianca Lima e Santos Figueiredo – UNEF; Feira de Santana-BA; bianca.lima@gruponobre.net.br

RESUMO

A indústria da construção é um dos principais consumidores de matérias-primas. É responsável pela geração de resíduos de construção e demolição descartados de forma inadequada no meio ambiente. Pensando nisso, a correta destinação dos RCD's tornou-se imprescindível para a proteção do meio ambiente, assim como o desenvolvimento de soluções que visam minimizar os efeitos do descarte inadequado desses materiais. O presente trabalho visa apresentar os benefícios do uso do Resíduo de Construção e Demolição na construção civil e a substituição do agregado natural pelo reciclado, de maneira que possam contribuir para minimizar os impactos causados ao meio ambiente. O uso de resíduos de uma obra para geração de novos materiais contribui com as condições técnicas apropriadas para sua produção com resistência e qualidade. Os agregados reciclados podem ser destinados em obras de pavimentação, obras de drenagens, contenção de encostas, como agregado para produção de concreto não estrutural, confecção de argamassa de assentamento de alvenaria, fabricação de artefatos de concreto, tais como blocos de vedação, pisos intertravados, entre outras utilizações. Os resultados do estudo mostraram que a reutilização do RCD, além de trazer importantes benefícios ambientais e socioeconômicos, traz materiais com grande potencial de utilização no mercado consumidor, desde que sejam escolhidos usos adequados desses produtos reciclados, respeitando as limitações técnicas.

Palavras-chave: Reciclagem, Resíduos de Construção e Demolição, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The construction industry is one of the main consumers of raw materials. It is responsible for the generation of construction and demolition waste improperly disposed of in the environment. With that in mind, the correct disposal of RCD's has become essential for the protection of the environment, as well as the development of solutions aimed at minimizing the effects of improper disposal of these materials. The present work aims to present the benefits of using Construction and Demolition Waste in civil construction and the replacement of natural aggregate by recycled one, so that they can contribute to minimize the impacts caused to the environment. The use of waste from a construction site to generate new materials contributes to the appropriate technical conditions for its production with resistance and quality. Recycled aggregates can be used in paving works, drainage works, slope containment, as aggregate for the production of non-structural concrete, making masonry laying mortar, manufacturing concrete artifacts, such as sealing blocks, interlocking floors, among other uses. The results of the study showed that the reuse of CDW, in addition to bringing important environmental and socioeconomic benefits, brings materials with great potential for use in the consumer market, provided that appropriate uses of these recycled products are chosen and technical limitations are respected.

Keywords: Recycling, Construction and Demolition Waste,

Sustainability. **INTRODUÇÃO**

A construção civil é uma indústria que utiliza grande parte dos recursos naturais disponíveis, como os produtos da extração mineral. Por outro lado, está associada a um elevado nível de impactos ambientais, como a produção descontrolada de resíduos da construção e demolição. Esses resíduos, quando descartados de forma inadequada, podem trazer consequências permanentes ao meio ambiente, sendo necessário verificar a qualidade e abrangência dos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados durante as obras (GOMES; LEITE; SENA; ANDRADE, 2021).

Conforme Matuti (2019), embora a construção civil seja considerada uma das atividades mais importantes para o progresso econômico e social do país, o enorme volume de resíduos produzidos apresenta um grande desafio para conciliar a atividade produtiva e rentável da construção civil com o desenvolvimento sustentável consciente. Os resíduos da construção civil são aqueles gerados pelas atividades de construção como reforma e demolição de

edificações, geralmente chamados de entulhos, que são depositados em caçambas e em muitos casos destinados a aterros sanitários, lixões e estradas não pavimentadas.

Os resíduos de construção e demolição possuem diversos materiais que podem ser reciclados quando reaproveitados, suas propriedades são muito semelhantes aos produtos originais, além disso, contribuem para a redução do custo dos materiais na produção. Devido às preocupações ambientais em razão do uso massivo dos recursos naturais e à redução de custos que a reciclagem desses resíduos auxilia, muitas empresas passaram a investir na sua reciclagem, pois pode ser utilizada em diversas áreas da construção civil. (KAPUSCINSKI; SUCHODOLAK; PEDROSO; MARTINI, 2019).

Em alguns países, o uso de agregados reciclados já se tornou comum, não só em rodovias, mas também na produção de concreto armado para edificações de médio porte e até mesmo em concreto protendido onde é necessária maior durabilidade. Os resíduos sólidos quando reaproveitados na pavimentação possuem alta durabilidade, o que representa um saldo positivo para o meio ambiente. Os impactos ambientais do RCD são amplamente reversíveis e podem criar um grande potencial para benefícios sociais e econômicos (MORAES; XAVIER, 2021).

Diante dessa realidade, é possível criar novos produtos por meio de medidas de reaproveitamento e sustentabilidade. Sendo assim, a finalidade deste trabalho é apresentar os benefícios dos resíduos de construção e demolição na construção civil com influência positiva para o meio ambiente a fins de redução de custos na obra. Além de sugerir reutilização de RCD's na produção de blocos, argamassas e concretos para redução de custos na construção, evitando descarte no meio ambiente.

Com o intuito de contribuir para diminuição do descarte incorreto do RCD no meio ambiente, este trabalho tem como objetivo principal apresentar os

benefícios do uso do Resíduo de Construção e Demolição na construção civil e a substituição do agregado natural pelo reciclado, de maneira que possam contribuir para minimizar os impactos causados ao meio ambiente. Além disso, identificar os impactos ambientais causados pela construção civil, demonstrar a utilização do Resíduo de Construção e Demolição em obras públicas e privadas, analisar a redução de custos em obras que utilizam o agregado reciclado e sugerir alternativas para melhoria no sistema de coleta pública do RCD.

METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura narrativa de artigos que foram divulgados entre os anos de 2019 a 2023, obtendo dados por meio do Google Scholar, SciELO, ABRELPE e CONAMA. A pesquisa seguiu uma estratégia de desenvolvimento a partir da literatura de outros autores que apresentaram

resultados positivos, adotando uma característica aprofundada e descritiva, para obter uma perspectiva ampla sobre os resíduos de construção e demolição.

O estudo foi desenvolvido através de levantamentos de informações dirigidos por referenciais teóricos como: artigos científicos, trabalhos acadêmicos e normas, utilizando-se as palavras-chave: “Resíduos de Construção e Demolição” e “Agregado Reciclado” buscando estudos publicados sobre os benefícios do uso do Resíduo de Construção e Demolição na construção civil.

Para a seleção dos artigos, foram seguidos critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos trabalhos publicados nos últimos 5 anos, correspondentes ao período de 2019 a 2023, que apresentaram informações sobre os benefícios do uso do Resíduo de Construção e Demolição, os impactos ambientais causados pela construção civil, as alternativas para melhoria no sistema de coleta pública do RCD e como esse agregado reciclado pode contribuir para redução de custos em obras públicas e privadas.

Quanto aos critérios de exclusão, foram excluídos artigos em inglês ou artigos muito antigos, anteriores a 2015, bem como estudos que não

abordassem temática relevante aos objetivos desta revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, responsável por estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, pela resolução nº 307/2002 define resíduos da construção civil como provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos.

Considerando o volume de resíduos produzidos, a preocupação com o descarte desses resíduos é monitorada e normatizada pela legislação, pois as consequências do descarte inadequado causam transtornos e prejuízos a toda a coletividade. O CONAMA divide esses materiais em classes, A, B, C e D. A figura 1 abaixo apresenta a classificação de acordo com a resolução.

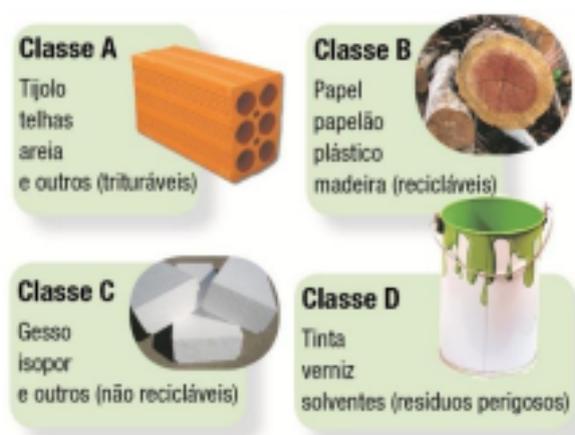


Figura 1: Tipos de Resíduos de Construção e Demolição.

Fonte: Resíduo All, 2017.

O consumo de recursos naturais está diretamente relacionado ao crescimento populacional. O setor da construção civil representa cerca de 30% de todos os resíduos produzidos no mundo, no Brasil é de 14,5%, em relação aos resíduos sólidos, esse percentual é ainda maior, de 40 a 70% (LOPES, SANTOS, MARCOMINI, MELO, PEDROSO, 2023).

Os autores ainda relatam que no Brasil, a reciclagem (RCD) se expandiu

no setor da construção civil na última década, mas o índice de reaproveitamento desse material ainda é baixo devido a problemas na padronização dos processos de reciclagem que garantam as propriedades dos agregados aptos para uso em diferentes áreas de construção.

De acordo com Torres (2023), a gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil é marcada pelo amadorismo, negligência e omissão das prefeituras, uma vez que o entulho representa mais da metade dos resíduos sólidos produzidos na cidade, mas é o único que não possui uma política pública, tanto para produção, transporte, e muito menos para destinação adequada. Falta comprometimento da prefeitura na gestão dos resíduos e apoio dos governos estadual e federal nas ações de prevenção e combate aos crimes ambientais. A figura 2 abaixo mostra o descarte de entulho proveniente da construção civil, descartado em um aterro clandestino.



Figura 2: Descarte irregular de Resíduos de Construção e Demolição.
Fonte: Torres, 2023.

A ABRECON, Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, iniciativa de empresários do Ceará, Distrito Federal, São Paulo e Rio de Janeiro com início em 09 de fevereiro de 2011 na cidade de São Paulo, surgiu da necessidade das empresas de reciclagem de entulhos de mobilizar e conscientizar governos e sociedade sobre o problema do

descarte irregular de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) e oferecer soluções sustentáveis para a construção civil.

Segundo a Abrecon (2020), A produção de resíduos de construção é geralmente prevista usando indicadores socioeconômicos. Pesquisas realizadas em diversos municípios brasileiros indicam que os resíduos são gerados de construção per capita varia de 168 a 760 kg/pessoa/ano (12,17,20,21), levando a uma mediana próxima a 500 kg/pessoa/ano para os municípios brasileiros.

O gráfico da figura 3 mostra a geração de RCD estimada para as regiões brasileiras.

