

**Ações voltadas a redução, reutilização e reciclagem de resíduos na  
construção de edifícios**

**Jaqueline Mata de Oliveira**

Mestranda, UPE, Brasil.  
jmo@poli.br

**Alberto Casado Lordsleem Júnior**

Pós Doutor, UPE, Brasil.  
acasado@poli.br

**Débora de Gois Santos**

Doutora, UFS, Brasil.  
deboragois@academico.ufs.br

## RESUMO

Ser responsável pela geração de mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos, impõe incessantes desafios à indústria da construção civil. Comumente chamados de entulhos, os resíduos da construção civil (RCC) provocam grandes impactos ambientais quando não observada uma ordem de prioridade de ações no encaminhamento da gestão dos materiais descartados. É uma situação que exige a aplicação de práticas que visem reduzir, reutilizar e reciclar (3R's) os resíduos gerados pela construção civil nos canteiros de obras. Este trabalho tem como objetivo apresentar diretrizes de boas práticas, através de um plano de ação, para redução, reutilização e reciclagem dos RCC em canteiros de obras. A metodologia contemplou uma revisão sistemática de artigos científicos considerando as indicações do método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). Contemplou ainda uma pesquisa de campo, com sete estudos de caso, sendo cinco obras localizadas na cidade do Recife e duas obras situadas na cidade de Caruaru, ambas no Estado de Pernambuco, nas quais se buscou investigar a gestão de resíduos nas obras e as ações de redução, reutilização e reciclagem realizadas nos canteiros de obras. Os resultados evidenciaram a identificação de ações de redução aplicadas à gestão de serviços, materiais e equipamentos utilizados na execução de obras e boas práticas de reutilização e reciclagem para os principais materiais de construção, como: concreto, madeira, plástico, gesso e metal. A principal contribuição deste trabalho consistiu em identificar e descrever diretrizes de boas práticas, para uma melhor gestão dos resíduos da construção civil quanto aos 3R's.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redução. Reutilização. Reciclagem

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Apesar de ser economicamente fundamental para o país, a indústria da construção civil é responsável pela utilização de até 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade e pela geração de até 70% dos resíduos sólidos urbanos. (SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015; DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

Com relação aos resíduos produzidos pela construção civil, a ABRELPE (2021) relatou, em sua pesquisa setorial de 2020, que foram coletados pelos municípios cerca de 47 milhões de RCC, o que representa um aumento de 5,5% e uma quantidade de 221,2 kg por habitante/ano. Segundo a ABRECON (2020) 70% desses resíduos poderiam ser reutilizados no processo construtivo em obras, mas que o país recicla apenas 16% do total gerado, pois mais da metade dos RCC são descartados de forma clandestina e irregular no Brasil. Visto isso, as práticas de redução, reutilização e reciclagem (3R's), aplicadas por empresas construtoras, são alternativas eficazes para gestão ambientalmente adequada dos resíduos da construção civil (RCC), sem desconsiderar a necessidade de descartar adequadamente os resíduos, recusar e repensar processos, é importante desenvolver uma sistematização para uma gestão ambiental eficaz (VILLORIA et al., 2014). Sendo assim, este artigo tem como objetivo apresentar diretrizes de boas práticas na redução, reutilização e reciclagem dos RCC em canteiros de obras.

De acordo com Dondo (2017), defende o princípio dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) como primordiais para a gestão sustentável, em que o autor defende que correlacionar estas ações de forma integrada constitui a estrutura ambientalmente saudável do manejo dos resíduos e que a adoção de medidas de controle, monitoramento e a fiscalização fazem parte de atividades afins da gestão dos resíduos sólidos, destacando a necessidade de minimizar os impactos ambientais através da aplicação destes princípios. Neste contexto, as ferramentas de gerenciamento de resíduos têm despertado interesse das construtoras, meio técnico e meio acadêmico, visto que a adoção de práticas de gerenciamento baseadas em conceitos coerentes com o conceito de sustentabilidade é essencial para a redução do impacto ambiental causado pelo setor (CASTRO, 2018; DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa exploratória objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema tornando-o mais explícito e viabilizando a construção de hipóteses, como também aprimorar ideias e descobrir instituições. Esta classificação de pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que possuem experiências práticas com o tema e a análise de exemplos que permitam uma melhor compreensão (GIL, 2017). A pesquisa deste trabalho é então do tipo exploratória e o procedimento metodológico utilizado consistiu nas etapas que estão apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Etapas da metodologia utilizada

