UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

FLÁVIA MAICHAKI KNYSAK

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT OBRA LIMPA PARA APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DO PGRCC EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

PONTA GROSSA
2026

FLÁVIA MAICHAKI KNYSAK

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT OBRA LIMPA PARA APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DO PGRCC EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador(a): Prof.(ª) (Dr.ª) Patrícia Kruger

PONTA GROSSA

2026

FLÁVIA MAICHAKI KNYSAK

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT OBRA LIMPA PARA APOIO AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr.ª Patrícia Kruger

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

_____

Prof. Dr. Elias Pereira

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

_____

Prof.ª Dr.ª Eloise Aparecida Langaro

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa, ___ de _____ de 2026

RESUMO

A construção civil apresenta elevado consumo de recursos naturais e significativa geração de resíduos, tornando necessária a adoção de estratégias que promovam maior eficiência no gerenciamento dos resíduos da construção civil (RCC). Embora o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) estabeleça diretrizes para o gerenciamento desses resíduos, sua efetiva incorporação à rotina dos canteiros pode apresentar dificuldades, especialmente em obras residenciais. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um Kit Obra Limpa como instrumento técnico-operacional para apoiar a implementação do PGRCC em uma obra de uma residência unifamiliar, integrando ações de gerenciamento, prevenção e controle de perdas e valorização dos resíduos. Foram realizados o desenvolvimento do projeto arquitetônico, a modelagem da edificação em ambiente Building Information Modeling (BIM), a quantificação de materiais e a estimativa da geração potencial de referência a partir de índices de perdas obtidos na literatura. Para os cinco grupos de materiais analisados, foi estimada uma geração potencial de referência de 13,41 m³ de RCC, com maior participação dos blocos cerâmicos, da madeira para fôrmas e do chapisco e emboço. A partir da identificação das situações potenciais de perdas e das necessidades de gerenciamento, foram desenvolvidos instrumentos organizados em três níveis progressivos e cumulativos: Nível 1 – Gestão básica, Nível 2 – Prevenção e controle e Nível 3 – Gestão integrada e valorização. A aplicação simulada demonstrou a correspondência dos instrumentos com as principais situações identificadas no estudo de caso, indicando seu potencial como suporte à organização do canteiro, prevenção de perdas, segregação, registro e aproveitamento de materiais e resíduos. Entretanto, por se tratar de uma edificação ainda não executada, não foi possível avaliar a geração real de RCC ou a efetividade quantitativa do Kit.

Palavras-chave: resíduos da construção civil; PGRCC; gerenciamento de resíduos; BIM; sustentabilidade; canteiro de obras.

ABSTRACT

The construction industry has high consumption of natural resources and significant waste generation, making it necessary to adopt strategies that promote greater efficiency in construction and demolition waste (CDW) management. Although the Construction and Demolition Waste Management Plan (PGRCC) establishes guidelines for waste management, its effective incorporation into construction site routines may present difficulties, particularly in residential projects. In this context, this study aimed to develop a Clean Construction Kit as a technical-operational instrument to support the implementation of the PGRCC in a single-family residence, integrating waste management, loss prevention and control, and waste valorization actions. The research is characterized as applied, with a predominantly qualitative approach and the use of quantitative data, developed through bibliographic and documentary research and a project-based case study. The architectural design was developed, the building was modeled in a Building Information Modeling (BIM) environment, material quantities were obtained, and the potential reference generation of waste was estimated based on loss rates obtained from the literature. For the five material groups analyzed, a potential reference generation of 13.41 m³ of CDW was estimated, with the largest contributions corresponding to ceramic blocks, formwork timber, and plastering and rendering. Based on the identification of potential loss situations and management requirements, instruments were developed and organized into three progressive and cumulative levels: Level 1 – Basic management, Level 2 – Prevention and control, and Level 3 – Integrated management and valorization. The simulated application demonstrated the correspondence between the instruments and the main situations identified in the case study, indicating their potential to support construction site organization, loss prevention, waste segregation, record keeping, and the reuse of materials and waste. However, since the building has not yet been constructed, it was not possible to assess the actual generation of CDW or the quantitative effectiveness of the Kit.

Keywords: construction and demolition waste; PGRCC; waste management; BIM; sustainability; construction site.

"The scary news is, you're on your own now. But the cool news is, you're on your own now."

-Taylor Swift

AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui significa encerrar um capítulo muito importante da minha vida, marcado por aprendizados, desafios e crescimento. Esta conquista leva meu nome, mas também carrega o apoio e o carinho de todos que tornaram essa jornada mais leve. A cada um, minha sincera gratidão.

