

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

MICHELLE CRUZ DOS SANTOS

**ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS DE OBRAS**

CRUZ DAS ALMAS, 2022

MICHELLE CRUZ DOS SANTOS

ESTRATÉGIAS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS DE OBRAS

Monografia apresentada a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas - BA, 17 de Março de 2022.

BANCA EXAMINADORA


Prof^a. MSc. Anaxsandra da Costa Lima Duarte
CETEC/UFRB


Prof^a. Dra. Fernanda Napomuceno Costa
CETEC/UFRB


Esp. Edico Oliveira Gomes
PPGM/UEFS

Santos, Michelle Cruz

Estratégias para o Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, UFRB, Cruz das Almas - BA. /Michelle Cruz dos Santos. - Cruz das Almas - Ba, 2022.

23 p. : 30 cm

Orientador(a):Anaxsandra da Costa Lima Duarte.
TCC (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) --
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2022.

1. Não-geração. 2. Conama. 3. Reciclagem de RCC. 4. Gerenciamento. 5. Desperdício I. Michelle, Anaxsandra. II. Estratégias para o Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, UFRB, Cruz das Almas - BA.

AGRADECIMENTOS

Gratidão primeiramente à Deus por ter me dado força e saúde e por ter permitido que eu chegasse até aqui.

A minha orientadora, professora Anaxsandra Duarte pelos conhecimentos passados, por me sanar dúvidas, pela ajuda na consulta de materiais referenciais, e assim ter contribuído grandemente para a realização deste trabalho.

Aos meus familiares e amigos que acompanharam de perto minha caminhada, sempre me incentivando e apoiando, gratidão.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho que foi fundamental para o meu crescimento pessoal e profissional.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

A expansão das cidades aliada à necessidade de construção de novas habitações, aos investimentos em obras de infraestrutura nos espaços urbanos e aos programas de incentivo à aquisição de imóveis elevaram o patamar da construção civil no Brasil. Entretanto, foi com o avanço do setor, que cresceu também a geração de resíduos, que são denominados de Resíduos da Construção Civil- RCC. Por isso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o estado da arte frente às experiências brasileiras em relação ao gerenciamento dos resíduos da construção civil dentro dos canteiros de obras, apresentando as estratégias que foram utilizadas e os procedimentos necessários para minimizar a geração, fazer o manejo adequado e destinar os resíduos conforme as diretrizes descritas na resolução do CONAMA 307. O método utilizado foi a análise bibliográfica documental em livros, artigos, e outros textos, a fim de se obter conceitos e informações referentes ao estado da arte que envolve a problemática da geração de resíduos no período estudado. Ao final da pesquisa, foi possível perceber que a maior parte dos resíduos gerados nos canteiros foi da classe A, com alto potencial de reaproveitamento e reintegração na própria obra. Observou-se também que os trabalhos encontrados apresentam experimentos que apontam para a viabilidade técnica e poucos relatam os exemplos práticos. Verificou-se ainda que apesar da evolução do uso de técnicas e alternativas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos no dia a dia dos canteiros de obras, não se pode afirmar que essas estratégias estão sendo largamente difundidas no Brasil nos últimos dez anos.

Palavras-Chave: não-geração, Conama, reciclagem de RCC, gerenciamento, desperdício.

ABSTRACT

The expansion of cities combined with the need to build new housing, investments in infrastructure works in urban spaces and programs to encourage the acquisition of real estate have raised the level of civil construction in Brazil. However, it was with the advance of the sector, that the generation of waste also grew, which are called Construction Waste - RCC. Therefore, the present work aims to evaluate the state of the art in the face of Brazilian experiences in relation to the management of construction waste within construction sites, presenting the strategies that were used and the necessary procedures to minimize generation, make the proper management and allocate the waste according to the guidelines described in the resolution of CONAMA 307. The method used was the documentary bibliographic analysis in books, articles, and other texts, in order to obtain concepts and information related to the state of the art that involves the problem of waste generation in the period studied. At the end of the research, it was possible to notice that most of the waste generated in the construction sites was class A, with high potential for reuse and reintegration into the work itself. It was also observed that the studies found present experiments that point to technical feasibility and few report the practical examples. It was also verified that despite the evolution of the use of techniques and alternatives for reduction, reuse and recycling of waste in the daily life of construction sites, it cannot be affirmed that these strategies are being widely disseminated in Brazil in the last ten years.

Keywords: non-generation, Conama, rcc recycling, management, waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia do sistema de gerenciamentos dos resíduos da construção civil.	19
Figura 2 - Fluxograma de processo de destinação dos resíduos da construção no canteiro.	12
Figura 3 - Triagem dos RCC.	14
Figura 4 - Dispositivos de acondicionamento de resíduos no canteiro.	15
Figura 5 - Fluxograma resumo das etapas da pesquisa.	18
Figura 6 - Fluxograma resumo das etapas do estudo.	23
Figura 7 - a) Coleta dos resíduos de bloco por meio da minicarregadeira e (b) estocagem dos resíduos coletados.	24
Figura 8 - Processos de beneficiamento dos resíduos.	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Destinação dos RCC segundo o CONAMA 307 (BRASIL, 2002).	16
Quadro 2 - Principais resíduos gerados em cada etapa da obra.	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantidade de RCC coletados pelos municípios no Brasil.....	13
Tabela 2 - Porcentagem de Municípios que possuem Plano Integrado de Resíduos Sólidos por região.	18
Tabela 3 - Percentual de resíduos de classe A encontrados em cada estudo.....	20
Tabela 4 - Redução das perdas após dois meses de realização do treinamento.	21

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduo da Construção Civil
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BRC	Bloco de Resíduo de Concreto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Controle de Transporte de Resíduo
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduo da Construção Civil
RSU	Resíduo Sólido Urbano

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Geral.....	12
1.1.2 Específicos.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Resíduos da Construção Civil no Brasil.....	13
2.2 Legislação dos Resíduos da Construção Civil.....	15
2.2.1 Classificação dos resíduos da construção civil.....	15
2.2.2 Normas técnicas sobre Resíduos da Construção Civil.....	17
2.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.....	18
2.4. Aspectos que influenciam na geração de RCC nos canteiros.....	20
2.4.1 Compatibilização e detalhamento dos projetos.....	20
2.4.2 Perda e Desperdício de Materiais.....	21
2.4.3 Qualidade da mão de obra.....	22
2.4.4 Técnicas construtivas.....	23
2.5. Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Canteiros de Obras.....	23
2.5.1. Geração.....	12
2.5.2. Triagem.....	13
2.5.3. Acondicionamento.....	14
2.5.4. Transporte.....	15
2.5.5. Destinação final.....	15
2.6. Reciclagem de resíduos da construção.....	15
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4.1. Geração de resíduo nos canteiros.....	19
4.2. Mão de obra sem qualificação.....	20
4.3. Compatibilização de projetos.....	21
4.4. Alternativas de reciclagem dos resíduos da construção civil.....	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
5.1. Sugestões para trabalhos futuros.....	28

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem um importante papel no desenvolvimento do país, em virtude de sua representatividade de destaque na economia brasileira (VECHI; GALLARDO; TEIXEIRA, 2016). A construção civil ao longo dos anos se tornou um dos principais setores da economia no Brasil e no mundo. A criação e investimento de políticas públicas proporcionaram crescimento do setor e, conseqüentemente, da economia do Brasil (VIEIRA; NOGUEIRA, 2018).

Com a expansão das cidades houve a necessidade de várias construções como industriais, comerciais, saneamento e principalmente de novas habitações. Todas essas demandas aliadas aos investimentos em obras de infraestrutura nos espaços urbanos e aos programas de incentivo à aquisição de imóveis elevaram o patamar da construção civil no Brasil. Entretanto, com o avanço do setor, cresceu também a geração de resíduos que são denominados de Resíduos da Construção Civil- RCC.

Neste contexto, Monteiro (2019), diz que “as questões relativas ao meio ambiente vêm ganhando espaço no âmbito dos grandes temas da atualidade. Busca-se constantemente ressaltar a importância de uma relação positiva e construtiva do homem com o meio ambiente”. Assim, considerando a importância que a construção civil desempenha na cadeia produtiva e industrial do país, adotar medidas e/ou implementar estratégias de sustentabilidade, sobretudo nos canteiros de obras, se apresenta como fator primordial para redução dos impactos ambientais oriundos dessa atividade (SILVA; PORANGABA, 2012).

Segundo Albuquerque e Santana (2018), “uma grande parte dos resíduos provenientes de canteiros de obras é depositado clandestinamente em terrenos baldios, várzeas e taludes de cursos d’água, o que gera impactos ambientais visíveis”. Sendo assim, quais seriam as estratégias para evitar a geração excessiva de resíduos da construção nos canteiros de obra?