<b>Etapas</b>	<b>Características</b>
Etapa 1	Realização da revisão bibliográfica sobre o tema, utilizando o método de revisão sistemática PRISMA através do Portal de Periódicos da CAPES e do <i>Google Scholar</i> , pesquisando as principais medidas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios.
Etapa 2	Realização da seleção das obras, que foram escolhidas a partir do banco de dados da pesquisa de Lins (2020), seu estudo analisou informações de obras do banco de dados de resíduos do Recife, consultadas nos processos físicos da EMLURB (Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife), no período de 2018 a 2020. Os indicadores foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: os resíduos gerados na etapa de construção, o uso da edificação como residencial e a tipologia de edificação como conjunto de apartamentos. Em seguida, foi elaborado um <i>ranking</i> com as empresas construtoras que possuíam os indicadores de geração de resíduos com valores mais baixos e 5 dessas foram alvo da pesquisa de campo (Obras A, B1, B2, C e F). E com o objetivo de obter potenciais ações voltadas a aplicação dos 3R's na construção de edifícios, buscaram-se obras certificadas; desta forma, 2 empresas disponibilizaram 2 obras para estudo na cidade de Caruaru no interior de Pernambuco (Obras D e E).
Etapa 3	Elaboração do <i>checklist</i> com as informações necessárias para ser aplicado na pesquisa de campo, este foi desenvolvido através da revisão bibliográfica e aperfeiçoado através da pesquisa de campo na obra A, onde foram coletados os seguintes itens: dados das empresas construtoras (cadastro, ano de fundação, porte), dos respondentes (cadastro, formação, setor), das obras (cadastro, ano de início e término, tipologia, número de pavimentos, área construída, quantidade de resíduos/m <sup>2</sup> , estudo prévio de resíduos), etapas do PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (dados da caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação dos RCC), controle de produção de materiais e de serviços nos canteiros de obras e aplicação dos 3R's (redução, reutilização e reciclagem) nos canteiros de obras.
Etapa 4	Realização do estudo de caso nas sete obras selecionadas e aplicação do <i>checklist</i> , entre os meses de abril e junho de 2021. O <i>checklist</i> buscou focar na investigação de práticas de redução, reutilização e reciclagem que foram realizadas nos canteiros. Além disso, foram capturadas fotos para complementar o estudo de caso.

Fonte: Autores.

## 3 RESULTADOS OBTIDOS

A realização dos estudos de casos proporcionou o conhecimento de outras práticas relacionadas aos 3R's. A coleta das informações foi realizada a partir da aplicação do *checklist* nas obras e as imagens foram capturas durante as visitas aos canteiros. O Quadro 2 apresentada as características das obras estudadas.

**Quadro 2:** Características das obras estudadas

Obras	Dados das obras	Local
A	Edifício Residencial de 20 pavimentos com 7.630,85 m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e Certificação ambiental ISO 14001.	RECIFE
B1	Edifício Residencial de 35 pavimentos com 13.178,49m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).	RECIFE
B2	Edifício Residencial de 23 pavimentos com 7881,18m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H.	RECIFE
C	Edifício Residencial de 14 pavimentos com 3066,8m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H.	RECIFE
D	Condomínio residencial de casas, composto por 2.469 casas com 114.314,07m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H.	CARUARU
E	Edifício Residencial de 17 pavimentos com 699,20m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía certificação de qualidade ISO 9001 e a certificação ambiental Selo Casa Azul + Caixa com classificação Ouro.	CARUARU
F	Edifício Residencial de 13 pavimentos com 3380,52 m <sup>2</sup> de área total construída. Possuía certificação de qualidade ISO 9001.	RECIFE

Fonte: Autores.

A análise dos resultados foi dividida em quatro partes: a) análise das ações de redução, b) análise das ações de reutilização, c) análise das ações de reciclagem e d) diretrizes.

### 3.1 Análise das ações de redução

A análise das ações de redução dos RCC, apresentou medidas e detalhes de cada uma das atividades realizadas nos canteiros de obras que proporcionaram a redução de resíduos, tais como: o cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, o uso de equipamentos de transporte correto para os resíduos e os materiais, o cuidado na escolha dos materiais para a execução das obras, com a opção de materiais que proporcionaram baixa geração de resíduos; a escolha por sistemas construtivos racionalizados e/ou inovadores na execução das obras, a aplicação de medidas de gerenciamentos de resíduos como: a utilização da educação ambiental ministradas nos canteiros de obras para as equipes de produção, a aplicação da logística reversa dos materiais e uso da demolição seletiva. Com relação às ações de redução, o cuidado com o fluxo e estocagem dos materiais demonstrou ser uma preocupação dos empreendedores visto que todas as obras apresentaram estoques enxutos; esta medida facilitava a disposição dos materiais, obedecendo às ordens de entrada e saída, evitando, desta forma, o uso em excesso pelos operários e os estragos de materiais por mal armazenamento. Observou-se que o transporte de resíduos e materiais, em todas as obras, foi realizado com o uso do equipamento aquedado para cada situação específica, entre os mais utilizados estavam: os carro de mão (100%) e as jericas (71%) para transporte de resíduos, além dos tubos coletores que queda (43%); a bob-cat foi utilizada apenas na obra horizontal devida à necessidade de transportes a longas distâncias, o uso do porta pallet (100%) para o transporte de materiais paletizados como argamassas e blocos cerâmicos, auxiliados por transportes verticais como guias, guindastes e elevadores de carga (exceto na obra horizontal que não se fez uso destes equipamentos). De acordo com Silva, Santos e Klamt (2015), o uso correto dos equipamentos de transporte é de suma importância para evitar o desperdício de materiais.