Agradeço, primeiramente, à Deus por me dar forças nos momentos em que nem eu mesma acreditava que conseguiria. Sou grata por cada oportunidade, por cada aprendizado e por todas as pessoas que fizeram parte desse caminho.

À minha orientadora, agradeço pela dedicação, paciência e por todo o conhecimento compartilhado. Obrigada por me acompanhar nesta etapa tão importante, contribuindo não apenas para a realização deste trabalho, mas também para a minha formação. Levarei comigo os aprendizados dessa jornada.

À minha mãe e ao meu pai, agradeço por todo o apoio que me deram desde a infância. Obrigada por sempre me incentivarem a estudar, mas, acima de tudo, por fazerem isso sem cobranças excessivas, respeitando meu tempo e minhas escolhas. Todo esse apoio, carinho e compreensão foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus avós, agradeço por serem meu porto seguro e minha calmaria. Ter vocês tão perto de mim é um presente pelo qual sou muito grata. Em especial, à minha avó, obrigada por me ensinar a viver com alegria mesmo nos momentos mais difíceis e por, assim como minha mãe, rezar todos os dias por mim e pela minha trajetória. Ao meu avô, agradeço por todo o cuidado e por ter me proporcionado o carro que me acompanhou diariamente até a faculdade, tornando minha rotina mais fácil ao longo desses anos. Sou muito feliz por ter vocês em minha vida e por contar com tanto amor e apoio em cada etapa da minha caminhada.

Ao Murilo, agradeço por ter sido muito mais do que meu namorado. Você foi meu melhor amigo, meu colega de sala e meu apoio nos momentos mais difíceis. Obrigada por ser meu ombro para chorar, por me ouvir, me acolher e me ajudar a continuar quando eu mais precisava. Dividir essa jornada com você tornou tudo mais especial, e sou muito feliz por estarmos chegando ao fim dessa etapa juntos.

À minha madrinha, às minhas primas e a toda a minha família, agradeço por todos os momentos em que pude contar com vocês, não apenas ao longo da graduação, mas durante toda a minha vida. Esta conquista também é de vocês!

À todas as minhas amigas que conquistei desde o infantil à faculdade, obrigada pelo carinho, pela torcida e por tornarem a vida mais leve, sou grata por cada uma de vocês na minha vida. À Gabi, minha melhor amiga, um agradecimento especial por estar comigo em todas as fases da minha vida, me apoiando e acompanhando minha trajetória. Sou muito feliz por ter sua amizade e por poder dividir mais esse momento com você.

À minha cachorrinha Babalu, que já não está fisicamente comigo, mas continua presente no meu coração, agradeço pelo amor e pela companhia que fizeram parte da minha vida. Gostaria que você estivesse aqui para viver esse momento comigo, mas levarei para sempre as lembranças e todo o amor que compartilhamos.

Concluir essa etapa é a realização de um sonho e o encerramento de um ciclo muito importante da minha vida. Levo comigo os aprendizados, as lembranças e, principalmente, a gratidão por todas as pessoas que estiveram ao meu lado. Esta conquista também é de vocês.

Dedico este trabalho aos meus pais e avós, por todo o amor e apoio, e à minha Babalu, que estará para sempre em meu coração. Esta conquista também é de vocês.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas metodológicas da pesquisa……. 33
Figura 2 - Projeto arquitetônico…….. 44
Figura 3 - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).....68
Figura 4 - Manual Obra Limpa…… 69
Figura 5 - Organização do canteiro……70
Figura 6 - Planilha de controle preventivo……70
Figura 7 - Plano de Reaproveitamento e Reciclagem…… 71
Figura 8 - Sistema de Sinalização e Segregação……... 71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conversão de unidades……...36
Quadro 2 - Situações potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento identificados no estudo de caso……56
Quadro 3 - Síntese dos níveis do Kit Obra Limpa……...62
Quadro 4 - Instrumentos integrantes do Kit Obra Limpa, finalidades e requisitos atendidos…… 64
Quadro 5 - Aplicação simulada dos instrumentos do Kit Obra Limpa às situações potenciais identificadas……... 73
Quadro 6 - Possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais e resíduos do estudo de caso……... 80