A geração excessiva de resíduos da construção é resultado de diversos fatores como por exemplo planejamento, erros de projeto, especificação inadequada de materiais, bem como sua baixa qualidade, desperdício, além do manuseio e armazenamento inadequado deles (LIMA; LIMA, 2009). Dessa forma, é importante a aplicação de estratégias e técnicas de gerenciamento diferenciado para a não geração, redução, reutilização, reciclagem quando possível, ou destinação adequada dos resíduos nos canteiros de obra.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Avaliar as experiências brasileiras em relação ao gerenciamento dos resíduos da construção civil dentro dos canteiros de obras.

1.1.2 Específicos

- Mostrar o cenário da geração de resíduos da construção no Brasil;
- Apresentar a classificação dos tipos de resíduos gerados em cada etapa da obra de acordo com as normas vigentes;
- Descrever os principais problemas que levam à geração de resíduos dentro dos canteiros;
- Apresentar técnicas mais aplicadas para evitar a geração, incentivar a reutilização e reciclagem in loco dos resíduos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos da Construção Civil no Brasil

A construção civil ao longo dos anos se tornou um dos principais setores da economia no Brasil e no mundo, sendo responsável por geração de muitos empregos e renda. Segundo Santos (2018) a construção civil empregou cerca de 8,8 milhões de pessoas, representando 8,49%, de todos os trabalhadores do país, representando ainda 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Estes dados mostram a importância das atividades relacionadas ao setor da construção para a economia do país.

Com a expansão das cidades houve a necessidade de várias construções como industriais, comerciais, saneamento e principalmente de novas habitações. Todas essas demandas aliadas aos investimentos em obras de infraestrutura nos espaços urbanos e aos programas de incentivo à aquisição de imóveis elevaram o patamar da construção civil no Brasil. Entretanto, com o avanço do setor, cresceu também a geração de resíduos que são denominados de Resíduos da Construção Civil- RCC.

Os resíduos podem ser encontrados nas diferentes etapas de construção, e isso se torna um fator preocupante, pois eleva a degradação e gera impactos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente. De acordo Silva e Fernandes (2012), cerca de 40 a 60% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) produzidos diariamente nas cidades têm origem no setor da construção civil. Assim, os resíduos da construção, resultam em grande parte do “lixo” gerado nos ambientes urbanos, o que aumentam as possibilidades de serem descartados incorretamente.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021), traz anualmente, o panorama dos resíduos da construção no Brasil. A Tabela 1 mostra os resultados das últimas pesquisas realizadas a partir de 2017.

Tabela 1- Quantidade de RCC coletados pelos municípios no Brasil

Ano	Quantidade (t/ano)
2017	45 milhões
2018	44,6 milhões
2019	44,5 milhões
2020	47 milhões

Fonte: Abrelpe (2021), adaptado pela autora.

Os resultados mostram que em 2018 e 2019 houve uma queda na coleta dos resíduos. Entretanto, em 2020 houve um crescimento de cerca de 5,5% em relação ao ano anterior. Um dado preocupante apontado no estudo foi que neste mesmo ano, foram coletados 82,5 milhões de toneladas de RSU e deste total, 47 milhões foram de RCC, o que representa cerca de 57% de todo resíduo, isso demonstra o quanto a construção civil tem fundamental importância na geração de RSU no Brasil.

Um ponto a ser considerado diante dos dados da pesquisa foi que em 2020 houve uma quantidade considerável de RCC coletados, sendo que neste mesmo ano muitas atividades ligadas o setor da construção civil estiveram paradas em razão das transformações vividas no Brasil e no mundo por causa da pandemia da Covid-19.

Neste contexto, Todos os setores da economia dependem de um fluxo constante de materiais, em um ciclo que começa na extração de matérias-primas naturais, e segue em sucessivas etapas de transformações industriais, transporte, montagem, manutenção e desmontagem final (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004). Dessa forma, outro aspecto preocupante relacionado aos resíduos gerados, são os impactos ambientais causados tanto pela destinação inadequada dos resíduos, como também pelo grande desperdício de materiais derivados de matérias-primas do meio ambiente.

De acordo com Frigo e Silveira (2012),

A crescente geração de resíduos sólidos resultantes de construções, demolições e reformas na construção civil vem exigindo cada vez mais soluções diversificadas de forma a diminuir o excedente de materiais descartados e encaminhados para os aterros sanitários bem como potencializar o uso dos mesmos na geração de matérias-primas secundárias, visando diminuir a exploração dos recursos naturais não-renováveis de maneira que contribuam nas condições ambientais dos espaços urbanos.(p. 26)

As intervenções feitas pelo homem na natureza causam impactos não só no meio ambiente, mas também sociais e econômicos. A dimensão desses impactos está sujeita à grandeza da obra, o meio onde ela é construída, a funcionalidade entre outros aspectos. Sabe-se que o processo de construção necessita de diferentes tipos de materiais, os quais são extraídos da natureza.

Alguns dados referentes a exploração dos recursos naturais pelo setor da construção são alarmantes e geram uma grande preocupação, pelo fato de que muitos desses recursos

explorados não são renováveis. Estima-se que a construção civil consome cerca de 50% de todos os recursos naturais disponíveis (SILVA; FERNANDES, 2012).

A nível mundial, a construção civil é uma atividade que consome cerca de 40% da energia e um terço dos recursos naturais. A mesma consome aproximadamente 12% de água potável disponibilizada, produz 40% de resíduos sólidos urbanos e é responsável pela emissão de um terço dos gases de efeito estufa (GALCERAN, 2013).

Além dos impactos provocados no meio ambiente, a geração elevada de resíduos propicia conseqüentemente o acúmulo e descarte de forma inadequada, tornando esses espaços, receptores de diferentes agentes patogênicos, agentes estes, que podem promover a transmissão de diversas doenças que afetam diretamente a saúde da população. Segundo Paschoalin Filho e Graudenz (2012), os resíduos de construção dispostos irregularmente poluem o solo degradam paisagens e constituem uma grave ameaça à saúde coletiva. Daí a importância da gestão adequada dos resíduos da construção, devendo ser considerada desde o planejamento da obra até sua conclusão.

2.2 Legislação dos Resíduos da Construção Civil

Apesar do desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas às obras civis, quando se trata da gestão dos resíduos da construção civil, ainda há muito o que melhorar. O marco inicial das regulamentações sobre os resíduos da construção civil no Brasil foi a Resolução do CONAMA 307 (BRASIL, 2002). Esta resolução estabelece as diretrizes e procedimentos com relação a gestão adequada do RCC. Para o CONAMA 307 (BRASIL, 2002), 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.

2.2.1 Classificação dos resíduos da construção civil

Ainda de acordo com o CONAMA 307 (BRASIL, 2002), os resíduos são divididos em classes.

- **Classe A** - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- **Classe B** - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
 - **Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
 - **Classe D** - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Os estudos para evitar sempre que possível a não geração, redução, reutilização, reciclagem e destinação dos resíduos deve estar presente no plano de gerenciamento de resíduos da obra. Por isso, a classificação dos resíduos gerados é fundamental para que se tenha uma noção dos resíduos que podem ser reutilizados, reciclados ou para que se tenha uma destinação adequada. O Quadro 1 resume a classificação para os resíduos da construção e sua destinação.

Quadro 1- Destinação dos RCC segundo o CONAMA 307 (BRASIL, 2002).

Classe	Origem	Destinação
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: CONAMA 307 (BRASIL, 2002)

Segundo o CONAMA 307 (BRASIL, 2002), o gerenciamento dos resíduos é definido como o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. Ainda de acordo com esta resolução, os geradores devem buscar prioritariamente a não geração de resíduos. Exige ainda que os grandes geradores elaborem um Plano de Gerenciamentos dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC). O CONAMA 307 (BRASIL, 2002), determina também que, os municípios devem implantar a gestão dos resíduos da construção civil através da elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Porém, ainda são poucas as iniciativas tomadas pelos municípios para cumprir com as exigências desta resolução. Para Benvenuto e Suzuki (2009), no Brasil, a maioria dos municípios adota o gerenciamento do tipo corretivo, menos eficaz e mais custoso, apresentando caráter imediatista.

2.2.2 Normas técnicas sobre Resíduos da Construção Civil

Além do CONAMA 307 (BRASIL, 2002) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), existem normas regulamentadoras complementares publicadas pela ABNT em 2004 com o objetivo de mostrar soluções de forma técnica e orientações para a gestão dos RCC. A seguir são apresentadas as normas referentes

- NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- NBR 15112:2004 – Resíduos da construção e resíduos volumosos - Área de triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113:2004 - Resíduos da construção civil resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114:2004 - Resíduos da construção civil – Reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115:2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos;
- NBR 15116:2004 - Agregados reciclados de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos.