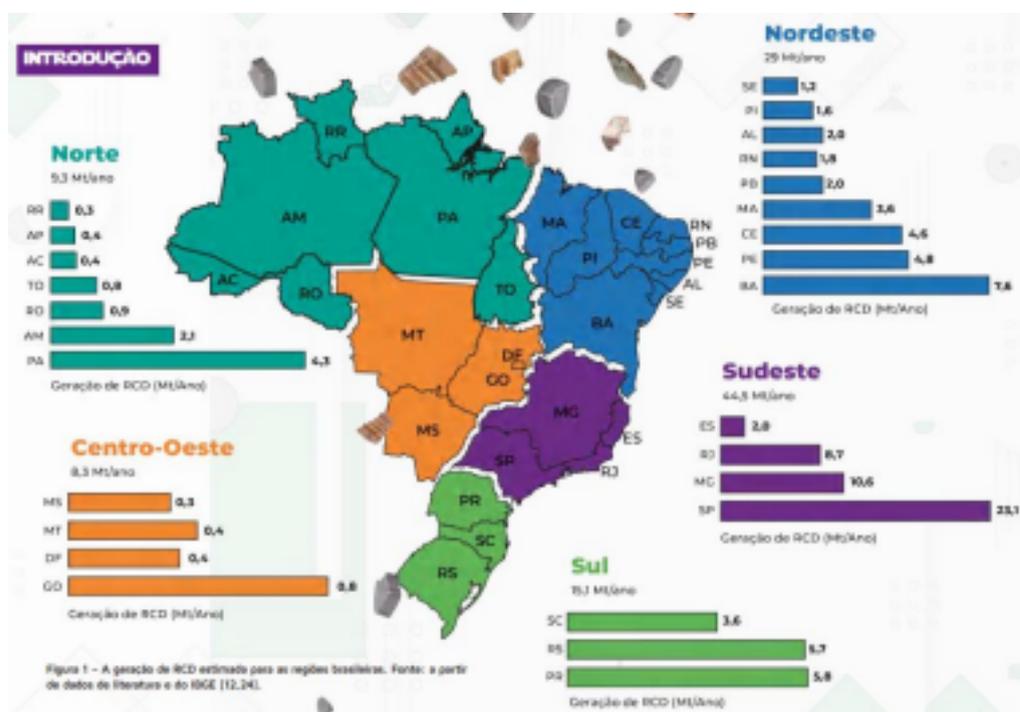


Figura 3: Geração de RCD estimada para as regiões brasileiras.

Fonte: Pesquisa setorial Abrecon 2019/2020, a partir de dados de literatura e do IBGE.

O Sudeste é a região brasileira que mais gera RCD (44,5 milhões de toneladas por ano); 44,5% de total, seguido pelo Nordeste, Sul, Norte e Centro-Oeste. São Paulo é o estado com maior geração RCD (23,1 milhões de toneladas por ano), 23,1% do total, seguido por Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia.

A sustentabilidade na construção civil torna-se cada vez mais importante

com o objetivo de garantir a redução do impacto ambiental e agir para assegurar o melhor para o meio ambiente, aumentar a viabilidade econômica e garantir uma boa qualidade de vida para as gerações presentes e futuras. As práticas de reaproveitamento de resíduos podem trazer múltiplos benefícios socioambientais, culturais e econômicos, seja por meio de processos de inclusão social, educação ambiental ou pela redução de custos com a produção, extração de recursos naturais, energia e minimização de impactos ambientais.

Os principais benefícios da reciclagem do RCD estão na economia, já que agregados reciclados podem ser utilizados para produção de novos materiais, implicando em um ganho financeiro na redução da compra e na contribuição para a preservação do meio ambiente. A utilização do agregado dá-se principalmente em pavimentos asfálticos onde é utilizado como substituto da brita, na produção de argamassas onde pode ser utilizado para assentamento de tijolos e em revestimentos internos e externos (KAPUSCINSKI; SUCHODOLAK; PEDROSO; MARTINI, 2019).

Além da economia na substituição da compra de matéria-prima natural, a reutilização do resíduo de construção, tem como benefício a redução do uso de recursos não renováveis, a redução da disposição inadequada, pois esse processo garante que os resíduos sejam destinados corretamente após a construção e que, portanto, não sejam colocados em aterros clandestinos, como também podem gerar novos postos de trabalho a ser executada na construção.

Através de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil, podem ser produzidos agregados como areia, brita e pedrisco que tem desempenho semelhante aos produtos convencionais que são comumente usados. O agregado reciclado pode ser utilizado em obras de pavimentação incluindo sua forma mais simples de uso, obras de drenagem, contenção de taludes, como agregado na produção de concreto não estrutural, na fabricação de argamassas de alvenaria, na fabricação de produtos de concreto como blocos de vedação, pisos intertravado, canos de esgoto e outros fins (SOUZA, JUVENCIO,

NASCIMENTO E PIRES, 2023).

De acordo com Queiroz (2021), para fabricação de materiais de construção é preciso extrair recursos naturais que serão utilizados: água, areia, brita, madeira, argila, aço, etc. O cimento é um dos materiais de construção mais utilizados no Brasil e, durante sua fabricação, cada tonelada de clínquer (matéria-prima do cimento) produz mais de 600 kg de CO₂, além do que será emitido durante o transporte do material até a obra.

Queiroz (2021), ainda destaca que antes do início da construção, geralmente as áreas verdes são destruídas, afetando o ecossistema que será substituída por edifícios, movimentos de terra para nivelar a área e, em seguida, a parte principal da obra, onde a água e a energia começarão a ser usadas ao extremo, sendo que no Brasil, 15% dos recursos hídricos são consumidos por edificações.

Em um relatório produzido pela GlobalABC, IEA e UNEP no ano 2019, é discutido sobre os efeitos da construção civil para o meio ambiente. O gráfico da figura 4 exibe distribuição do consumo de energia e das emissões de CO₂ globais por setor.