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – índices de perdas dos materiais..... 24
Tabela 2 – Coeficientes de perdas de materiais adotados na pesquisa..... 37
Tabela 3 - Quantitativos líquidos de projeto e estimativa da geração potencial de referência.....49
Tabela 4 - Resumo da participação de RCC..... 52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO..... 13
1.1. OBJETIVOS..... 16
1.2. JUSTIFICATIVA..... 16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 19
2.1 SUSTENTABILIDADE NO CANTEIRO DE OBRAS..... 19
2.1.1 Conceitos e importância da sustentabilidade na construção civil..... 19
2.1.2 Aplicação da sustentabilidade em canteiro de obras..... 21
2.2 GESTÃO EFICIENTE DE RESÍDUOS..... 23
2.2.1 Princípios e desafios da gestão de resíduos na construção civil..... 23
2.2.2 Indicadores de perdas na construção civil..... 24
2.2.3 O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)..... 26
2.3 METODOLOGIA BIM..... 27
2.3.2 Aplicação do BIM na gestão de resíduos da construção civil..... 29
3. METODOLOGIA..... 32
3.1 DEFINIÇÃO DO TIPO DE PESQUISA..... 32
3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS..... 33
3.2.1 Fundamentação técnica e normativa..... 35
3.2.2 Desenvolvimento e caracterização do projeto arquitetônico..... 35
3.2.3 Quantificação de materiais..... 36
3.2.4 Estimativa da geração potencial de referência..... 38
3.2.5 Identificação das fontes potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento..... 39
3.2.6 Desenvolvimento e estruturação do Kit de Obra Limpa..... 40
3.2.7 Aplicação simulada do Kit ao estudo de caso..... 41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 43
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO..... 43
4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E GERAÇÃO POTENCIAL DE REFERÊNCIA..... 45
4.2.1 Blocos cerâmicos..... 46
4.2.2 Chapisco e emboço..... 46
4.2.3 Porcelanato de piso..... 47
4.2.4 Argamassa de assentamento..... 48
4.2.5 Madeira para fôrmas..... 48
4.2.6 Consolidação dos resultados..... 49
4.3 FONTES POTENCIAIS DE PERDAS E REQUISITOS DE GERENCIAMENTO..... 55
4.4 DESENVOLVIMENTO E ESTRUTURAÇÃO DO KIT OBRA LIMPA..... 61
4.4.1 Níveis de implementação do Kit Obra Limpa..... 61
4.4.2 Instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa..... 63
4.5 APLICAÇÃO SIMULADA DO KIT OBRA LIMPA AO ESTUDO DE CASO..... 71
4.5.1 Gerenciamento dos RCC..... 74
4.5.2 Prevenção e controle de perdas..... 74
4.5.3 Reutilização, reciclagem e valorização..... 76
4.6 ANÁLISE INTEGRADA DA PROPOSTA..... 80
5. CONCLUSÃO..... 83

1. INTRODUÇÃO

A construção civil vem apresentando crescimento acelerado ao longo das últimas décadas, desempenhando papel relevante no desenvolvimento econômico e social por meio da geração de empregos, da expansão da infraestrutura e da produção habitacional. Entretanto, esse crescimento também está associado a impactos ambientais significativos, especialmente em função do consumo intensivo de recursos naturais e do elevado volume de resíduos gerados durante as atividades construtivas. Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2025), os resíduos da construção e demolição correspondem a aproximadamente 60% do total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil.

Embora parte significativa desses materiais apresente potencial de reaproveitamento ou reciclagem, A gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obras ainda enfrenta desafios relacionados à segregação, ao controle e ao gerenciamento adequado desses materiais. Vieira et al. (2019), ao investigarem a gestão de resíduos em obras na cidade de Recife-PE, identificaram problemas relacionados à organização documental, à ausência de dados completos sobre a geração de resíduos, à falta de mão de obra específica para o gerenciamento e à baixa priorização dessas atividades nos canteiros. Nesse contexto, a legislação brasileira estabelece diretrizes para o gerenciamento dos RCC, incluindo a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), que dispõe sobre a classificação e o gerenciamento desses resíduos. No entanto, a existência de exigências normativas não assegura, por si só, sua aplicação efetiva durante a execução das obras.