Ações aplicadas na escolha dos materiais foi destaque em 100% das obras, através do uso de materiais, como: aço cortado e dobrado, argamassa industrializada, materiais reciclados, tubulações em PEX e materiais pré-moldados. O aço cortado e dobrado foi destaque em 86% das obras e 14% utilizou o aço, cortado, dobrado e montado; estas duas ações evitaram sobras

de aço nas obras; também se fez uso da argamassa industrializada pronta para mistura presente em 71% das obras e 14% utilizou a argamassa pronta para uso (argamassa estabilizada). As duas ações proporcionaram redução dos resíduos de argamassa por proporcionar um maior tempo de aplicação (AKBUULUT; GURER, 2007; BRAGANÇA; PORTELLA; TREVISOL, 2015), no caso da argamassa estabilizada pode chegar a 24 horas, de acordo com a obra estudada. Já a obra de edificações horizontais utilizava a argamassa convencional, visto que a utilização da argamassa industrializada estava em estudo para utilizada pela mesma.

O material reciclado para a execução foi destaque em 71% das obras, através do uso de chapas ecológicas de material reciclado para construção de tapumes, edificações provisórias nos canteiros e piso de bandejas de proteção. Utilizou-se também chapas de madeira reflorestada para fechamento de shafts. O uso de produtos que utilizam resíduos reciclados em sua fabricação merece na escolha por materiais ecológicos na construção civil por contribuírem com a redução da carga ambiental na destinação destes resíduos (WANG; LI; TAM, 2015; TAM; HAO, 2016). Destacou-se também a utilização de tubulações em PEX (tubulação flexível fabricada em polietileno reticulado), em 14% das obras, para execução de instalações de água fria, quente e gás de cozinha; este material, por ser flexível gera menos resíduos e necessita de menos conexões em relação às tubulações de PVC. Foi importante também a utilização de muros em placas pré-moldadas de concreto, em 28% das obras e pilares pré-moldados de concreto para instalação de caixas d'água em 14%, que por serem peças produzidas dentro de um parque fabril, estas eram transportadas conforme a necessidade das obras e chegavam prontas para a montagem, proporcionando benefícios como a agilidade de execução e redução de resíduos.

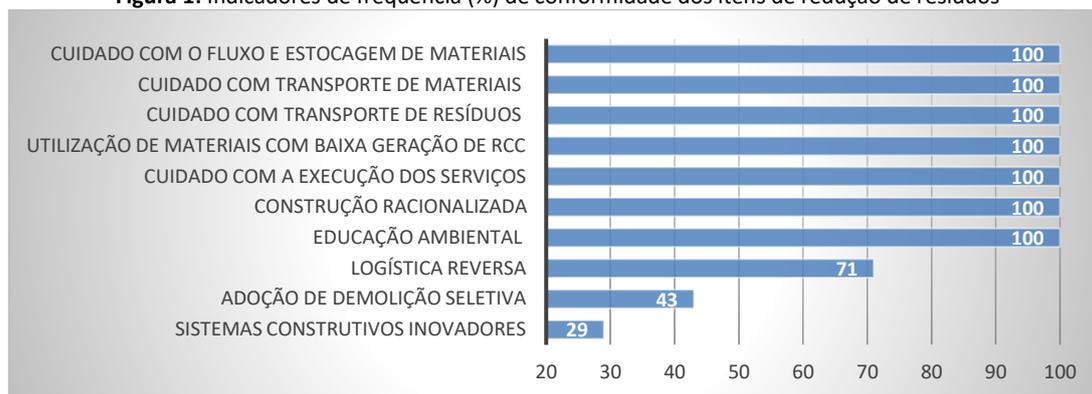
A construção racionalizada estava presente em todas as obras, através de projetos de alvenaria racionalizada (85%) com aplicação de blocos na vertical nos locais para a passagem de instalações, planejamento prévio da execução, projeto de produção, mão de obra treinada, utilização de família de blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na execução, contribuindo, desta forma, com a redução do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras. Fez-se uso também de paredes de concreto moldada *in loco* (15%) com divisórias internas de gesso acartonado. De acordo com Gehbauer (2004) e ABD (2018), os sistemas racionalizados além de aumentar a produtividade e a competitividade na construção civil, reduzem os desperdícios e os volumes de resíduos gerados nas obras, proporcionando ganhos para o meio ambiente. As obras apresentavam também como medida de redução dos RCC, o cuidado com a execução dos serviços e produção dos materiais dentro dos canteiros (100%), evitando a superprodução, através do planejamento para cada etapa de execução. Outra medida para a redução foi a utilização de caixas pré-definidas confeccionadas com resíduos de madeira para serem utilizadas na estrutura durante a concretagem e servirem de posterior passagem para instalações diversas, evitando desta forma perfurações e cortes da estrutura com geração de resíduos de concreto.