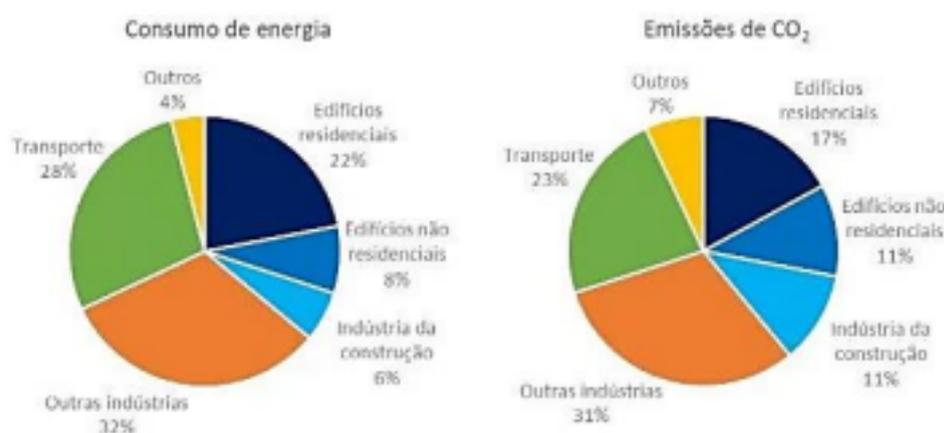


Figura 4: Distribuição do consumo de energia e das emissões de CO₂ globais por setor. Fonte: Adaptado de GlobalABC, IEA e UNEP (2019).

De acordo com o gráfico acima (figura 4), observa-se que o setor da construção, incluindo a fabricação dos materiais de construção e os edifícios, representa 36% do consumo de energia e 39% das emissões de CO₂.

É de fundamental importância que todo gestor de obra, donos de construtoras e a população em geral conheça esses efeitos e busque alinhar suas obras para que os danos sejam minimizados. O quadro 1 mostra os aspectos e impactos identificados nas etapas de uma obra.

QUADRO 1: IMPACTOS CAUSADOS DURANTE ETAPAS DE UMA OBRA.

ATIVIDADE	ASPECTO	CONSEQUÊNCIA
Preparação do terreno	Desmatamento	Desequilíbrio ambiental provocado pela perda da vegetação nativa.
Cortes de madeira	Consumo de energia elétrica e geração de resíduos	Alteração da qualidade do ar e a biodiversidade e ecossistema local
Execução de fundações, vigas e pilares	Sobras de ferro, concreto	Redução do tempo de vida útil de aterros
Impermeabilização de estruturas	Geração de resíduos contaminados	Contaminação do solo e lençóis freáticos
Preparo de argamassa	Extração de recurso argila, calcário e areia e consumo de água.	Esgotamento de recursos naturais
Assentamento cerâmico	Geração de resíduos	Redução do tempo de vida útil de aterros

Fonte: Próprio Autor.

Diante disso, nota-se que a reciclagem de RCD pode trazer benefícios econômicos e ambientais para as cidades onde é implementada, uma vez que serão reutilizados resíduos de construção civil minimizando os recursos naturais, além de reduzir os custos de gestão de resíduos, os produtos reciclados também são muito mais baratos do que os agregados naturais.

Segundo Neto e Castro (2020), a gestão de resíduos sólidos é atualmente um verdadeiro desafio para as administrações públicas devido à escassez de matérias primas, custos crescentes relacionados com o ciclo de vida

dos produtos, políticas de gestão inadequadas e falta de regulamentações que permitam uma produção adequada do ponto de vista econômico, social e ambiental. Vale ressaltar que esta disposição no atual contexto político e ambiental, a quantidade de resíduos sólidos em aterros sanitários, aterros controlados ou lixões não é mais suficiente. Existe a necessidade de retornar os resíduos sólidos para a cadeia produtiva após o consumo, ou seja, encontrar formas de reaproveitar esses materiais, reduzindo assim a quantidade de resíduos descartados.

O RCD está sendo utilizado como agregado em inúmeras obras, como é o exemplo da Prefeitura de Uberlândia. A prefeitura aplicou resíduos de construção na estrada na região da comunidade rural Terra Branca, com a expectativa que o recurso descartado nos ecos pontos fortaleça a estrutura do solo em locais intransitáveis

durante a estação chuvosa devido à ocorrência de buracos ou dunas durante a estação seca. A figura 5 mostra um trecho da estrada na comunidade Terra Branca.



Figura 5: Estrada da Comunidade Terra Branca.
Fonte: Prefeitura de Uberlândia, 2021.

No site da prefeitura de Uberlândia, a assessora de Agronegócio, Thalita Jorge destaca que a utilização de resíduos de construção mostra-se como um dos importantes recursos que tem para essa finalidade. Além de ser eficiente na compactação do solo, o entulho gera economia e impacta positivamente no meio

ambiente, por trata-se de um produto que deixa de virar lixo e reduzir a necessidade de exploração de jazidas.

Ainda é destacado que os resíduos são processados antes de serem utilizados nas estradas. A matéria-prima que a população leva até os ecos pontos é enviada pela Direção do Ambiente e Serviços Urbanos do município para ser submetido ao processo de britagem, que inclui a retirada manual, com auxílio de um ímã de partes metálicas que estejam misturadas. Dos três produtos criados, o de maior granulometria, semelhante à brita, é utilizado pela equipe de manutenção das estradas rurais.

Outro exemplo do uso de resíduo de construção e demolição é a produção de blocos de concretos a partir de entulhos. De acordo com Rosa (2023), os blocos de concreto de entulho apresentam diversas vantagens em comparação aos tijolos convencionais e blocos cerâmicos. Eles são mais resistentes, duráveis e possuem uma boa capacidade térmica e acústica, além de serem mais leves e fáceis de manusear, o que agiliza o processo construtivo. A figura 6 mostra o protótipo do bloco de concreto produzidos com entulho.