As Normas Regulamentadoras cumprem um importante papel no que se refere a aplicação de técnicas que auxiliam na classificação, manejo, e reciclagem dos resíduos sólidos. Além disso, as NBRs trazem as diretrizes de como devem ser os projetos de aterros de resíduos e de reciclagem e o que devem ser contemplados neles.

2.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

O Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é um relatório técnico, desenvolvido antes do começo executivo de um empreendimento, com o objetivo de prever a geração de resíduos e estabelecer práticas adequadas para seu gerenciamento (NAGALLI, 2014, p. 40).

Melo (2011), comenta que o primeiro registro de elaboração de um Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil ocorreu no ano de 1993 na cidade de Belo Horizonte, no intuito de se tratar os resíduos. e evitar a sua deposição final em locais clandestinos.

Segundo a Agência Brasil (2018), um levantamento feito pelo Ministério do Meio Ambiente apontou que um pouco mais da metade dos municípios brasileiros (cerca de 54,8%) têm um Plano Integrado de Resíduos Sólidos. O estudo mostrou ainda a porcentagem por região do país, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Porcentagem de Municípios que possuem Plano Integrado de Resíduos Sólidos por região.

Região	(%)
SUL	78,9
CENTRO-OESTE	58,5
SUDESTE	56,6
NORTE	54,2
NORDESTE	36,3

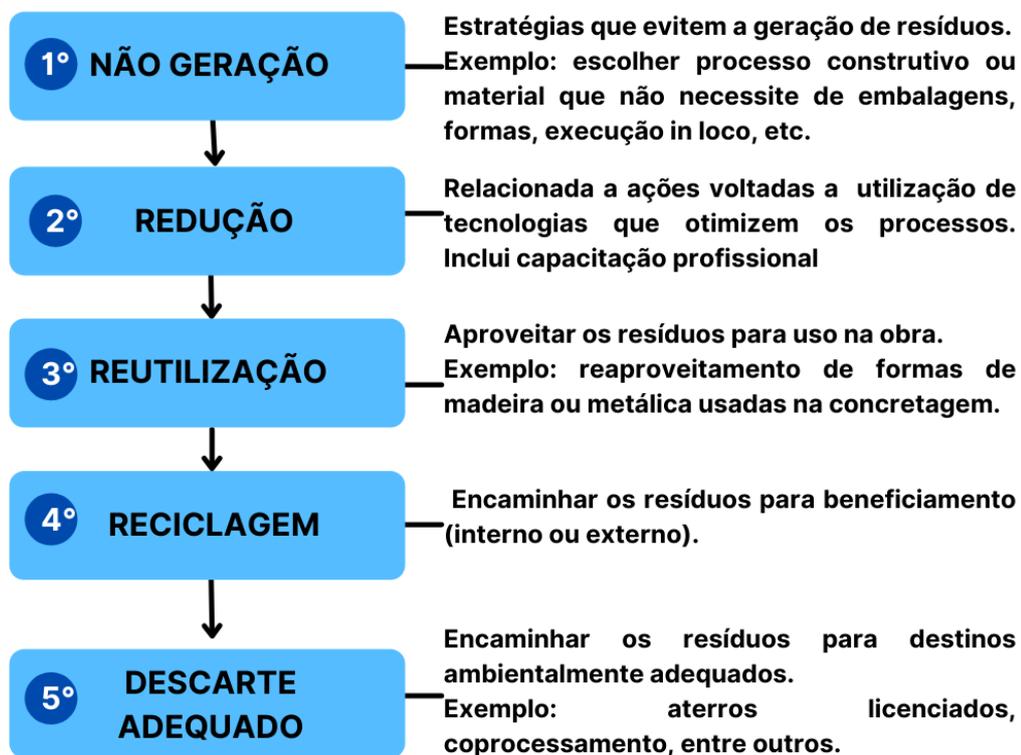
Fonte: Agência Brasil, 2018.

O resultado do estudo apontou que as regiões Norte e Nordeste ficaram abaixo da média nacional e a região Sul foi a que apresentou maior porcentagem. Com isso, observa-se que apesar de um número considerável de municípios no Brasil possuírem plano, ainda há muitos municípios que necessitam elaborá-lo.

A elaboração do PGRCC auxilia na preocupação dos gestores de obras grandes ou pequenas, gestores municipais e construtoras em sempre que possível, não gerar resíduos ou reduzir a geração e até mesmo reutilizar esses resíduos na obra e em última instância fazer a destinação correta dos resíduos.

Nagalli (2014), descreve a hierarquia do gerenciamento dos resíduos da construção, como apresentado na Figura 2 a seguir:

Figura 1 - Hierarquia do sistema de gerenciamentos dos resíduos da construção civil.



Fonte: Nagalli, 2014.

Dessa forma, o plano de gerenciamento correto dos RCC's traz benefícios não só em relação a redução de custo com a obra, como também a redução dos impactos no meio ambiente. Apesar de grandes avanços no que diz respeito a gestão de resíduos da construção, o que se percebe é que seguir um plano de gestão de resíduos é algo que necessita ser disseminado e aplicado de forma mais efetiva nos canteiros de obras. Isso ocorre justamente porque a separação, armazenamento e destinação ainda são feitos de maneira irregular. Costa (2010), relata que apesar das empresas, de uma forma geral, conseguirem reduzir o percentual de resíduos, eles ainda são uma realidade, sendo necessários estudos que proporcionem uma ampliação de seu uso.

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) foi um marco importante para a mudança desse cenário. Esta lei apresenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), 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 (BRASIL, 2010). Um fator importante instituído pela PNRS (BRASIL, 2010) é dispor sobre a responsabilidade compartilhada após o consumo entre fornecedores, fabricantes, comerciantes e não apenas entre geradores e municípios como institui o CONAMA 307, (BRASIL, 2002). Silva e Lopes (2021), trazem um exemplo de como poderia ser aplicada a responsabilidade compartilhada dos resíduos.

A obra terá parceria com uma empresa de produtos químicos de limpeza que utilizam recipientes retornáveis. Assim, quando o canteiro utilizar completamente os produtos, a empresa leva as embalagens vazias para reabastecimento e fornece novos insumos com outros recipientes retornáveis.

2.4. Aspectos que influenciam na geração de RCC nos canteiros

De acordo Ulsen et al. (2010), cerca de 90% da massa total de Resíduos de Construção Civil (RCC) gerada no Brasil e na Europa é composta por concretos, argamassas, solo e gesso. Este dado demonstra o quanto é relevante que se promova a gestão correta dos resíduos.

Para Lima e Lima (2009), a geração excessiva de resíduos da construção é resultado de diversos fatores como por exemplo erros de projeto, especificação inadequada de materiais, baixa qualidade e desperdício dos materiais, manuseio e armazenamento incorreto desses materiais, ou seja, a falta de logística de todas as etapas da obra, do projeto à execução.

Para Ângulo et al. (2013) e Lima e Cabral (2013), contabilizar o volume preciso dos materiais que constituem uma massa de RCC é algo difícil, pois representa uma equação de inúmeras variáveis, tais como: tipo de obra executada, tipo de materiais empregados, fase da obra, qualidade da mão de obra empregada, região econômica da realização da obra, diferenças regionais do país, técnicas construtivas, entre outras variáveis. Por isso, é de suma importância o alinhamento entre todas as etapas da construção, buscando corrigir os erros ainda na fase de projeto e planejamento para evitar ou minimizar a geração de resíduos em etapas posteriores por falhas de projeto.

2.4.1 Compatibilização e detalhamento dos projetos

Com a expansão das cidades, a demanda por novas habitações cresceu consideravelmente nos últimos anos no Brasil, o que gerou uma grande disparada do setor da

construção. As iniciativas oferecidas por programas de financiamento também contribuíram para essa aceleração. Todas essas mudanças afetam diretamente na forma como os projetos são elaborados, que atualmente são cada vez mais complexos e que envolvem diversos aspectos como custos, tecnologias, controle, processos, pessoas, e por isso, necessita de integração entre eles.

De acordo com o SEBRAE (1995), compatibilização define-se como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra. Projetos elaborados de forma adequada e com o devido detalhamento, minimizam as possibilidades de geração de resíduos durante o processo de execução, reparo ou reforma.

Entretanto, grande parte dos projetos de obras civis no Brasil são realizados por empresas ou profissionais que possuem vínculos apenas comerciais com as construtoras, ou seja, não há um acompanhamento efetivo da relação projeto e execução, o que acaba contribuindo para o aumento de erros, desperdício de materiais e consequentemente, o aumento da geração de resíduos.

Segundo Callegari (2007), quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução.

Nesse contexto, a compatibilização é uma ferramenta essencial no processo de desenvolvimento dos projetos, pois auxilia na detecção de erros ainda durante a etapa de projeto, para evitar futuros problemas de custo, desperdícios de materiais, retrabalho e qualidade das construções.