Atualmente, diferentes medidas podem ser adotadas para auxiliar o controle dos resíduos nos canteiros de obras, como planilhas de acompanhamento, registros de transporte e destinação, além de procedimentos de segregação dos materiais. Entretanto, a ausência de procedimentos sistemáticos, aliada às dificuldades de organização e capacitação das equipes, pode comprometer a efetividade dessas ações. Em obras residenciais de pequeno porte, esses desafios também foram identificados por Garcez et al. (2020), que, ao analisarem três construtoras responsáveis pela execução de habitações populares, destacaram a

importância do planejamento desde a fase de projeto e do desenvolvimento de uma cultura organizacional e educativa voltada à adoção de práticas sustentáveis. Como conclusão, os autores ressaltaram a necessidade de aprimorar o gerenciamento dos resíduos por meio de ações planejadas e da conscientização dos profissionais envolvidos. Esse estudo evidencia a necessidade de ferramentas que auxiliem a incorporação do gerenciamento de resíduos às atividades cotidianas do canteiro.

Além do gerenciamento dos resíduos após sua geração, a redução dos impactos associados aos RCC requer a atuação sobre as próprias causas das perdas de materiais. Essas perdas podem ocorrer em diferentes etapas do processo construtivo, e sua estimativa pode ser realizada ainda na fase de projeto por meio da utilização de quantitativos de materiais associados a índices de perdas, conforme demonstrado por Oliveira et al. (2020). Dessa forma, o gerenciamento dos RCC pode incorporar uma abordagem preventiva, articulando o planejamento da obra e o controle dos materiais às práticas de segregação, reaproveitamento, reciclagem e destinação ambientalmente adequada. Essa abordagem permite distinguir as ações destinadas a evitar a geração de resíduos daquelas voltadas ao aproveitamento dos materiais remanescentes.

As decisões tomadas ainda na etapa de projeto também podem contribuir para a prevenção de perdas. Estratégias de racionalização construtiva, como a modulação dimensional, a padronização de elementos e a redução da necessidade de cortes e ajustes durante a execução, podem atuar sobre determinadas fontes de desperdício. Da mesma forma, a utilização do Building Information Modeling (BIM) permite organizar informações do projeto e obter quantitativos de materiais que podem subsidiar o planejamento e a estimativa da geração potencial de resíduos. Nesse sentido, Oliveira et al. (2020) demonstram a possibilidade de utilizar a modelagem BIM associada a índices de perdas para estimar a geração de resíduos da construção civil ainda na etapa de projeto, contribuindo para o planejamento de medidas de gerenciamento.

Diante da necessidade de aproximar as exigências normativas dos procedimentos necessários à gestão dos RCC nos canteiros de obras, este trabalho propõe o desenvolvimento do Kit Obra Limpa, composto por

instrumentos técnico-operacionais destinados a apoiar a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), a prevenção e o controle de perdas de materiais e o aproveitamento dos resíduos. Para o desenvolvimento da proposta, utiliza-se como estudo de caso o projeto de uma residência unifamiliar de médio padrão, modelada em ambiente BIM, com diretrizes de racionalização construtiva.

O Kit Obra Limpa é estruturado em três níveis progressivos e complementares de implementação. O primeiro contempla os requisitos básicos para a organização e o gerenciamento dos resíduos, por meio do PGRCC. O segundo incorpora instrumentos voltados à prevenção e ao controle das perdas ao longo do processo construtivo, incluindo orientações para a organização do canteiro e ferramentas de registro e acompanhamento. O terceiro amplia a abordagem para o reaproveitamento, a reciclagem e a valorização dos materiais remanescentes, por meio de procedimentos específicos e de recursos de sinalização e segregação. Essa estrutura busca integrar diferentes funções do gerenciamento dos RCC, sem pressupor percentuais uniformes de redução para materiais e processos com características distintas.

A contribuição do trabalho consiste em integrar, em uma única estrutura operacional aplicada ao estudo de uma residência unifamiliar, o PGRCC, a prevenção e o controle de perdas, a organização do canteiro, o registro das ocorrências e as estratégias de reaproveitamento, reciclagem e valorização dos materiais. A aplicação simulada permite demonstrar a articulação entre os instrumentos, identificar as situações às quais cada ferramenta se destina e discutir as condições necessárias à sua implementação. Entretanto, a efetividade das medidas propostas também depende de fatores externos ao Kit, como as condições reais do canteiro, a disponibilidade de recursos operacionais, o envolvimento dos responsáveis pela obra e a existência de serviços adequados de transporte e destinação dos resíduos. Assim, os resultados da simulação não permitem comprovar reduções efetivas na geração de resíduos, mas fornecem uma base para a futura aplicação e avaliação dos instrumentos em uma obra executada.

Diante desse contexto, o estudo busca responder à seguinte questão: como um conjunto de instrumentos técnico-operacionais pode apoiar a

implementação do PGRCC e a prevenção e o gerenciamento das perdas de materiais em uma obra residencial unifamiliar?