Figura 6: Blocos de concreto de entulho.
Fonte: Rosa, 2023.

Em uma reportagem do site Casa (Arquitetura e Construção), (2022), é mostrado uma casa na cidade de São Paulo que tem paredes feitas de entulhos.

Usando restos de materiais de construção que estavam no local (escombros da antiga

casa), economizou-se dinheiro, tempo e recursos, além de poupar a poluição causada pelo diesel e algumas toneladas de CO₂ à atmosfera.

Para subir as paredes, o arquiteto Rafic Farah usou destroços de alvenaria e contrapiso para recheiar os moldes de madeira, que foram depois preenchidos com argamassa fluida. As figuras 7 e 8 mostram a casa após conclusão das

obras.



Figura 7: Casa com paredes feitas com entulho.
Fonte: Revista Casa - Arquitetura e Construção, 2022.



Figura 8: Casa com paredes feitas com entulho.
Fonte: Revista Casa - Arquitetura e Construção, 2022.

De acordo com um estudo realizado por Santos, Araújo e Ayres (2019), sobre a utilização de RCD em obras de pavimentação na cidade de Fortaleza, foi feita a análise de custos apresentando os gastos de utilização de resíduos

reciclado para aplicação como base do pavimento da obra em estudo, levando em consideração os custos do material e transporte da usina até a obra, com materiais tradicionalmente empregados em pavimentação.

Os autores relataram que os materiais escolhidos para serem comparados com resíduo reciclado foram a brita graduada simples (BGS) e o solo brita com 50% de brita. Na tabela 1 abaixo são apresentados os custos unitários de serviço para execução da camada de base, utilizando material proveniente de jazida natural.

TABELA 1: CUSTO UNITÁRIO DE SERVIÇO PARA EXECUÇÃO DA CAMADA DE BASE, UTILIZANDO MATERIAL DA JAZIDA NATURAL

Custos Unitários de Serviços				
Local	Material	Tabela	Unid.	Custo
Jazida Natural	Base em brita graduada simples (BGS)	SEINF	m ³	R\$81,33
		SINAPI	m ³	R\$83,42
		SEINFRA	m ³	R\$83,25
	Base em solo brita com 50% de brita	SEINF	m ³	R\$94,78
		SEINFRA	m ³	R\$57,66

Fonte: Santos, Araújo e Ayres (2019).

Segundo a tabela 1 acima, para realização da camada de base de brita graduada simples (BGS), pela tabela da SEINF, temos seu custo de R\$ 81,33 por m³, pela tabela da SINAPI temos seu custo de R\$ 83,42 e pela SEINFRA temos R\$ 83,25. Tornando assim a BGS o material com o melhor custo-benefício.

Na tabela 2 abaixo, são exibidos os valores unitários de serviços provenientes de resíduo de construção e demolição, utilizando na composição um insumo com custo de brita graduada simples reciclada de R\$ 36,15 e solo brita com 50% de brita reciclada de R\$ 40,43.

TABELA 2: CUSTO UNITÁRIO DE SERVIÇO PARA EXECUÇÃO DA CAMADA DE BASE, UTILIZANDO MATERIAL RECICLADO

Custos Unitários de Serviços				
Local	Material	Tabela	Unid.	Custo
Jazida Natural	Base em brita graduada simples (BGS) reciclada	COMP	m ³	R\$36,15
	Base em solo brita com 50% de brita reciclada	COMP	m ³	R\$40,43

Fonte: Santos, Araújo e Ayres (2019).

De acordo com a tabela 2, para a realização da camada de base de um pavimento, proveniente de agregado reciclado, a base em brita graduada simples, tem um custo de R\$ 36,15, sendo o material mais econômico em relação ao solo brita com 50% de brita, que tem um custo de R\$ 40,43. Ou seja, o material reciclado tem melhor custo benefício para obra do que o agregado da jazida natural

A Figura do gráfico 09 é apresentado um comparativo do custo unitário do BGS proveniente de jazida natural e reciclado.

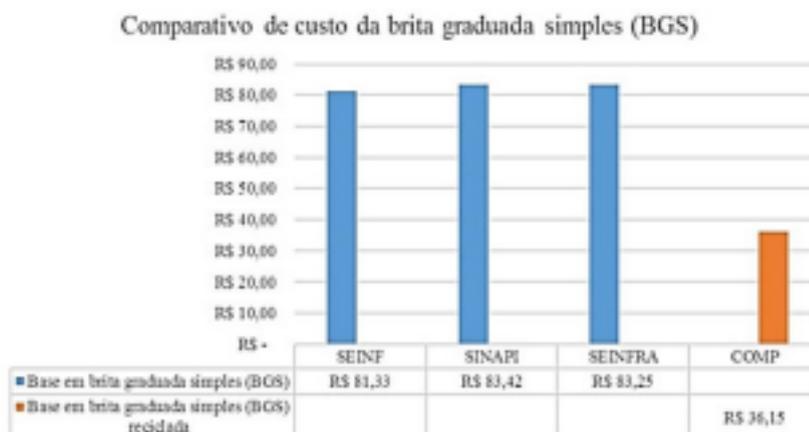


Figura 9: Comparativo do custo unitário do BGS, tanto da jazida natural.

Fonte: Santos, Araújo e Ayres (2019).

Na Figura 10 é realizado um comparativo do custo unitário do solo brita com 50% de brita e material reciclado.



Figura 10: Comparativo do custo unitário do BGS, tanto da jazida natural.

Fonte: Santos, Araújo e Ayres (2019).