Como medida de gerenciamento dos resíduos, a educação ambiental, ministrada pela equipe de engenharia de qualidade das empresas, estava presente em 100% das obras estudadas, com o objetivo de conscientizar as equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) quanto à importância da gestão ambiental, para um canteiro limpo e organizado. Silva e Pertel (2020) citam que a educação ambiental ministrada aos trabalhadores nos canteiros de obras, proporciona uma maior prevenção de falhas no

planejamento das etapas de segregação, acondicionamento e transporte dos resíduos, além de contribuir com ganho social, já que o emprego do conhecimento adquirido não se restringe ao ambiente de trabalho, podendo ser aplicável no dia-a-dia das pessoas. A logística reversa foi implantada de 71% das obras estudadas, com o retorno para as empresas de fornecimento de materiais, como: sacos de cimento (57%), sacos de argamassa (57%) e peças de granito danificadas (14%). De acordo com Housseini et al. (2015) e Santos e Marchesini (2018), a logística reversa proporciona benefícios as empresas construtoras como a possibilidade de obter-se mais lucros com a redução dos custos de destinação e a possibilidade de comercialização dos resíduos; além de aspectos legais e melhoria de imagem junto aos consumidores. A demolição seletiva estava presente em 43% das obras na execução dos canteiros, para Gangoells et al. (2014), pode-se reduzir os resíduos em obra introduzindo o sistema de desconstrução ou demolição seletiva, ou seja, buscando-se projetar a desmontagem do edifício no sistema inverso da construção, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização e reciclagem.

Os sistemas construtivos inovadores, estavam presentes em 29% das obras, sendo eles: fachadas ventiladas na obra B2 e fôrmas metálicas incorporadas e estaca terra-probe sem adição de material na obra C, estes três sistemas proporcionaram obras mais limpas e execuções mais enxutas, com pouca geração de resíduos (FREITAS et al., 2015; BEZERRA, 2018). Para Mendes, Morais e Brandão (2016) e Bezerra (2018), nas obras de fachadas ventiladas o impacto ambiental é bem menor quando comparado ao revestimento tradicional, por apresentar estruturas moduladas que são fixadas à estrutura por meio de chumbamento, parafusos e estruturas metálica leves, além de não necessitarem da execução de todas as etapas que envolvem as fachadas convencionais de pastilhas como chapisco e emboço. As fôrmas metálicas incorporadas, são compreendidas de uma estrutura metálica nervurada com orifícios onde são montadas juntamente com armações, que são incorporadas a estas, tornando-se parte da estrutura; apresentavam como vantagem o não reaproveitamento do material, por não serem realizadas desformas e por não necessitarem da guarda e descarte de peças usadas, como acontece com as fôrmas de madeira que se transformam em resíduos no pós obra, o que garante a sustentabilidade do produto (FREITAS et. al., 2015). A estaca de Terra-probe sem adição de material consiste em um método de compactação do solo que utiliza como principais ferramentas um vibrador e um tubo de diâmetro específico, que mediante vibrações verticais, introduz o tubo no solo com o objetivo de densificação do terreno, sem injeção de água ou material melhorado (AMORIM, 2019). Esta estaca sem adição de material constitui em método sustentável por não necessitar de materiais granulares em comparação às estacas de melhoramento de solo convencionais e não geram resíduos de construção em comparação estacas pré-moldadas de concreto que necessitam do arrasamento das “cabeças” de estacas. A Figura 1 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de redução de resíduos encontrados nas obras estudadas.

**Figura 1:** Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de redução de resíduos



Fonte: Autores.

Diante do exposto a adoção de medidas de redução dos resíduos por parte das empresas consiste em uma etapa importante para a mudança do paradigma e o fortalecimento do aprendizado da indústria da construção civil, uma vez que prepara e capacita as empresas e seus colaboradores para um novo cenário de exigências legais, comerciais e ambientais voltadas para o desenvolvimento sustentável (DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

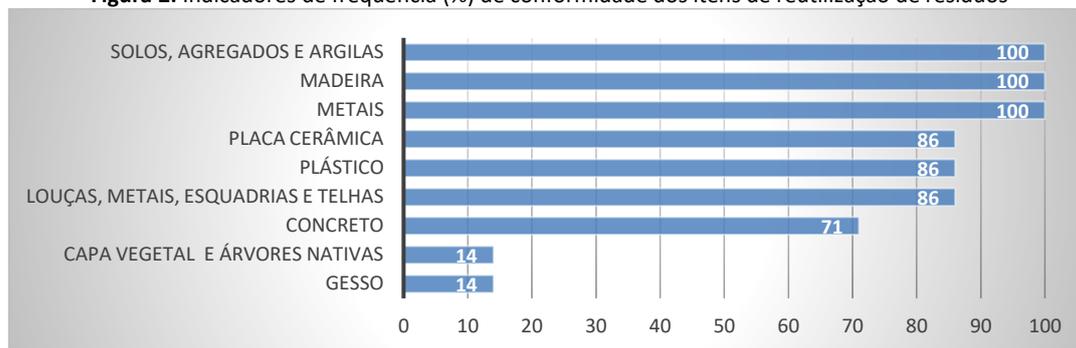
### 3.2 Análise das ações de reutilização

A análise das ações de reutilização, contemplam as boas práticas para os materiais encontrados na execução das obras estudadas, como: madeira, placas cerâmicas, plástico, louças sanitárias, gesso, metais e agregados. Com relação às ações de reutilização, os resíduos de solos, agregados e argilas; madeira e metais foram aproveitados em 100% das obras estudadas. Seguidos dos resíduos de placas cerâmicas, plástico, louças e metais sanitários (86%), dos de concreto (71%) e por fim os resíduos de gesso, capa vegetal e árvores nativas que corresponderam à 14% de reutilização.