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Desenvolver um Kit Obra Limpa como instrumento técnico-operacional para apoiar a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) em obras residenciais unifamiliares, integrando ações de gerenciamento, prevenção e controle de perdas e valorização dos resíduos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar fatores associados à geração e ao gerenciamento de resíduos em obras residenciais, relacionando-os às etapas de recebimento, armazenamento, movimentação, execução, segregação e destinação dos materiais;
- Estimar a geração potencial de referência dos resíduos dos materiais selecionados no estudo de caso, a partir dos quantitativos do projeto e de índices de perdas obtidos na literatura;
- Desenvolver instrumentos técnico-operacionais para apoiar a implementação do PGRCC e organizá-los em níveis progressivos de gerenciamento, prevenção e controle de perdas e valorização dos resíduos;
- Aplicar de forma simulada o Kit Obra Limpa ao estudo de caso, relacionando suas ferramentas às fontes potenciais de perdas e aos fluxos de gerenciamento dos resíduos identificados;
- Analisar as contribuições, possibilidades de aplicação e limitações do Kit Obra Limpa para o gerenciamento de RCC em obras residenciais unifamiliares.

1.2. JUSTIFICATIVA

A geração de resíduos da construção civil representa um desafio relevante para a sustentabilidade do setor, tanto pelo volume de materiais envolvidos quanto pelos impactos associados ao consumo de recursos, ao

transporte, ao manejo e à destinação dos resíduos. No Brasil, a expressiva geração de RCC evidencia a necessidade de ações que não se restrinjam ao tratamento do resíduo após sua geração, mas que incorporem também estratégias de prevenção de perdas, reaproveitamento e valorização dos materiais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as diretrizes específicas aplicáveis aos RCC estabelecem uma hierarquia de ações que prioriza a não geração e a redução, seguida de alternativas de reutilização, reciclagem, tratamento e destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2010; CONAMA, 2002). A aplicação desses princípios no canteiro, entretanto, depende de sua tradução em procedimentos concretos de planejamento, execução, acompanhamento e registro.

Nesse contexto, o PGRCC constitui um instrumento importante para organizar o gerenciamento dos resíduos de uma obra. Sua efetividade, contudo, depende da capacidade de transformar as diretrizes previstas no plano em práticas incorporadas à rotina do canteiro. Em obras residenciais, especialmente aquelas com estrutura gerencial reduzida, instrumentos simples e diretamente aplicáveis podem contribuir para estabelecer responsabilidades, organizar fluxos, orientar equipes e registrar ocorrências relacionadas às perdas e aos resíduos gerados.

Outro aspecto relevante é a dificuldade de antecipar a quantidade de resíduos que será efetivamente produzida por uma obra ainda não executada. Índices de perdas disponíveis na literatura apresentam variações relacionadas aos materiais, sistemas construtivos, características das obras e condições de execução e gerenciamento. Assim, estimativas baseadas nesses indicadores devem ser compreendidas como referências analíticas, e não como previsões determinísticas da geração futura.

A utilização de quantitativos obtidos a partir do projeto permite, entretanto, estabelecer uma base de referência para identificar materiais com maior contribuição potencial para a geração de resíduos e direcionar ações específicas de prevenção e gerenciamento. Associada à análise das etapas em que as perdas podem ocorrer, essa abordagem possibilita aproximar a estimativa quantitativa da proposição de medidas operacionais aplicáveis ao canteiro.

Diante desse contexto, justifica-se o desenvolvimento do Kit Obra Limpa como instrumento técnico-operacional complementar ao PGRCC, estruturado para integrar ações de gerenciamento básico, prevenção e controle de perdas e valorização dos materiais. Sua aplicação simulada em uma residência unifamiliar permite demonstrar como essas ações podem ser incorporadas ao planejamento e à organização do canteiro, bem como identificar quais aspectos podem ser avaliados previamente e quais dependem de dados obtidos durante a execução real da obra.

A relevância do estudo reside, portanto, não na previsão de um percentual único de redução de resíduos, mas na proposição de uma estrutura operacional que permita planejar, registrar, acompanhar e posteriormente avaliar a geração e o gerenciamento dos RCC. Além de apoiar a implementação do PGRCC no estudo de caso, o Kit busca constituir uma referência passível de adaptação a outras obras residenciais com características semelhantes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE NO CANTEIRO DE OBRAS

A sustentabilidade na construção civil tem assumido crescente relevância devido aos impactos ambientais, sociais e econômicos associados às atividades do setor. No Brasil, a construção civil desempenha papel importante no desenvolvimento econômico, destacando-se pela geração de empregos, expansão da infraestrutura e produção habitacional. Em 2024, o setor apresentou crescimento de 4,3%, alcançando um Produto Interno Bruto (PIB) de R$359,5 bilhões (ABECIP, 2025). Entretanto, a expansão das atividades construtivas também está associada ao elevado consumo de recursos naturais e à significativa geração de resíduos.