Como mostrado nos gráficos acima, o custo da BGS reciclada realizada pela composição é de 56,67% mais econômico do que o BGS da jazida natural, pela tabela SEINFRA. Já o solo brita com 50% de brita reciclado de acordo com a composição realizada é acessível pois tem uma economia de 29,88% em vista do mesmo material proveniente da jazida natural pela tabela SEINFRA.

Oliveira, Salinas, Fukushima, Silva e Mota (2022), analisaram os preços entre agregados naturais e reciclados, e entraram em contato com empresas provedoras de agregados naturais e reciclados, para analisar os preços dos materiais.

Foi analisado o preço médio de brita 0 – 4, rachão e bica corrida de ambas as classes de agregados entre os anos de 2017 e 2022. Ao analisar os valores cobrados pelos três fornecedores de agregados naturais, observou-se um aumento de preço de 171%. A média cobrada por metro cúbico do agregado foi de R\$ 49,86 em 2017 e R\$ 135,00 em 2022, conforme Tabela 3.

TABELA 3: PREÇOS MÉDIOS DO AGREGADO NATURAL EM 2017 E 2022

Agregado natural	Preço 2017 m3 (R\$)	Preço 2022 m3 (R\$)	Variação %
Brita 0/Pó de brita	R\$ 49,78	R\$ 135,00	171%
Brita 1	R\$ 49,78	R\$ 135,00	171%

Brita 2 R\$ 49,78 R\$ 135,00 171%
 Brita 3 R\$ 49,78 R\$ 135,00 171%
 Brita 4 e 5 R\$ 49,78 R\$ 135,00 171%
 Rachão R\$ 50,07 R\$ 135,00 170%
 Bica Corrida R\$ 50,07 R\$ 135,00 170%
 Fonte: Oliveira, Salinas, Fukushima, Silva e Mota (2022).

Os autores também analisaram a variação dos preços para os agregados reciclados, obtidas através de três fornecedores do agregado. O preço médio por metro cúbico em 2017 foi de R\$23,60 e em 2022, R\$46,80, tendo uma variação de 94% no período, conforme apresentado na tabela 4.

TABELA 4: PREÇOS MÉDIOS DO AGREGADORECICLADO EM 2017 E 2022

Agregado reciclado 2017 m3	Preço (R\$)	Preço 2022 m3 (R\$)	Variação %
Brita 0/Pó de brita	R\$ 24,17	R\$ 46,80	94%
Brita 1	R\$ 24,17	R\$ 46,80	94%
Brita 2	R\$ 24,17	R\$ 46,80	94%
Brita 3	R\$ 24,17	R\$ 46,80	94%
Brita 4 e 5	R\$ 24,17	R\$ 46,80	94%
Rachão	R\$ 19,33	R\$ 46,80	142%
Bica Corrida	R\$ 25,00	R\$ 46,80	87%

Fonte: Oliveira, Salinas, Fukushima, Silva e Mota (2022).

Dessa maneira, nota-se que a alta da variação de preços dos agregados naturais se comparados aos agregados reciclados, onde o agregado natural sofreu importantes majorações, cerca de mais de 73 pontos percentuais, nesse cenário, gerando a economia de R\$88,20 por metro. Ou seja, após análise das tabelas, nota se que a utilização do agregado reciclado pode reduzir o custo final da obra.

Em termos de benefícios financeiros, o RCD revela-se uma opção viável com boas relações custo/benefício, tendo em conta os elevados preços dos agregados naturais, onde o preço por metro cúbico representa uma economia média de 65% dos custos reduzidos. Com o reaproveitamento de resíduos e a redução da extração natural de agregados, a redução do impacto ambiental representado pelo uso de RCD é muito benéfica, considerando o nível de poluição, extração natural e emissão de gases. OLIVEIRA, SALINAS, FUKUSHIMA, SILVA E MOTA (2022).

Sendo assim, percebe-se a importância da reutilização do RCD para produção de novos materiais e utilização nas próprias edificações e pavimentações. É necessário então que adotadas melhorias no sistema de coleta pública do RCD, levando esse material para um local que será tratado para utilização. Além disso,

será reduzido a quantidade de entulho descartados inadequadamente e os aterros clandestinos.

Em Jacobina-BA de acordo com Decreto nº 052 (2022) que dispõe sobre a regulamentação de entulhos e resíduos de construção civil em todo o território do município, o proprietário de imóvel ou pessoa que realizar obras ou empreendimento de construção civil em áreas com movimento de terra, é responsável pelo entulho gerado.

Em um estudo realizado por Lima, Medeiros, Barbosa e Freire (2022), a respeito gestão de resíduos da construção civil em Jacobina-BA, os autores relataram que mesmo com a medida em vigor a prefeitura ainda não consegue fiscalizar toda a cidade, e espera que a população denuncie, e que não é difícil encontrar pelas ruas da cidade diversos pontos de entulho e descartes irregulares. Nas figuras 11 e 12 é possível identificar resíduos de classe A, B, C e D, descartados em ruas da cidade, materiais esses nocivos ao meio ambiente.



Imagem 11 e 12: Resíduos de construção civil descartados em locais inadequados.

Fonte: Lima, Medeiros, Barbosa e Freire (2022).

Os autores visitaram 44 obras em diferentes bairros de Jacobina para saber da população como é tratado os resíduos de construção civil e qual a importância que eles davam ao assunto e com as respostas obtidas, foi elaborado um gráfico de gestão de acordo com a figura 13 abaixo.