A principal aplicação para os resíduos de madeira foi para a confecção de fôrmas para a passagem de instalações diversas antes das concretagens, instalação em bandejas e utilização em sinalizações, já os resíduos de cerâmica eram utilizados para fabricação de trinchos; as louças e metais sanitários, assim como as esquadrias e telhas eram aproveitados na construção de novos canteiros de obras; os resíduos de concreto para fabricação de vergas e contravertas, além de reaterros; os de solo e materiais granulares em geral no nivelamento de terrenos; os metálicos na confecção de bandejas de proteção das próximas obras e os de plástico para o armazenamento de materiais.

Os resíduos de gesso (placas de gesso acartonado) foram reutilizados para o fechamento de shafts e readequação em áreas comuns (14%) das obras; nas demais obras o gesso não apresentou nenhum tipo de reutilização e os resíduos de capa vegetal e árvores nativas foram reutilizados no paisagismo da construção, 14% das obras. De acordo com Bertol (2015) a prática das ações de reutilização dos RCC reduz a quantidade de matéria-prima necessária à construção das edificações e diminui a poluição, por reduzir a carga ambiental em decorrência da destinação final desses; além de proporcionar redução das despesas, por partes das empresas, com a destinação desses aos aterros de RCC. A Figura 2 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de reutilização de resíduos.

**Figura 2:** Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reutilização de resíduos



Fonte: Autores.

### 3.3 Análise das ações de reciclagem

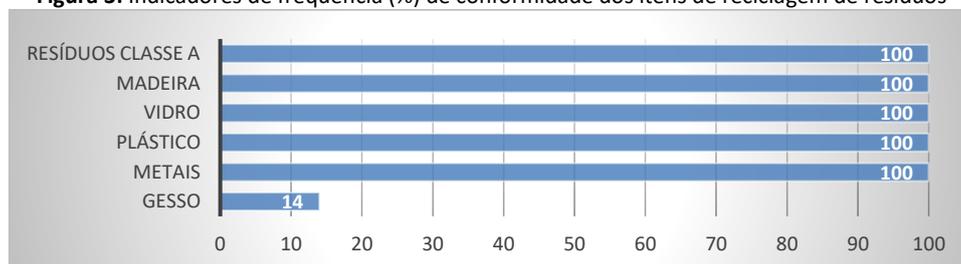
A análise das ações de reciclagem, por sua vez, contemplou as boas práticas para os materiais encontrados nas obras estudadas, como: madeira, placas cerâmicas, plástico, louças sanitárias, gesso, metais e agregados. Com relação às ações de reciclagem, apenas a obra D realizava esta atividade dentro do canteiro de obras, nas demais ficava a cargo das empresas selecionadas para destinação final (Aterro de RCC). Nesta obra, era realizada a reciclagem da maior parte dos resíduos de classe A, por meio do tratamento com triagens caso estivessem misturados e após este processo, estes eram triturados no local através de britadores de rocha que os transformavam em agregados para serem reutilizados posteriormente em aterros e nivelamentos de ruas dentro da obra.

Os resíduos de classe A que não poderiam ser reutilizados eram encaminhados então para aterros de RCC. A empresa citou também não aplicar o gesso, nem no revestimento nem no forro das casas, pois nestas o revestimento era realizado com massa PVA com posterior pintura e a cobertura era confeccionada em estrutura metálica com telha. Todas as obras encaminhavam os resíduos para aterros específicos de resíduos da construção civil, que executavam o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002 (BRASIL, 2002), como areia, brita, rachão (Exceto a obra D) e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração), para pôr fim serem comercializados. As obras B1, B2 e C citaram encaminhar a maior parte dos resíduos de madeira para comerciantes locais, para serem utilizadas como lenha par fornos, e a parte restante seguia para os aterros de RCC. Outra informação importante é que a obra F encaminhava a maior parte dos resíduos de plástico, papelão, papel, madeira e vidro, para associação de catadores, que produzia e comercializava fardos destes materiais como matéria-prima para indústrias de processamentos diversos, e a parte restante seguia para os aterros de RCC. Nas demais estes resíduos eram encaminhados exclusivamente, para os aterros de RCC. A obra E (14%) que encaminhava os resíduos de gesso para agricultores locais, onde eram reciclados e utilizados como fertilizantes.

Gangoells (2014) destaca que a reciclagem dos RCC traz inúmeros benefícios econômicos e ambientais, pois minimizam a extração de recursos naturais, além de diminuir os níveis de poluição no meio ambiente através da transformação dos resíduos em novos materiais.

A Figura 3 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de reciclagem de resíduos.

**Figura 3:** Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reciclagem de resíduos



Fonte: Autores.