Nesse contexto, o canteiro de obras representa um dos principais ambientes de ocorrência desses impactos, uma vez que concentra etapas relacionadas ao consumo de materiais, execução dos serviços e geração de resíduos da construção civil. Assim, a adoção de práticas sustentáveis nesse ambiente torna-se fundamental para reduzir desperdícios, otimizar recursos e melhorar o desempenho ambiental dos processos construtivos.

Dessa forma, compreender os princípios da sustentabilidade aplicados ao canteiro de obras é fundamental para o desenvolvimento de estratégias voltadas à redução de resíduos e à melhoria da gestão dos materiais utilizados na construção civil.

2.1.1 Conceitos e importância da sustentabilidade na construção civil

A sustentabilidade na construção civil é compreendida como um conjunto de práticas que buscam minimizar os impactos ambientais, sociais e econômicos das obras, integrando os três pilares da sustentabilidade (Campana *et al.*, 2022). Empreendimentos sustentáveis promovem o uso racional de recursos, buscando garantir qualidade de vida às gerações presentes e futuras. Nesse contexto, a urbanização acelerada tem gerado impactos ambientais significativos, como aumento da impermeabilização do solo, emissões de gases do efeito estufa e perda de biodiversidade, reforçando a necessidade de implementar edifícios e canteiros de obras mais sustentáveis (Santos; Ferreira, 2020).

Nesse sentido, a adoção de políticas e programas de gestão ambiental e de resíduos tem se mostrado fundamental para orientar as empresas no setor. Os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) consistem em práticas e procedimentos que permitem às empresas planejar, monitorar e melhorar continuamente seu desempenho ambiental, incluindo a gestão de resíduos e o uso eficiente de recursos (Santos et al., 2024).

Nesse contexto, a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) também pode contribuir para a sustentabilidade ao integrar informações dos projetos e permitir a extração de quantitativos de materiais, auxiliando no planejamento do consumo de recursos e na estimativa da geração de resíduos ainda na fase de projeto (Oliveira et al., 2020). Dessa forma, sua aplicação pode apoiar a identificação de oportunidades de prevenção de desperdícios e complementar as estratégias de gestão ambiental adotadas na construção civil.

A adoção de certificações como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA-HQE visa reconhecer formalmente edifícios que seguem critérios sustentáveis rigorosos, estimulando práticas construtivas ambientalmente responsáveis(Campana *et al.*, 2022). A certificação ambiental de edificações (CAE) surge como uma ferramenta estratégica para impulsionar práticas de gestão ambiental no setor, frequentemente associadas à implementação de Sistemas de Gestão Ambiental.

Entretanto, muitos profissionais ainda a percebem como um custo adicional ou uma formalidade burocrática, enquanto estudos demonstram que a adoção de tais sistemas traz benefícios concretos, incluindo economia de recursos, redução de impactos ambientais e valorização do empreendimento (Campana *et al.*, 2022). Essa diferença entre percepção e evidência prática evidencia desafios na efetiva implementação de estratégias ambientais no setor.

O planejamento e a execução de práticas sustentáveis em canteiros de obras são fundamentais para reduzir os impactos ambientais negativos causados pelas atividades de construção, promovendo o uso eficiente de recursos e o gerenciamento adequado de resíduos (Santos *et al.*, 2024). Além disso, é fundamental que empresas adotem práticas concretas que reflitam ações efetivamente aplicadas ao planejamento, execução e gestão da obra.

2.1.2 Aplicação da sustentabilidade em canteiro de obras

A aplicação de práticas sustentáveis nos canteiros de obras envolve ações concretas que buscam reduzir impactos ambientais e otimizar recursos. Entre essas medidas estão a redução de desperdícios, o reaproveitamento e a segregação de materiais, o controle do consumo de água e energia, e a correta destinação dos resíduos gerados. Ibrahim (2016) destaca que o desempenho do gerenciamento ambiental está diretamente relacionado ao planejamento antecipado e ao monitoramento contínuo das atividades. No contexto da sustentabilidade no canteiro de obras, essa abordagem evidencia a importância de incorporar práticas sustentáveis desde a fase de planejamento, por meio da organização do canteiro, da aquisição e do armazenamento adequados de materiais, da otimização do transporte interno e da adoção de medidas para prevenir a geração de resíduos e promover seu correto gerenciamento durante a execução da obra.