2.4.2 Perda e Desperdício de Materiais

Na construção civil, a preocupação com a redução das perdas e desperdícios passou a ser importante fator para a manter o equilíbrio das construtoras dentro do mercado da construção. Entretanto, a necessidade de minimizar a geração dos RCCs, vai além da questão econômica, pois a redução das perdas é uma ação importante para a preservação ambiental.

De acordo com Formoso et al. (1996), as perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência existente no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores às necessárias para execução do produto, englobando tanto perdas de materiais quanto a execução de atividades que não agregam valor.

Já em relação ao desperdício, Fraga (2006) relata que:

O desperdício de materiais, principal aspecto para a geração de entulho, ocorre desde a seleção de fornecedores; passando pela etapa de projeto, aonde se tem soluções inadequadas e não otimizadas; na fase de aquisição dos materiais quando do transporte, recebimento e armazenamento no canteiro de obras; na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições; até à fase de pós-ocupação onde ocorre desperdício de materiais em função de reparos.

Dentro do canteiro de obras, até o material chegar ao seu uso, o mesmo passa por algumas etapas como o recebimento, estocagem, processamento e, por fim, é aplicado. Vale salientar também que, entre cada uma destas fases o material é transportado, o que aumenta as possibilidades de perda se não transportado de maneira adequada.

Em relação a problemática das perdas, Santos e Santos (2017), relatam que existem diversos tipos de perdas, dentre elas se destacam: o imprevisto que ocorre normalmente quando uma atividade se inicia sem que todos os recursos estejam disponíveis ou em quantidade necessária; a falta de terminalidade, quando se mobiliza um recurso para realizar uma tarefa e tira-se esse recurso sem que a atividade tenha sido terminada; e o retrabalho, oriundo de mão de obra não qualificada, inobservância de projetos, ou sequenciamento incorreto das atividades.

Entretanto, a questão das perdas de materiais que posteriormente tendem a descartados, não ocorre apenas durante a fase de execução da obra, o desperdício pode ter início desde a concepção, uma vez que erros cometidos na fase de projeto podem conseqüentemente levar ao uso excessivo de material gerando desperdício.

2.4.3 Qualidade da mão de obra

Fraga (2006) explica que o desperdício em função da mão de obra ocorre devido à baixa qualificação dos operários e principalmente pela falta de uma política de recursos humanos, onde estes erros poderiam ser combatidos com medidas adequadas do gerenciamento da

qualidade com base nos componentes de fator humano (formação, informação, comunicação e motivação).

Assim, a baixa qualidade da mão de obra acaba influenciando por exemplo, na forma de manuseio dos materiais durante os processos executivos, o que gera desperdício e conseqüentemente resíduos, sem contar o retrabalho e maior custo. Daí a importância do treinamento e qualificação dos colaboradores, pois um trabalhador qualificado tem consciência dos processos a serem executados e a maneira que estes devem ser realizados, auxiliando assim no trabalho com mais qualidade e menos resíduos gerados.

2.4.4 Técnicas construtivas

As técnicas construtivas utilizadas atualmente nas obras ainda são consideradas ultrapassadas e este problema torna um dos principais fatores de geração de RCC nos canteiros. Em relação a isso, SILVA et al. (2015) explica que devido à carência de novas tecnologia e por ter uma característica mais artesanal do que industrial, a construção civil apresenta níveis de perda altos.

Nesse contexto, um exemplo que demonstra o quanto os métodos de construção impulsionam as perdas, desperdícios e conseqüentemente a geração de RCC é construção em alvenaria com o uso de tijolos convencionais. Esta é umas das que mais geram entulho, pois o processo consiste em primeiro levantar as paredes e depois quebrar parte delas para passar sistemas prediais. Este processo construtivo é um dos mais antigos e mais largamente empregados nas obras. Devido à sua grande aceitação cultural e profissional no Brasil, há resistência na adoção de outros processos construtivos, pois os ideais desse tipo de construção estão enraizados na sociedade.

2.5. Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Canteiros de Obras

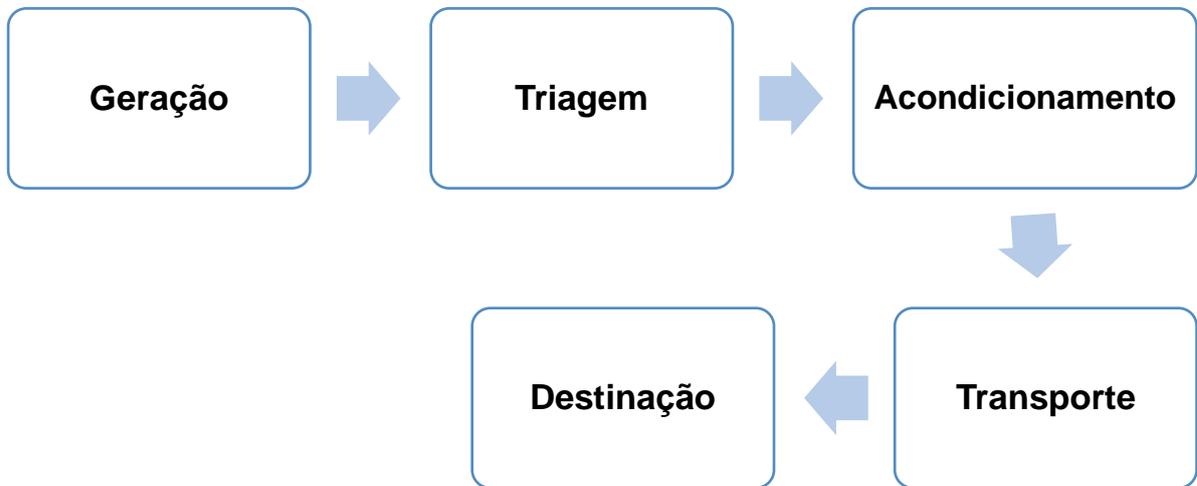
De acordo com, a NBR-12284 (ABNT, 1991), os canteiros de obra são “áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”.

Os resíduos gerados durante o processo construtivo são oriundos de variadas etapas dentro de uma obra, podendo surgir desde a limpeza do terreno à fase de acabamento, por isso é fundamental a aplicação dos procedimentos operacionais de manejo dos resíduos, desde a coleta até a destinação final. Uma das principais estratégias de redução é a aplicação do plano

de gerenciamento dos resíduos da construção. O correto gerenciamento dos RCC proporciona além dos benefícios ambientais uma oportunidade de compatibilizar a atividade produtiva com a sustentabilidade (NASCIMENTO et al., 2015).

A Figura 3 mostra o processo de destinação dos resíduos no canteiro.

Figura 2 - Fluxograma de processo de destinação dos resíduos da construção no canteiro.



Fonte: Autora, 2022.

2.5.1. Geração

Durante a geração dos resíduos é possível ter uma percepção de como serão direcionadas as próximas etapas e as decisões acerca da reutilização, reciclagem e destinação final. Lima e Lima (2009) relata que é importante que se faça a separação dos RCC gerados por etapa da obra, pois essa providência proporcionará uma melhor leitura do momento de reutilização de cada classe e quantidade de resíduo.

Valotto (2007) apresentou alguns dos principais resíduos gerados em cada etapa da obra. A Figura 4 mostra os exemplos descritos pelo autor:

Quadro 2 - Principais resíduos gerados em cada etapa da obra.

ETAPAS	RESÍDUOS GERADOS
Limpeza do terreno	Entulho de vegetação, galhos, solos e rochas;
Montagem do canteiro de obras	Madeiras, tijolos, blocos cerâmicos, concreto;
Fundações	Concreto, solos, rochas, aço;
Superestrutura	Concreto, madeira, sucata de ferro, fôrmas plásticas;
Alvenaria	Blocos cerâmicos, papel, plástico, blocos de concreto, argamassa;
Instalações hidrossanitárias	Tubos, blocos cerâmicos, entre outros;
Instalações elétricas	Fiação, blocos cerâmicos, conduites, mangueiras;
Reboco interno/externo	Tinta, selantes, argamassas;
Revestimentos	Papel, papelão, plástico, pisos e azulejos cerâmicos, argamassa
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado, outros tipos de placa;
Pinturas	Vernizes, texturas, tintas, seladoras
Coberturas	Madeiras, restos de telhas.

Fonte: Valotto (2007), adaptado pela autora.

Como mostrado no Quadro 2, em todas as etapas da construção há geração de resíduos, muitos deles passíveis de serem reutilizados ou reciclados para evitar o descarte, reduzir custo com aquisição de novos materiais e principalmente tornar a construção mais limpa e sustentável.