### 3.4 Diretrizes e ações propostas

As diretrizes consistem nas orientações que devem balizar a condução das ações propostas. De acordo Barros (1996), Lordsleem Jr. (2002), Carneiro e Rabbani (2018), as diretrizes buscam direcionar o encaminhamento das ações para que o resultado final tenha maiores possibilidades de sucesso. Já as ações, devem ser contempladas num plano (documento), através do qual são identificadas as atividades a serem realizadas, necessárias para atingir o objetivo. Para o detalhamento do plano que contempla as ações propostas para a implantação dos 3R's foi utilizada a ferramenta da qualidade 5W2H, cuja sistematização permite melhor organizar as informações necessárias. Daychoum (2007) afirma que esta ferramenta consiste em basicamente fazer perguntas no sentido de obter as informações que servirão de apoio ao planejamento de uma forma geral. A quantidade e a complexidade das ações para a implantação dos 3R's apresentadas no Quadro 3, foram aquelas cuja percepção e/ou frequência de utilização resultaram em benefícios qualitativos e quantitativos para, pelo menos, minimizar a geração de resíduos.

**Quadro 3:** Plano de ação proposto para a aplicação dos 3R's na construção de edifícios considerando a ferramenta, 5W2H.

AÇÃO (what)	PORQUE (why)	PRAZO (When)	ONDE (Where)	QUEM (who)	DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES (how)	INVESTIMENTO (how Much)
Escolha dos processos construtivos	Redução de resíduos	Longo prazo	Serviços executados nas obras	Direção e equipe técnica da empresa construtora	Escolha por processos construtivos racionalizados como a alvenaria racionalizada, que por apresentar projeto específico e mão de obra treinada, evita-se a geração de resíduos; pode-se citar também a utilização de paredes de concreto moldadas em <i>in loco</i> e o uso da argamassa projetada; além da opção por tecnologias inovadoras para a construção de edifícios que venham a contribuir com a aplicação dos 3'Rs.	Não se aplica

<b>AÇÃO (what)</b>	<b>PORQUE (why)</b>	<b>PRAZO (When)</b>	<b>ONDE (Where)</b>	<b>QUEM (who)</b>	<b>DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES (how)</b>	<b>INVESTIMENTO (how Much)</b>
<b>Escolha de materiais utilizados na execução de obras</b>	Redução de resíduos	Longo prazo	Materiais utilizados nas obras	Direção e equipe técnica da empresa construtora	Escolha por materiais industrializados e/ou ecológicos como por exemplo: o uso de argamassas industrializadas pronta para a aplicação (argamassa estabilizada); aço cortado, dobrado e montado, pois ambos chegam na obra pronto para a utilização; tijolos ecológicos.	Não se aplica
<b>Produção de materiais no canteiro de obras</b>	Redução de resíduos	Curto prazo	Serviços executados nas obras	Equipe de produção do canteiro de obras (Encarregados e operários)	Controle da produção através do planejamento para cada etapa de execução da obra e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma, o desperdício e a superprodução.	Não se aplica
<b>Fluxo e estocagem de materiais</b>	Redução de resíduos	Curto prazo	Serviços executados nas obras	Equipe de administração do canteiro de obras (Engenheiro e Almoхарife)	Controle do armazenamento dos materiais através da opção por estoques enxutos, que são possíveis através da compra planejada, sendo estes, entregues de acordo com a necessidade da obra, facilitando desta forma o fluxo e disposição destes dentro do almoxarifado, evitando, portanto, o estrago por mal armazenamento.	Não se aplica
<b>Transporte de materiais e resíduos no canteiro de obras</b>	Redução de resíduos	Curto prazo	Equipamentos utilizados nas obras	Equipe de produção do canteiro de obras (Encarregados e operários)	Deve-se utilizar o equipamento correto para cada material como o uso de transportes horizontais como: carros de mão, jericas, porta paletes e o uso dos transportes verticais como elevadores de carga, guias e guindastes; além dos específicos para o transporte de resíduos como os tubos coletores de queda.	Não se aplica
<b>Gerenciamento dos resíduos</b>	Redução de resíduos	Médio prazo	Serviços e materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e Qualidade do canteiro de obras (Engenheiro civil e de Qualidade)	Deve-se aplicar nos canteiros a educação ambiental, através de palestras com o objetivo de orientar e conscientizar as equipes de produção sobre a importância do gerenciamento ambiental dos resíduos. Outra boa prática é a utilização da logística reversa das embalagens como sacos de cimentos, argamassas, recipientes metais ou plásticos, placas de granito, contribuindo, desta forma com a redução dos RCC na destinação final.	Não se aplica