A adoção de práticas sustentáveis simples no canteiro de obras, como a segregação de resíduos, o controle do desperdício de materiais e a capacitação dos trabalhadores, contribui para a redução dos impactos ambientais e promove a eficiência econômica na construção civil (Ibrahim, 2016). Assim, percebe-se que um canteiro de obras sustentável não depende apenas de tecnologias avançadas, mas principalmente de gestão eficiente e comprometimento coletivo.

A implementação dessas medidas requer acompanhamento ao longo da execução da obra, uma vez que a ocorrência de perdas está associada não apenas ao tipo de material, mas também às condições de recebimento, armazenamento, movimentação e execução dos serviços. Dessa forma, o estabelecimento de procedimentos de controle e registro no canteiro pode contribuir para identificar ocorrências, suas possíveis causas e as ações adotadas, fornecendo informações para o acompanhamento e a melhoria das práticas de gerenciamento.

2.1.3 Estratégias de reaproveitamento e economia circular na gestão de resíduos

As estratégias relacionadas à circularidade na construção civil podem atuar em diferentes momentos do fluxo de materiais. Medidas adotadas nas fases de projeto, planejamento e execução podem contribuir para prevenir perdas e evitar a geração de resíduos, enquanto ações de reutilização, reciclagem e outras fôrmas de valorização atuam sobre materiais remanescentes e resíduos já gerados, reduzindo a necessidade de utilização de novos recursos e de encaminhamento para disposição final. She et al. (2024) destacam a importância da integração dessas estratégias ao longo das diferentes fases dos empreendimentos, incluindo decisões de projeto, modularidade, desmontagem e gestão dos materiais.

A economia circular propõe a reintegração dos materiais no ciclo produtivo, buscando evitar desperdícios e prolongar a vida útil dos recursos (She *et al*., 2024). No contexto da construção civil, essa abordagem pode ser aplicada por meio de estratégias como a segregação de resíduos no próprio canteiro, o reaproveitamento de materiais e a utilização de componentes reciclados. She *et al*. (2024), em um estudo realizado na Austrália, utilizaram uma abordagem qualitativa, baseada em 20 entrevistas com profissionais e especialistas e na análise de quatro estudos de caso de empreendimentos comerciais, para investigar estratégias de economia circular voltadas à minimização da geração de resíduos da construção e demolição. Entre as medidas identificadas, destacam-se a utilização do BIM para auxiliar o planejamento, o desenvolvimento de projetos que facilitem a desmontagem e o reaproveitamento de componentes, o emprego de elementos modulares e pré-fabricados, a segregação dos resíduos por meio de recipientes identificados e a reutilização de materiais provenientes de edificações existentes. Os autores concluíram que a incorporação dessas estratégias em todas as etapas do empreendimento, desde o planejamento até o fim da vida útil da edificação, pode contribuir para a redução da geração de resíduos e o melhor aproveitamento dos recursos. Essas práticas podem favorecer o aproveitamento de materiais e a redução dos impactos ambientais associados à construção civil.

A gestão eficiente de resíduos não deve ser tratada como um processo isolado, mas como parte integrante de uma visão mais ampla de planejamento e sustentabilidade. Quando associada a ferramentas tecnológicas de controle e análise, essa gestão pode alcançar níveis mais elevados de precisão e eficiência. Nesse contexto, o Building Information Modeling (BIM) pode atuar como ferramenta de apoio ao planejamento e ao gerenciamento das informações da obra, contribuindo para maior controle de custos, prazos e processos construtivos (Azhar *et al.*, 2008).

2.2 GESTÃO EFICIENTE DE RESÍDUOS

A gestão eficiente de resíduos é fundamental para a redução dos impactos ambientais associados à construção civil, setor caracterizado pelo elevado consumo de recursos naturais e pela geração significativa de resíduos sólidos (Mattes, 2019). Nesse contexto, o planejamento e a adoção de práticas adequadas de gerenciamento são essenciais para minimizar perdas e melhorar o desempenho ambiental dos empreendimentos (Ibrahim, 2016).