2.5.2. Triagem

A triagem deve ser feita de preferência no local de geração do resíduo, separando-os conforme a classe estabelecida pelo CONAMA 307 (BRASIL, 2002), para que posteriormente sejam acondicionados em locais adequados para cada tipo. A etapa de triagem é importante para assegurar que os resíduos serão armazenados corretamente. A triagem dos resíduos contribuirá para a manutenção da limpeza da obra, evitando materiais e ferramentas espalhadas pelo canteiro o que gera contaminação entre os resíduos, desorganização, aumento de possibilidades de acidentes do trabalho além de acréscimo de desperdício de materiais e

ferramentas (LIMA; LIMA, 2009). A Figura 5 mostra a separação dos resíduos gerados em determinado processo no canteiro.

Figura 3 - Triagem dos RCC.



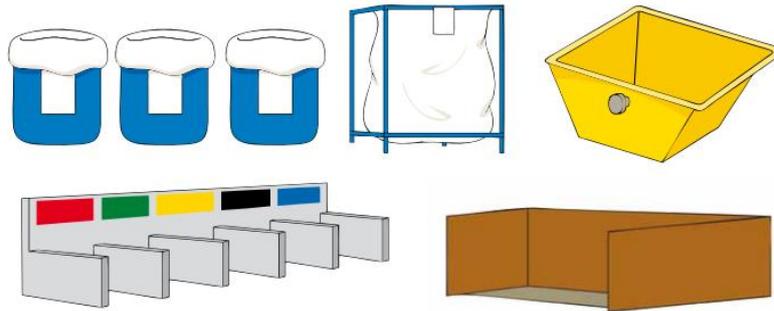
Fonte: Lima e Lima, 2009.

2.5.3. Acondicionamento

Nesta etapa os resíduos são dispostos em locais adequados (para serem se possível, reutilizados na própria obra), e de fácil acesso já que posteriormente, serão transportados para locais específicos de reciclagem e destinação final. O transporte interno dos resíduos pode ser feito com auxílio de elevadores de carga, carros de mão, giricos e também o transporte manual utilizando bags.

Lima e Lima (2009), fala que os dispositivos de armazenamento mais usuais são as bombonas, bags, baias e caçambas estacionárias, atendendo-se para que sejam devidamente sinalizados informando o tipo de resíduo que cada um acondiciona visando a organização da obra e preservação da qualidade do RCC. A Figura 6 mostra os dispositivos de armazenamento dos resíduos.

Figura 4 - Dispositivos de acondicionamento de resíduos no canteiro.



Fonte: Lima e Lima, 2009.

2.5.4. Transporte

O transporte dos resíduos deve ser feito por empresas autorizadas para essa atividade. É importante ainda, ter o controle da quantidade de resíduo transportado, bem como o controle sobre a destinação deles tendo em forma de documento (Controle de Transporte de Resíduos – CTR) estas informações, pois o gerador também possui responsabilidade na destinação final apesar deste processo ser feito por empresa licenciada. Segundo Lima e Lima (2009), os veículos mais utilizados para a remoção dos RCC são caminhões com equipamento poliguindaste ou caminhões com caçamba basculante que deverão sempre ser cobertos com lona, para evitar o derramamento em vias públicas.

2.5.5. Destinação final

Sendo a última etapa do processo, a destinação dos resíduos deve ser feita conforme a classe. Segundo o CONAMA 307 (BRASIL, 2002), os resíduos definidos como classe A, devem ser transportados para áreas específicas de reciclagem. Os de classe B podem ser vendidos para associações de coleta seletiva, empresas de reciclagem, cooperativas, entre outros. Para as classes C e D a destinação deve seguir as normas técnicas específicas.

2.6. Reciclagem de resíduos da construção

A reciclagem dos resíduos proveniente de canteiros de obras é uma etapa importante para a reinserção destes na obra. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da

Construção Civil - ABRECON (2017), relata que o processo da reciclagem de resíduos da construção civil no Brasil ainda é rudimentar, destacou também que grande parte dos municípios brasileiros ainda destinavam os RCC a locais irregulares e que apenas 20% dos RCC gerados eram reciclados.

A reciclagem é um processo em que se reaproveita os resíduos gerados podendo ser novamente utilizados para fins construtivos. A reciclagem compreende uma ou mais etapas de classificação dos resíduos, britagem e peneiramento (GERMANO e PIMENTEL, 2011).

Na construção civil, os resíduos de classe A são utilizados na produção de agregados reciclados. De acordo com MENEZES et al (2011), como a produção do agregado reciclado é relativamente simples, o preço cai em cerca de 80%, em relação aos agregados convencionais, tornando o agregado reciclado atraente em relação ao agregado natural.

Para Brasileiro e Matos (2015), a reciclagem dos resíduos das obras além de reduzir a superexploração de jazidas minerais para extração de recursos naturais não renováveis, contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros, especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição.

Já Barros (2012) relata que os materiais reaproveitados do entulho têm inúmeras utilidades, se o processo de reciclagem for monitorado e houver controle tecnológico da qualidade dos produtos, sua confiabilidade aumenta e as situações em que eles podem ser empregados se multiplicam.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

O método utilizado foi a pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa, em documental em livros, artigos e outros textos, a fim de se obter conceitos e informações referentes ao estado da arte que envolve a problemática da geração de resíduos por atividades da construção civil no Brasil.

Segundo Araújo e Gouveia (2018):

Pesquisa Bibliográfica: a pesquisa é elaborada a partir de material já publicado, livros, revistas, artigos e material disponibilizado na Internet, entre outras fontes. Este tipo de pesquisa explica um problema a partir de referenciais teóricos publicados em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Ambos casos buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado, existentes sobre um determinado assunto, tema ou problema.

A pesquisa foi feita em três etapas para melhor organização do trabalho.

Etapa 1

Na primeira etapa fez-se um levantamento bibliográfico de informações referente aos seguintes temas:

- O panorama sobre os estudos relacionados aos resíduos da construção civil no Brasil;
- As principais normas e diretrizes referentes a resíduos sólidos e as diretrizes necessárias para a elaboração do plano de gerenciamento;
- Ferramentas que podem auxiliar na não geração de resíduos da construção;
- As técnicas de reutilização e reciclagem dos resíduos in loco.

A pesquisa foi realizada utilizando bases como o *Google Acadêmico* e portais científicos como *Periódicos Capes*, *Scielo* e *Biblioteca Brasileira de teses e Dissertações*. A busca dos trabalhos científicos nas bases foi feita utilizando “keywords” (palavras-chave) como: não geração de RCC, resíduos em canteiro de obra, taxa de geração, redução de RCC, reutilização de RCC, reciclagem de RCC, gestão diferenciada de RCC, além de uma seleção temporal de trabalhos publicados principalmente nos últimos dez anos.

Etapa 2

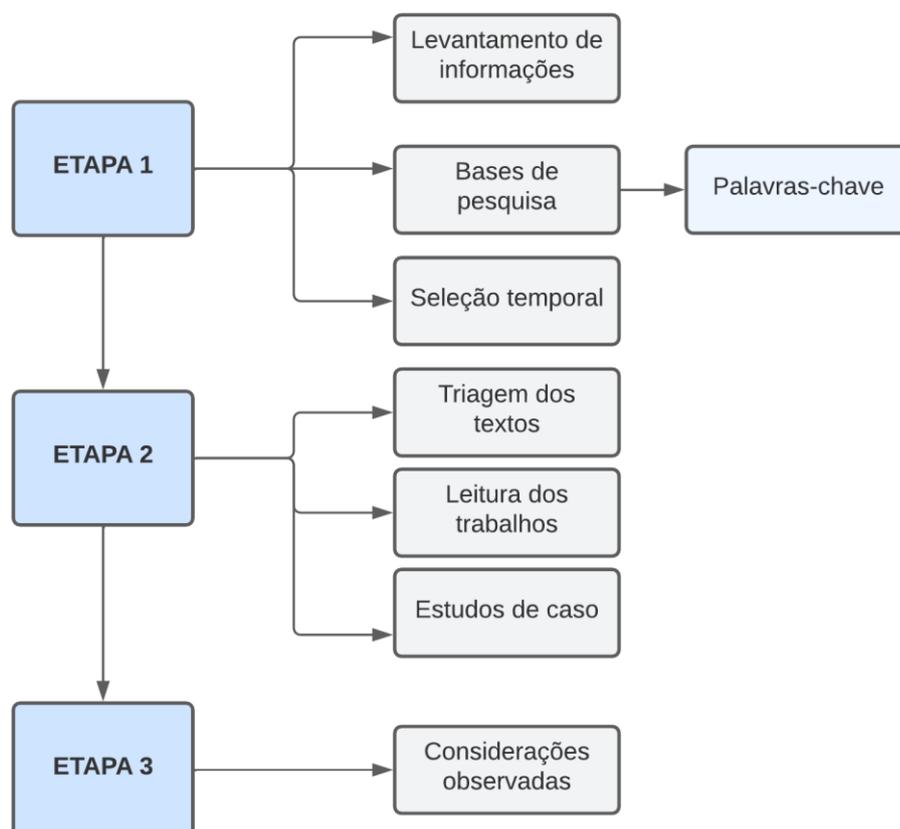
Após a busca, foi feita uma triagem dos textos e em seguida, feita a leitura dos trabalhos selecionados, buscando compreender os pontos abordados pelos autores em relação a priorizar a não geração de resíduos, os exemplos de estratégias de gerenciamento de resíduos nos canteiros, as técnicas utilizadas para evitar a geração excessiva de resíduos dentro da obra e as principais contribuições deixadas pelos autores referentes as técnicas que podem ser aplicados para a reciclagem dos resíduos. Os resultados da pesquisa foram baseados em estudos de caso encontrados na literatura apresentando os resíduos gerados nos canteiros principalmente os de classe A e as alternativas de redução e reciclagem.