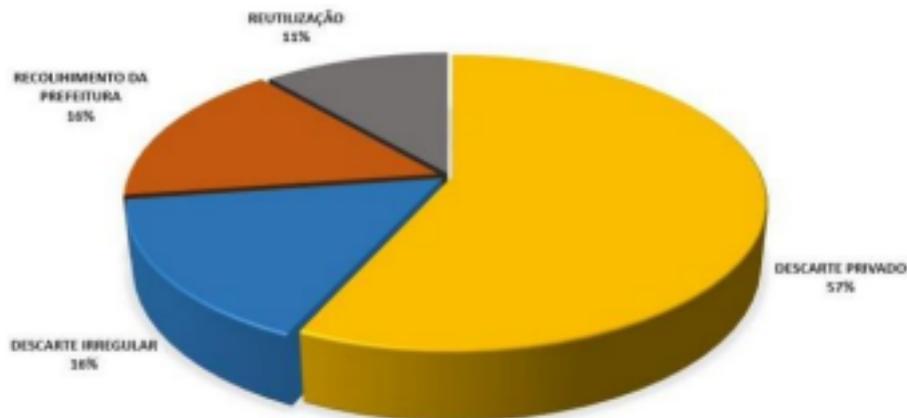


Imagem 13: Gráfica gestão de resíduos de construção civil em Jacobina BA.

Fonte: Lima, Medeiros, Barbosa e Freire (2022).

O gráfico acima (figura 13) mostra que o descarte privado, quando o gerador utiliza seus próprios meios para descartar, alcança 57%, esse número apesar de expressivo, gera um incômodo pelo motivo que a prefeitura não especificou na cidade

um local de conhecimento de todos para esse tipo de descarte, gerando acúmulo de resíduos de construção civil em locais irregulares.

De acordo com Carneiro (2019), para uma melhoria no sistema de coleta pública do RCD seria tornar obrigatório o uso de um percentual mínimo de agregado reciclado em todas as obras, atualizando a legislação vigente, algo parecido com o que já está acontecendo com a obrigatoriedade do uso de 5% de matéria-prima reciclável em obras públicas. Isso levaria a um uso mais permanente de agregados reciclados e, com o tempo, seria de se esperar que grandes empresas de construção tornassem comum o uso de agregados reciclados na construção.

Para melhoria na coleta do RCD, é necessária uma parceria entre o gerador e o serviço público, adotando estratégias para focar objetivamente a redução e encerramento de aterros clandestinos e crimes relacionados a gestão do RCD. Segundo Torres (2023), do ponto de vista do gerador (construção), a prefeitura poderia construir eco pontos para os pequenos geradores, em geral até 1m³ por dia, criar um cadastro dos grandes geradores de resíduos da construção, instituir o rastreamento inteligente do RCD da geração até o destino, identificar, monitorar e

encerrar os aterros clandestinos de lixo e entulho e nos casos de região metropolitana ou cidade conturbada, criar parceria com outros municípios para ações conjuntas para o rastreamento do RCD.

Do ponto de vista do transportador (caçambeiro), a prefeitura deveria criar cadastro dos transportadores de resíduos da construção, padronizar o tamanho das caçambas estacionárias, instituir o cadastro das caçambas, dos veículos e de todos os pedidos, aprovar regras para o transporte de resíduos em veículos pequenos e caminhões e exigir relatório de locação das caçambas no final do mês e do ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado, por meio de levantamentos de informações guiadas por referenciais teóricos, foi possível colher dados sobre o descarte dos resíduos, melhores alternativas para o destino dos RCDs, propondo soluções para o problema através de reuso e reciclagem deste material em obras públicas e privadas.

Os benefícios do uso do RCD são diversos e podem contribuir positivamente para o meio ambiente. O estudo mostrou que a reutilização do agregado pode ser utilizada para produção de novos materiais, implicando em um ganho financeiro na redução da compra e na contribuição para a preservação do meio ambiente. Esses materiais podem ser reaproveitados em obras públicas e privadas, como estradas, pavimentação, construção de casas, praças públicas, entre muitos outros.

Em conformidade com a pesquisa, o reuso do RCD oferece também benefícios financeiros em uma construção onde será aplicado. Foram apresentados neste trabalho tabelas quantitativas que mostraram que o agregado reciclado é mais barato em relação ao natural e este fator influencia no custo final da obra, sendo também destacado que o agregado reciclado mantém suas características física e mecânicas.

O entendimento sobre a importância do descarte correto dos resíduos construtivos é inevitável, já que, os locais onde são dispostos irregularmente causam entupimento de bueiros e valas, enchentes, contaminação do solo, lençóis freáticos,

alteração da qualidade do ar, da biodiversidade e ecossistema local.

Tendo em vista os aspectos observados, percebe-se que uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil é uma excelente alternativa para minimizar os impactos do descarte nas cidades e na natureza, já que nosso país possui poucas unidades. É necessário também uma parceria entre o gerador e o serviço público, adotando estratégias para focar objetivamente a redução e encerramento de aterros clandestinos. O entulho pode gerar emprego e renda, tendo como consequência a inclusão social e o desenvolvimento sustentável.

Sugere-se, para trabalhos futuros, o desenvolvimento de pesquisas para elaboração de um projeto de usina que se adapte à realidade brasileira, para que se possa resolver a questão do entulho nas cidades e o estudo de diferentes composições de RCD para fabricação de novos materiais. O objetivo de tais pesquisas seria dar um destino adequado para esses resíduos e a partir disso, mostrar o quanto o produto em estudo é viável financeiramente e tecnicamente.

REFERÊNCIAS

ABRECON. **Pesquisa setorial Abrecon 2019/2020**. Disponível em:

<http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/BibliotecaDigital/BibDigitalLivros/TodosOsLivros/Pesquisa-setorial-ABRECON-2020.pdf> Acesso em: 9 de maio de 2023.