<b>AÇÃO (what)</b>	<b>PORQUE (why)</b>	<b>PRAZO (When)</b>	<b>ONDE (Where)</b>	<b>QUEM (who)</b>	<b>DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES (how)</b>	<b>INVESTIMENTO (how Much)</b>
<b>Reutilização de resíduos de solos, areia e argila</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Utilização em aterros ou reaterros. Reutilização dos resíduos de solos, areia e argila em obras viárias.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Rochas</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Construção de muros de arrimo e execução de jardins.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Rochas Britadas</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Substituição total ou parcial aos agregados convencionais (como a areia, seixo, pedra britada e pó de pedra) na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de vedação.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Blocos cerâmicos, concreto, areia e brita</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Bases de pisos, enchimentos, pavimentação e concretos sem função estrutural. Reutilização dos resíduos de concreto para nivelar o canteiro de obras. Os restos de cerâmicas e pisos podem ser reutilizados em outros pisos, em trabalhos artísticos como mosaicos, em bordas de espelho, em bordas de escada, ou em paredes.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Madeira</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Podem ser utilizadas em reforma de formas, escoras, travamentos, cercas, portões, sinalizações e baias. Combustível em fornos ou caldeiras. Fabricação de caixas para passagem de instalações em elementos estruturais. Podem ser utilizadas também em andaimes quando em bom estado.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Placas de gesso acartonado</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Readequação em área comum, com fechamentos de shafts.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Gesso</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Revestimento e artefatos para a reciclagem feita pelas empresas de reciclagem e pela indústria gesseira.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Plástico</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Para os acondicionamentos de outros materiais caso não estejam contaminados.	Não se aplica

<b>AÇÃO (what)</b>	<b>PORQUE (why)</b>	<b>PRAZO (When)</b>	<b>ONDE (Where)</b>	<b>QUEM (who)</b>	<b>DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES (how)</b>	<b>INVESTIMENTO (how Much)</b>
<b>Reutilização de resíduos de louças e metais sanitários, esquadrias e telhas</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Reutilização em instalações provisórias ou em novas construções.	Não se aplica
<b>Reutilização de resíduos de Metal</b>	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Os resíduos de metal podem ser reutilizados em outras obras, para confecção de tapumes, bandejas de proteção e andaimes.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Concreto</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Como agregados em obras de pavimentação, fabricação de areia reciclada, fabricação de pré-moldados, misturas asfálticas.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Resíduos Mistos</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Conservação e pavimentação de vias urbanas.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Agregados</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Material drenante em drenos profundos rodoviários, pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Cerâmica vermelha</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Novos tijolos e para produção de agregados na construção de pavimentos.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Alvenaria</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Concreto leve com alto poder de isolamento térmico e fabricação de novos tijolos.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Madeira</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Pode ser reciclada e utilizada pela indústria de papel e papelão ou pode ser reciclada na construção de casas e móveis.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Vidro</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Mármore</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Concreto asfáltico.	Não se aplica

AÇÃO (what)	PORQUE (why)	PRAZO (When)	ONDE (Where)	QUEM (who)	DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES (how)	INVESTIMENTO (how Much)
<b>Reciclagem de resíduos de Granito</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	materiais alternativos para a produção de argamassas.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Metais</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	fabricação de telhas metálicas, sapatas ou pré-moldados.	Não se aplica
<b>Reciclagem de resíduos de Gesso</b>	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	fabricação de novas chapas de drywall; indústria cimenteira; utilização na indústria agrícola como corretivo de solo; produção de fertilizantes e aditivo em processos de compostagem e artefatos para a reciclagem de gesso.	Não se aplica

Fonte: Autores.

As diretrizes e as ações propostas apresentadas nesta pesquisa possibilitam a aplicação de medidas práticas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos na construção de edifícios, contribuindo diretamente na minimização, da geração de RCC e a diminuição da carga ambiental na destinação final. As ações propostas, devem ser complementadas com o estudo específico de outras atividades que possam ser executadas de acordo com a necessidade de cada obra, como a escolha de outros sistemas e processos construtivos aplicados na execução de edifícios e/ou inovações na execução das obras ou gerenciamentos dos resíduos, que venham a contribuir com a aplicação dos 3R's.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se, através dos resultados obtidos na revisão bibliográfica e nos estudos de casos, que foi possível melhorar a gestão dos resíduos nos canteiros de obras, através da adoção de práticas de redução, reutilização e reciclagem que auxiliem no tratamento ambientalmente adequado dos RCC. Foi possível identificar, como importantes contribuições para a redução de resíduos da construção civil nas obras investigadas, as seguintes ações: execução da construção racionalizada, uso da argamassa estabilizada; implantação da logística reversa, utilização de sistemas construtivos inovadores como: fachada ventilada, fôrmas incorporadas, fundação e colunas de compactação pela técnica terra-probe sem introdução de material. As ações de redução foram o objetivo prioritário das empresas construtoras, por contribuir com a manutenção da gestão ambiental, com canteiros limpos e organizados, além de diminuir o consumo de recursos materiais na execução das obras.

Com relação às ações de reutilização de resíduos, foram identificadas, principalmente, as seguintes: reutilização de resíduos de concreto, tijolo e argamassa para nivelar o canteiro de obras, reutilização de resíduos de madeira para construções provisórias no canteiro, reutilização de resíduos de cerâmica para produção de trinchos e soleiras no canteiro. A reciclagem foi realizada pelos aterros de RCC, áreas de reciclagem e cooperativas de catadores, devidamente

licenciados, nos quais foi realizada a reciclagem com tratamento ambientalmente adequado, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, aos resíduos. Dessa maneira, a sistematização de ações de redução, reutilização e reciclagem que foi realizada nesta pesquisa por meio da revisão bibliográfica e da pesquisa de campo, contribui para a elaboração de diretrizes sobre as boas práticas para aplicação dos 3R's na construção de edifícios. Ações, estas, podem ser replicáveis para a melhoria dos canteiros de obras, no que se diz respeito a gestão de resíduos da construção civil.