Etapa 3

Nesta última etapa foram apresentadas as considerações observadas pela autora referente ao panorama dos resíduos da construção civil no Brasil nos últimos dez anos de acordo com os dados apresentados nos resultados da pesquisa.

A Figura 6 traz o fluxograma resumo das etapas da pesquisa.

Figura 5 - Fluxograma resumo das etapas da pesquisa.



Fonte: Autora, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A preocupação com o volume de RCC gerado nas obras civis, motiva os pesquisadores e a própria indústria da construção a buscar estratégias que visem não somente a não geração e redução dos resíduos, como também a reutilização e reciclagem destes. A fim de compreender as estratégias utilizadas nos canteiros para minimizar a geração de resíduos, são apresentados resultados de estudos de caso encontrados na literatura nos últimos dez anos.

4.1. Geração de resíduo nos canteiros

Marques et al. (2013), estudaram a geração de resíduos dentro de um canteiro de obra de pequeno porte na cidade de Palmas-TO. O objeto de estudo foi um residencial composto por 11 casas com área construída de 87,97 m² cada, acrescidas de área de lazer em comum, perfazendo um total de 3.285,1m². A metodologia utilizada foi inicialmente a caracterização das etapas da obra, definidas como: fundação, superestrutura, revestimento, cobertura e acabamento respectivamente. Em seguida, foram feitos registros fotográficos e entrevistas com os colaboradores. O processo de execução da obra, de acordo com os autores, durou aproximadamente 12 meses.

Para quantificar os resíduos, os autores adotaram a prática de separação, pesagem, e preenchimento de uma tabela de anotação das quantidades, descrevendo a data da quantificação, origem dos resíduos, etapa e massa de resíduo gerado. Este procedimento era feito diariamente e foi observado que os resíduos gerados a cada dia, foram acumulados na parte externa do terreno. Ao somar os resíduos gerados, constatou-se que 90% do total deles eram equivalentes a resíduos de classe A.

Santos e Paz (2016), estimaram a quantidade de resíduos de classe A e classe B gerados no canteiro de obras da sede do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE - Campus Cabo de Santo Agostinho. A edificação despunha de 12.567,99 m² de área construída. O volume de resíduo gerado foi de 942,60 toneladas na fase de construção. O resultado da pesquisa mostrou também que 86% do resíduo gerado era de classe A e 11% de classe B.

A pesquisa apontou ainda a falta de planejamento em relação aos locais de armazenamento dos resíduos, dispondo apenas de baías improvisadas onde os resíduos

acabavam sendo misturados, inviabilizando a reciclagem destes posteriormente e até mesmo dificultando a coleta para a destinação final.

Perina e Trannin (2019), avaliaram o volume de RCC gerado no canteiro da obra estadual da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo - CDHU, em Moreira César, distrito do município de Pindamonhangaba (SP). O acompanhamento da obra durou sete meses e resultou na coleta de 535 m³ de RCC. As autoras quantificaram também os resíduos de acordo com as classes definidas no CONAMA 307, que apontou que, do total de resíduos gerados, 67% resultaram em resíduos de classe A, que possuem grande probabilidade de serem reciclados.

A Tabela 3 apresenta o percentual de resíduo encontrado em casa estudo.

Tabela 3 - Percentual de resíduos de classe A encontrados em cada estudo.

Autores	Área construída (m²)	Proporção em relação ao total (%)
Marques, Oliveira, et al. (2013),	87,97*	90
Santos e Paz (2016)	12.567,99	86
Perina e Trannin (2019)	1.584,07 m ²	67

*Por unidade habitacional com 87,97m² (1 suíte, 2 quartos, 1 banheiro, 1 sala, 1 cozinha e 1 garagem).

Fonte: Autora, 2022.

Como mostra a Tabela 3, os resíduos de classe A foram os mais encontrados nos estudos. Vale ressaltar que a quantidade de resíduo gerado depende das características específicas de cada obra, mas o que se pode notar é que independente das características das obras, os resíduos podem ser aproveitados, beneficiando a própria obra e evitando o descarte desses materiais.

4.2. Mão de obra sem qualificação

Bezerra e Paschoalin (2017) realizaram um estudo em um canteiro de obras de uma construtora localizada na cidade de São Paulo, que tem como foco principal a construção de edifícios residenciais de grande porte. A empresa, no período da pesquisa, contava com 200 colaboradores diretos, dentre os quais 10 azulejistas e 6 ceramistas. O principal problema

enfrentado dentro da obra foi o volume excessivo de resíduos de materiais como cerâmicas e azulejos.

Segundo os autores, diante deste problema os gestores da obra realizaram entrevistas com azulejista e ceramistas para detectar os pontos de falhas que resultavam na perda dos materiais. Os autores descrevem ainda que após as entrevistas verificou-se que a maior parte dos colaboradores não possuía conhecimento técnico acerca das consequências da falta de cuidado no manejo dos materiais, além da falta de consciência dos funcionários de quais eram os impactos ambientais e econômicos causados pela atitude desordenada e descuidada dos mesmos.

A partir dessa realidade, a estratégia tomada pelos gestores foi o investimento em capacitação e treinamentos dos colaboradores. O treinamento foi feito por meio de aulas teóricas e práticas sobre técnicas adequadas de manejo, recorte, transporte e armazenamento dos materiais utilizados na execução do serviço. Após o treinamento a construtora realizou um levantamento para avaliar a influência da capacitação nas atividades executadas pelos trabalhadores. Os resultados são expostos na tabela 4:

Tabela 4 - Redução das perdas após dois meses de realização do treinamento.

MATERIAIS	PERDAS ANTES DO TREINAMENTO	PERDAS APÓS O TREINAMENTO	VARIAÇÃO (%)
Azulejos	12%	6%	50%
Cerâmicas	14%	8%	42,85%

Fonte: Bezerra e Paschoalin, 2017

De acordo com os dados apresentados, pôde-se verificar que as perdas de materiais reduziram em até 50% após o treinamento o que comprova a eficácia do investimento em capacitação e treinamento dos colaboradores. É importante ressaltar que o correto é que a equipe que executará da obra seja capacitada antes das etapas de construtivas, para que se reduza o desperdício de materiais e conseqüentemente a geração excessiva de resíduos, ou seja, o treinamento dos colaboradores deve fazer parte do planejamento da obra.

4.3. Compatibilização de projetos

Lima (2019), avaliou os benefícios da compatibilização de projetos em uma residência unifamiliar na cidade de Juazeiro do Norte-CE. A edificação possuía uma área construída de

540m² e foi utilizado o software AutoCAD para realizar a sobreposição dos projetos (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário) e verificar as incompatibilidades. A seguir estão listadas algumas das falhas encontradas pelo autor:

- Locação dos pilares incompatível com as espessuras das alvenarias;
- Locação de interruptores sobre pontos estruturais;
- Inexistência de interruptor para as luminárias;
- Fiação passando por dentro de pilar;
- Tubulação sanitária passando por dentro de pilar;

Segundo o autor, as falhas apresentadas podem ser resolvidas de forma simples através do ajuste dos projetos. Este ajuste é fundamental para que os problemas encontrados não se estendam para a fase de execução, que ocasionariam gastos excessivos de materiais e consequentemente geração de resíduos devido ao desperdício de materiais, sem falar na elevação dos custos da obra, retrabalho e atrasos. Além disso, o autor relatou sobre a importância do uso de software para compatibilização dos projetos para evitar falhas.

4.4. Alternativas de reciclagem dos resíduos da construção civil

A literatura apresenta diversas soluções possíveis para o incremento dos resíduos nos canteiros que, quando aplicadas corretamente, auxiliam na redução das perdas e desperdícios, redução do volume excessivo de resíduos descartados que resultam em impactos negativos ao meio ambiente, além de gerar mais custo a construtora já que ela é a responsável pelo descarte desses materiais.