CARNEIRO, P.M.M. **Gestão de resíduos de construção e demolição na área metropolitana do porto**. Universidade do Porto, 2019. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/121997/2/347886.pdf>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 307 - Resíduos da Construção Civil**. 2002. Disponível em:

<<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>> Acesso em: 08 de maio de 2023.

DECRETO N° 052, PREFEITURA MUNICIPAL DE JACOBINA. **Decreto n° 052 - dispõe sobre a regulamentação de entulhos e resíduos de construção civil em todo o território do município**. Disponível em: < <https://jacobina.ba.gov.br/prefeitura-de-jacobina-regulamenta-coleta-de-entulhos-e-residuos-em-ruas-e-calcadas-do-municipio/>> Acesso em: 11 de maio de 2023.

GLOBALABC, IEA e UNEP. **2019 Global Status Report for Buildings and Construction Sector** Disponível em:

<<https://www.unep.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

GOMES, C.P; LEITE, G.U; SENA, R.W; ANDRADE, E.M. **Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Construção Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura.** Revista Multidisciplinar e de Psicologia, 2021. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/3108/4845>> Acesso em: 12 de abril de 2023.

KAPUSCINSKI, J.V; SUCHODOLAK, P.H; PEDROSO, R.S; MARTINI, R. **Reciclagem de Rcd's e os seus Benefícios.** Pesquisa e Inovação, 2019. Disponível em: <<https://www.revista.camporeal.edu.br/index.php/pi/article/view/273/52>> Acesso em: 12 de abril de 2023.

LIMA, A.S; MEDEIROS, J.A; BARBOSA, M.C; FREIRE, M.M.A.A. **Gestão de resíduos da construção civil em Jacobina-BA.** Faculdade Ages, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25492/1/tcc%20grupo.pdf>> Acesso em: 11 de maio de 2023.

LOPES, D. P.; SANTOS, G. S.; MARCOMINI, L. H. de B; MELO, R. A; PEDROSO, V. A. **Reciclagem de Resíduos da Construção Civil no Brasil.** Revista Ibero Americana de Humanidades, Ciências e Educação. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8320>> Acesso em: 9 de maio de 2023.

MATUTI, B.B. **Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico.** 2019. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7338>> Acesso em: 12 de abril de 2023.

MORAES, M.W.M; XAVIER, J.M. **Os impactos econômico e socioambiental causados pelo resíduo de construção e demolição abordagem teórica.** Revista multidisciplinar do sertão, 2021. Disponível em: <<https://revistamultisert1.websiteseguro.com/index.php/revista/article/view/365>> Acesso em: 12 de abril de 2023.

NETO, F.A.C; CASTRO, A.E.P. **Utilização de resíduos sólidos em licitações sustentáveis: recomendações para licitações públicas do estado do Ceará em consonância com a PNRS.** Tribunal de contas do Estado do Ceará, 2020. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7671506>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

OLIVEIRA, A.C; SALINAS, C.V.O; FUKUSHIMA, SILVA, L.P; MOTA, L.F. **Análise da viabilidade técnica e financeira do emprego de RCD como agregado para pavimentação.** Repositório Universitário da Ânima, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/29149>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Prefeitura aplica resíduos de construção em estrada na região da comunidade rural Terra Branca.** 30 de abril de 2021. Disponível em: < <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2021/04/30/prefeitura-aplica-residuos-de-construcao-em-estrada-na-regiao-da-comunidade-rural-terra-branca/>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

QUEIROZ, Sabrinna. **Impactos Ambientais na Construção Civil.** Projeto Escola Verde, 2021. Disponível em: <<https://escolaverde.org/site/?p=71034>> Acesso em: 10 de maio de 2023.

RESÍDUO ALL. **Resíduos Sólidos Da Construção Civil. O Que Fazer?** 17 DE maio de 2017. Disponível em: < <http://residuoall.com.br/2017/05/17/residuos-solidos-da-construcao-civil-o-que-fazer/>> Acesso em: 08 de maio de 2023.

REVISTA CASA – ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. **Casa em São Paulo tem paredes feitas com entulho.** Disponível em: < <https://casa.abril.com.br/arquitetura-e-construcao/casa-em-sao-paulo-tem-paredes-feitas-com-entulho/>> Acesso em: 11 de maio de 2023.

ROSA, V. **Construa Sustentável: Blocos de Concreto de Entulho.** Disponível em: <<https://suadecoracao.com/alvenaria-com-blocos-de-concreto-de-entulho-uma-alternativa-sustentavel/>> Acesso em: 11 de maio de 2023.

SANTOS, J.O; ARAÚJO, C.B.C; AYRES, T.M.C. **Análise da utilização de RCD em obras de pavimentação na cidade de fortaleza.** MIX Sustentável, 2019. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3483>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

SOUZA, G.S; JUVENCIO, S.F; NASCIMENTO, J.O; PIRES, R. C. S. **Reutilização de Resíduos de Construção e Demolição em Obras de Construção Civil.** Epitaya E-books, [S. l.], v. 1, n. 32, p. 132-144, 2023. Disponível em: <<https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/727>> Acesso em: 9 de maio de 2023.

TORRES, Levi. **A gestão dos resíduos da construção e demolição no Brasil é marcada pelo amorismo, negligência e omissão das prefeituras.** Encontro Nacional das Usinas de Reciclagem de RCD 2023. Disponível em: < <https://abrecon.org.br/artigos/a-gestao-dos-residuos-da-construcao-e-demolicao-no-brasil-e-marcada-pelo-amadorismo-negligencia-e-omissao-das-prefeituras>> Acesso em: 09 de maio de 2023.