## Referências

AKBULUT, H.; GÜRER, C. (2007). Use of aggregates produced from marble quarry waste in asphalt pavements. *Building and Environment*, 42, 5 (2007).

AMORIM, M. D. P. **Proposta de Modelo de Transferência de Carga de Fundação Superficial em Terreno Melhorado com Estacas de Compactação**, 2019. 169f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil), Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, pp. 34-58, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Encontro Nacional das Usinas de Reciclagem de RCD apresenta dados inéditos sobre a reciclagem de entulho no Brasil - Pesquisa setorial 2020**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acesso em: 7 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil – 2021**. Disponível em: [https:// https://abrelpe.org.br/panorama/](https://abrelpe.org.br/panorama/). Acesso em: 25 junh. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL (ABD). **Tudo o que você precisa saber sobre drywall**. São Paulo, 2018.

BARROS, M. M. S. B. **“Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.”**1996.454p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP, 1996.

BERTOL, M. **Estudo dos Impactos da Reutilização de Resíduos da Construção Civil**. 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, Brasil.

BEZERRA, L. F. M. H. **Revestimentos externos em edificações: uma abordagem comparativa entre fachadas utilizando-se pastilhas cerâmicas e fachadas ventiladas sob a ótica do custo**, 2018. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina.

BRAGANÇA, M. O. G. P; PORTELLA K. F.; TREVISOL JR., L. A. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada, dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. *In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 11, Porto Alegre. **Anais Eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/482>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica** 61, Teresina, v. 61, n. 358, p. 178–189, 2015.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos para a Gestão dos Resíduos de Construção Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 03 set. 2020.

CARNEIRO, M. O.; RABANNI, E. R. K. proposta de estrutura e diretrizes sustentáveis para projetos de construção aplicáveis em construtoras de pequeno porte. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.10, n.2, p.117-131, 2018.

CASTRO, A. A. Avaliação do ciclo de vida dos materiais como ferramenta para a gestão dos resíduos na indústria da construção civil. **Revista educação ambiental em ação**, n.65, 2018.

DAYCHOUM, M. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DONDO, M. V. M. Avaliação da gestão de resíduos da construção civil em Cuiabá e Várzea Grande. **Revista DAE**, 2017.

DUARTE, S. T. F.; MACHADO, B. A.; PASCHOALIN FILHO, J. A. Inovação tecnológica no gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC) na cidade de Guarulhos: estudo de caso usina de reciclagem de entulho. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, v 07, n. 53, 2019.

FREITAS, A. N.; JESUS, B. S.; COSTA, J. F.; SANTOS, T. S. **Sistemas de Fôrma para Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso com Utilização de Fôrma Metálica Perdida**. 2015. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Capixaba da Serra, Serra.

GANGOLELLS, M.; CASALS, M.; FORCADA, M.; MACARULLA, M. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. **Resources, conservation and recycling**, v. 93, p. 99-111, 2014.

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil**. Recife: Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. Atlas. São Paulo, 2017.

HOUSSEINI, M. R.; RAMEEZDEEN, R.; CHILESHE, N.; LEHMANN, S. Reverse logistics in the construction industry. **Waste Management & Research**, 33 (6), P. 499-514, 2015.

LINS, E. J. M. **Banco de dados de indicadores de resíduos de construção e demolição (RCD) procedentes de edificações na cidade do Recife**. 2020. 240p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2020.

LORDSLEEM, JR. A. C. **“Metodologia para capacitação gerencial de empresas subempreiteiras”**, 2002.288p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP, 2002.

MENDES, S.; MORAIS, F.; BRANDÃO, D. **Sistemas para fachadas ventiladas um estudo comparativo**. Porto: CESAP – Cooperativa de Ensino Superior Artístico do Porto, 2016. 41 p.

SANTOS, M. H.; MARCHESINI, M.M. P. Logística reversa para a destinação ambientalmente sustentável dos resíduos de construção e demolição (RCD). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**. v. 8, n. 2, p. 67-85, maio 2018.

SILVA, C., PERTEL, M. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: proposta de um plano de gerenciamento para reforma. **Revista Boletim do Gerenciamento**, Rio de Janeiro, n. 14, 2020.

SILVA, F.C.; SANTOS, F.F.; KLAMT, R.A. Ações para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos gerados na construção de edificações. **RESMA**, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2015.

TAM, V. W. Y; HAO, J. J. L. Attitudes towards recycling on construction sites. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management**. Thomas Telford Ltd, 2016. p. 131-136.

VILLORIA SÁEZ, P.; MERINO, M. D. R.; AMORES, C. P.; GONZÁLES, A. S. A. Assessing the accusations of construction waste generation during residential building construction works. **Rasoures. Conservation and Recycling**, v. 93, p. 67-74, 2014.

WANG, J.; LI, Z.; TAM, V. W. Y. Identifying best design strategies for construction waste minimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p.237-247, 2015.