Gomes et al. (2017), em parceria com uma construtora responsável pela construção de diversos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que utilizava blocos de concreto para executar as residências, avaliou a produção de blocos reciclados de concreto (BRC) que foram fabricados através dos resíduos gerados na fábrica de blocos de concreto implantada no canteiro de obras da empresa para construção de 5.000 habitações, ou seja, trata-se do aproveitamento de resíduos de blocos de concreto para geração de BRC. A Figura 7 mostra o fluxograma das etapas de fabricação dos blocos.

Figura 6 - Fluxograma resumo das etapas do estudo.



Fonte: Gomes et al. 2017.

Os autores relatam os resíduos dos blocos eram gerados principalmente na etapa de controle da resistência à compressão. Os blocos não aprovados eram armazenados para ser utilizados posteriormente na fabricação de BRC. Ainda segundo os autores, contabilizando a produção de resíduos gerados nessas etapas, por meio do levantamento de perdas durante o processo de produção, chegou-se ao valor máximo de 28% de resíduos, em relação à quantidade de matéria-prima utilizada.

A partir deste cenário, para minorar o custo com a fabricação dos blocos reciclados a construtora utilizou equipamentos que já possuía no canteiro, como por exemplo, uma minicarregadeira e peneiras com aberturas de 12,5 mm e 9,5 mm. Isso foi possível porque grande parte do resíduo era usada ainda na fase inicial de endurecimento o que facilitava a separação e o peneiramento. As Figuras 8 e 9 apresentam a coleta e os processos de peneiramento dos resíduos.

Figura 7 - a) Coleta dos resíduos de bloco por meio da minicarregadeira e (b) estocagem dos resíduos coletados.

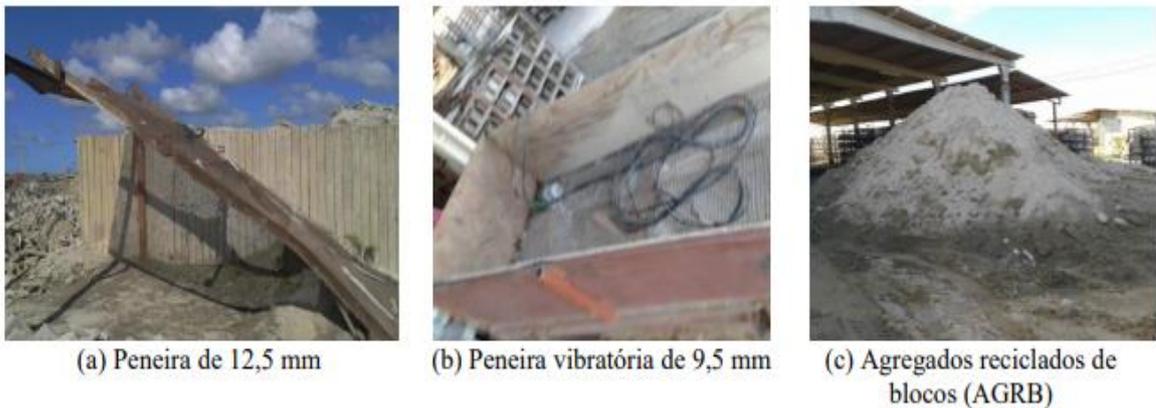


a)

b)

Fonte: Gomes et al. 2017.

Figura 8 - Processos de beneficiamento dos resíduos.



(a) Peneira de 12,5 mm

(b) Peneira vibratória de 9,5 mm

(c) Agregados reciclados de blocos (AGRB)

Fonte: Gomes et al. 2017.

Gomes et al. (2017) descrevem que após os processos de beneficiamento dos resíduos os agregados eram colocados no misturador e em seguida eram adicionados o cimento e a água. Depois, na vibro-prensa, as formas dos blocos eram preenchidas, vibradas e prensadas. Após a moldagem, os blocos eram encaminhados para armários de aço e seguiam para a cura. Os autores relatam ainda que os blocos produzidos com o agregado reciclado, passavam por ensaio de resistência à compressão que foram atendidas em referência os requisitos mínimos.

Trigo (2016) apud Altschul et al. (2020), relatou o beneficiamento interno dos resíduos de classe A gerados no canteiro de obras durante a construção do bairro Ilha Pura localizado na Barra da Tijuca, Zona Oeste do Rio de Janeiro que começou a ser construído em 2012. O empreendimento ocupa 800 mil metros quadrados de área e conta com apartamentos que variam de 2 a 4 dormitórios. Os autores descrevem que os resíduos de classe A corresponderam a 40%

do total de volume gerado (cerca de 10.755 m³) e foram reutilizados na primeira etapa de dentro do canteiro de obras.

Segundo os autores, foi montada uma indústria móvel de reciclagem de RCC com o uso de britadeira móvel. A solução gerou uma economia de R\$ 850.000,00 que seriam usados na compra de agregado e descarte do resíduo. Além disso, a britagem móvel reduziu o tráfego de 1300 caminhões que seriam usados para descarte dos resíduos e transporte de agregados.

Um estudo feito por Oliveira (2021), comparou o cenário do gerenciamento de RCC sem o aproveitamento dos resíduos com o cenário de aproveitamento destes, para verificar os benefícios socioeconômicos de reciclagem dos agregados em um canteiro de obra na cidade de Feira de Santana-Ba.

De acordo com a autora, no cenário 1 os resíduos gerados em todas as etapas da obra foram armazenados em caçamba tipo Brooks (conhecida popularmente como Papa entulho) e posteriormente levados diretamente ao aterro localizado no município, onde os RCC são aterrados como resíduos classe II-B, inertes, segundo a NBR-10004 (ABNT, 2004). No cenário 2 buscou-se primeiramente armazenar e utilizar os insumos visando a não geração de resíduos. Os resíduos gerados foram segregados e acondicionados em dispositivos de coleta adequados.

A autora relata ainda que os resíduos de classe A após serem quantificados, foram encaminhados para o processo de britagem sendo transformados em agregado miúdo e utilizados na massa de reboco da própria obra. Os de classe B foram doados a cooperativa de catadores, os da classe C foram coletados pela Prefeitura da cidade e os de classe D foram armazenados em caçambas do tipo brooks e enviados ao aterro. O estudo apontou também a estimativa de resíduos gerados nos dois cenários sendo de 31 m³, sendo que no cenário 2 no qual os resíduos foram segregados, a quantidade estimada por classe A, B, C e D foram 18,6 m³, 9,3m³, 6,34m³ e 1,55m³ respectivamente.

O estudo mostrou ainda a redução de custos com o aproveitamento dos resíduos de classe A e beneficiamento social com a venda dos resíduos de classe B. A economia foi de R\$ 1548,00 que seriam gastos com a aquisição de agregado miúdo para o reboco e o benefício social encontrado foi de R\$491,67, tendo assim uma redução nos custos de 33,87%. Dessa forma, confirma-se a importância da reciclagem dos resíduos in loco, pois além de reduzir a quantidade de materiais extraídos da natureza, ainda possibilita a redução de custos com o descarte dos resíduos.

Um fato preocupante apontado no estudo de Oliveira (2021), foi que os resíduos de classe D gerados na obra foram para o mesmo aterro dos resíduos domésticos, o que não é o adequado. O correto seria encaminhá-los para o CTR, mas de acordo com a autora, a cidade de Feira de Santana não possuía um Centro de Tratamento de Resíduos – CTR. Isso mostra o quanto é importante destinar corretamente os resíduos de acordo com suas classes, pois de nada adianta fazer a segregação, armazenamento e manejo nos resíduos nos canteiros e destiná-los em locais inadequados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados da pesquisa, pôde-se observar que em todos os casos expostos, a maior parte dos resíduos gerados nos canteiros foi da classe A, com alto potencial de reaproveitamento e reintegração na própria obra. Ao final da pesquisa, foi possível perceber que apesar da evolução do uso de técnicas e alternativas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos no dia a dia dos canteiros de obras, não se pode afirmar que essas estratégias são largamente difundidas no Brasil nos últimos anos.

Como a pesquisa mostrou, há diferentes estratégias que visam reduzir a quantidade de resíduos gerados nos canteiros, como por exemplo, o treinamento dos funcionários para evitar ou minimizar as perdas referente ao desperdício de materiais por falta de conhecimento técnico como apontou um dos estudos de caso. A compatibilização dos projetos também se mostrou com uma alternativa importante para evitar a geração excessiva de resíduos na etapa de execução da obra e conseqüentemente custos desnecessários.

Outro ponto a destacar é a importância da reciclagem, como utilizar a técnica de britagem dos resíduos de classe A para transformá-los em agregados reciclados e incorporá-los como agregado miúdo na produção de massa para reboco, ou na fabricação de blocos de concreto para serem usados na própria obra

Ao final da pesquisa foi possível observar também que são inúmeros os estudos relacionados à geração de RCC nos canteiros, porém a maioria dos trabalhos encontrados no período estudado (dez anos), apontavam para experimentos com viabilidade técnica e poucos relataram os exemplos práticos, principalmente nas obras de pequeno e médio porte.

Além disso, uma questão observada ao concluir a pesquisa foi que nos estudos de caso apresentados por este trabalho, os autores não evidenciaram se nas obras estudadas haviam a inserção do princípio dos 3Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) que possibilita ao mesmo tempo a redução dos custos da obra e principalmente os impactos gerados no meio ambiente.

Nesse sentido, é importante que o gerenciamento dos resíduos dentro dos canteiros seja baseado na redução dos custos da obra como maneira de construir uma consciência ambiental dos envolvidos nos processos construtivos, e que desta forma, as empresas envolvidas possam cumprir com suas responsabilidades sem produzir impactos negativos principalmente ao meio ambiente.

5.1. Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros seria a busca por trabalhos em fontes internacionais além da aplicação prática (estudo de caso) de uma ou da combinação das estratégias encontradas na literatura como forma de maximizar as contribuições sobre a importância da gestão correta dos resíduos da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. T; SANTANA, G. C. **Desperdício de material no canteiro de obras de médio porte em São Luís- MA na atualidade.** Revista do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável, nº 9. Disponível em: <https://bit.ly/2Zc9wbK>. Acesso em: 17. fev. 2022.
- ÂNGULO, S. C. et al. **Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.13, n. 2, p. 61-73, abr./jun. 2013.
- ARAÚJO, A., GOUVEIA, L. **Pressupostos sobre a pesquisa científica e os testes piloto.** Portugal: Universidade Fernando Pessoa. 2018.
- ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** Brasil, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004. **Resíduos sólidos - classificação.** Brasil, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12284. **Resíduos sólidos - classificação.** Brasil, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15112. **Áreas de vivência em canteiros de obras.** Brasil, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15113. **Resíduos da construção civil resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Brasil, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15114. **Resíduos da construção civil – Reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Brasil, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Brasil, 2004.

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

BAPTISTA, V. J. J; ROMANEL, C. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras.**, Rev. Brasil. Gest. Urbana, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27 37. 2013.

BARROS, R. T. de V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos.** Belo Horizonte – MG. Tessitura, 2012.

BRASIL. A. Disponível em : Estudo aponta que 54% dos municípios brasileiros têm plano de resíduos. Agência Brasil (ebc.com.br) . Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

BRASIL. Lei n°12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: [L12305 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br). Acesso em 26 dez. 2021.

BRASILEIRO, L. L. MATOS, E. M. J. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.**

BENVENUTO, C.; SUZUKI, S, K, F. **Plano Integrado de Gerenciamento Regional de resíduos da Construção Civil e Volumosos.** Revista Limpeza Pública. 2009.

BEZERRA, S. M. C.; PASCHOALIN FILHO, A. J. **Redução do desperdício de materiais e resíduos sólidos na construção civil por meio de treinamento de mão de obra,** 2017.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

COSTA, M. D. L. **Compatibilização de projetos e gerenciamento de resíduos como condições primordiais para a sustentabilidade das construções.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LAYELME, E. M.; SOIBELMAN, L. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Porto Alegre, UFGRGS, 1996.

FRAGA, M. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras.** 2006. 75f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.

FRIGO JP, Silveira DS. **Educação ambiental e construção civil: práticas de gestão de resíduos em Foz do Iguaçu-PR.** Monografias Ambientais. 2012; 9(9):1938-1952.

GALCERAN, B. **Redução do Desperdício na Construção Civil através de Técnicas Construtivas Mais Eficazes.** Belo Horizonte, Monografia (Escola de Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

GERMANO, M. P.; PIMENTEL, L.L. **Caracterização dos municípios da Região Metropolitana de Campinas (RMC) – Jaguariúna, Santo Antônio de Posse, Holambra, Artur Nogueira, Engenheiro Coelho.** In: anais do XVI Encontro de Iniciação Científica e I Encontro de Iniciação em desenvolvimento Tecnológico e Inovação da PuC-Campinas, 2011.

GOMES, C. C.P; PEREIRA, A. F; UCHÔA, B. B. S; OLIVEIRA, C. F; ALMEIDA, H.L. **Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos.** Ambiente Construído. Porto Alegre, 2017.

LIMA, M. P. J. **Os benefícios da compatibilização de projeto. Estudo de caso: residência unifamiliar na cidade de Juazeiro do Norte-CE.** 2019.

LIMA, S. R.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil,** p.9, 2009.

MARQUES, B. O.; OLIVEIRA, S. M. R.; PICANÇO, P. A. **Resíduos de construção civil: geração e alternativas para reciclagem em um canteiro de obras de pequeno porte.** 2013.

MELO, A.V. S. **Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MENEZES, M. S; PONTES, F. V. M.; AFONSO, J. C. **Panorama dos Resíduos de Construção e demolição.** RQI, Edição 733, 4º trimestre, [S.L.], 2011.

MONTEIRO, Vicente da Silva; GOIS, William Novais; TENÓRIO, Adirlene Pontes de Oliveira; BARBOSA, Romero Henrique de Almeida; SANTA RITA; Ana Elisabeth

Cavalcante. **Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Meio Ambiente em Foco - Volume 9, Capítulo 02. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2019.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NASCIMENTO, F. A. T.; VIEIRA, A. J. B. BARROSO, I. R. S. LOPES, J. P. **Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil**. Ciências exatas e tecnológicas, Maceió, v. 3, n.1, p. 141-152, nov. 2015.

NATIONAL RESEARCH CONUNCIL. **Materials count: the case for material flows analysis**. Wshington D. C.: National Academies Press, 2004.

OLIVEIRA, K. D. C. P. **Avaliação dos custos e benefícios da gestão de resíduos da construção: estudo de caso para a substituição do agregado miúdo na massa de reboco em uma obra residencial em Feira de Santana-BA**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Recôncavo Bahia, Cruz das Almas, 2021.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; GRAUDENZ, G. S. **Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCC) e seus impactos na saúde coletiva**. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 127-142, 2012.

PEREZ, G. B. R. **Geração de resíduos na fase de corte da alvenaria de vedação do pavimento de condomínio vertical em Londrina-PR**. Londrina. 2018.

PERINA, M. J; TRANNIN, B. C. I. **Proposta para aproveitamento de resíduos da construção civil gerados em canteiros de obras**, 2019.

SANTOS, K. G.; PAZ, F. H. D. **Implementação de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil no canteiro de obras do IFPE- Campus Cabo**, 2016.

SANTOS, P. R; SANTOS, D. de G. **Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos**, 2017. Ambiente construído, 17(2), 39-52. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200145>

SANTOS, P. V. S. **Aplicação de Normas Regulamentadoras de Segurança do Trabalho em Obras de Pequeno Porte**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2018.

SEBRAE/ SINDUSCON – PR (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas do Paraná) **Diretrizes Gerais para Compatibilização de Projetos**, Curitiba, 1995, 120p.

SILVA GA, NANNI G, CARNIATTO I, JUNIOR EJH, LIMA JR. **Reduzindo perdas oriundas do armazenamento e no manuseio de materiais na construção civil.** Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais. 2015.

SILVA, K. C. D.; PORANGABA, A. T. **Investigação das ações de sustentabilidade nos canteiros de obras de Aracaju/SE.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora, 2012.

SILVA, S. S. D.J; LOPES, L. R. **Manual para elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos da construção civil.** Natal, 2021.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. **Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCC) em Uberaba-MG.** Revista Sociedade & Natureza, ano 24, n. 2, p. 333-344, maio/ago. 2012.

TRIGO, M. G. A; SALIM, C. G. T; MIRANDA, T. L. A. **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: as principais práticas de beneficiamento interno do empreendimento Ilha Pura. 2016.**

ULSEN, C. et al. **Chemical composition of mixed construction and demolition recycled aggregates from the State of São Paulo.** Revista de Escola de Minas, v. 63, n.2, p. 339-346, 2010.

VALOTTO, V. D. **Busca de informação: gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras.** Monografia. Universidade Estadual de Londrina, 2007.

VECHI, N. R. G., GALLARDO, A. L. C. F., TEIXEIRA, C. E. **Aspectos ambientais do setor da construção civil: uma contribuição para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços.** Revista Sistemas & Gestão, v.11, n.1, 2016.

VIEIRA, A. B.; NOGUEIRA, L. **Construção civil: crescimento versus custos de produção,** 2018.