Diante disso, esta seção aborda os princípios e desafios da gestão de resíduos na construção civil, os indicadores de perdas e o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), destacando aspectos relevantes para o planejamento e a execução de práticas mais eficientes nos canteiros de obras.

2.2.1 Princípios e desafios da gestão de resíduos na construção civil

O gerenciamento de resíduos da construção civil requer um conjunto de práticas que englobam a minimização da geração, a segregação na fonte, o armazenamento adequado, o transporte controlado e a destinação final devidamente regulamentada (Brasil, 2010). Cada uma dessas etapas demanda planejamento, capacitação das equipes e controle adequado das atividades executivas.

Entretanto, os estudos citados neste parágrafo sobre o gerenciamento de resíduos da construção civil apontam dificuldades relacionadas à implementação efetiva das práticas de gestão nos canteiros de obras. Brandão (2023) aborda desafios relacionados ao gerenciamento desses resíduos, enquanto Santos et al. (2024) analisam aspectos ambientais e dificuldades

observadas na execução das práticas sustentáveis em um canteiro de obras. Além disso, a capacitação das equipes, o controle sistemático das atividades e a priorização da gestão ambiental devem ser investigados como possíveis fatores que influenciam a implementação dessas práticas e a ocorrência de perdas de materiais.

Nesse contexto, destaca-se que a geração de resíduos na construção civil está diretamente associada às perdas de materiais ao longo do processo construtivo. Essas perdas podem ocorrer em diferentes etapas da obra, estando relacionadas aos materiais utilizados e aos índices de perdas identificados na literatura (Oliveira et al., 2020). Assim, compreender os mecanismos de geração de resíduos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de controle e redução de perdas na construção civil.

2.2.2 Indicadores de perdas na construção civil

Os indicadores de perdas de materiais constituem uma referência para a análise do consumo e das ineficiências associadas aos processos construtivos. Esses indicadores expressam relações entre as quantidades de materiais previstos e aquelas efetivamente consumidas ou perdidas, podendo variar conforme o material, o sistema construtivo, as características da obra e as condições de planejamento, armazenamento, manuseio e execução.

Essa variabilidade deve ser considerada quando índices obtidos na literatura são utilizados para estimar previamente a geração potencial de resíduos de uma obra ainda não executada. Nessa situação, os valores não representam uma previsão exata da quantidade que será gerada no canteiro, mas constituem parâmetros de referência que permitem estabelecer uma base estimativa para análise.

Oliveira et al. (2020), a partir de revisão da literatura, reuniram índices de perdas referentes a diferentes materiais de construção e apresentaram valores médios obtidos a partir dos estudos analisados. A compilação evidencia diferenças expressivas entre materiais e, em determinados casos, também entre os valores reportados para um mesmo material.

A Tabela 1 apresenta os índices compilados pelos autores e as respectivas médias utilizadas como referência.

Tabela 1 – índices de perdas dos materiais

Material analisado	**Categoria de referência em Oliveira et al. (2020)**	**Índice médio de perdas**	**Critério de aplicação no estudo**
Blocos cerâmicos	Tijolos furados	0,160 (16,0%)	Aplicado ao volume de blocos cerâmicos quantificado no projeto.
Chapisco e emboço	Argamassa paredes	0,285 (28,5%)	Aplicado ao volume de argamassa utilizado no revestimento das paredes.
Porcelanato de piso	Placas cerâmicas piso	0,117 (11,7%)	Aplicado à área de revestimento cerâmico de piso, considerando a espessura adotada para conversão em volume.
Argamassa de assentamento	Argamassa alvenaria	0,475 (47,5%)	Aplicado ao volume estimado de argamassa de assentamento da alvenaria.
Madeira para fôrmas	Madeira em geral	0,633 (63,3%)	Utilizado como referência para o volume equivalente de madeira destinado às fôrmas, devido à ausência de uma categoria específica para esse uso na seleção adotada.

Fonte: Adaptado de (Oliveira *et al.*, 2020)

A tabela elaborada por Oliveira et al. (2020) apresenta uma compilação de dados provenientes de diferentes estudos sobre a geração de resíduos na construção civil. Os autores reuniram valores identificados por diversos pesquisadores, permitindo observar a variação dos índices de geração de resíduos conforme os materiais e as características das obras analisadas. Por exemplo, para um mesmo tipo de material, podem ser encontrados diferentes índices de perdas, uma vez que os valores dependem das condições de execução, dos métodos construtivos e das práticas de gerenciamento adotadas. Dessa forma, a tabela constitui uma referência para estimar a geração de resíduos, não representando valores fixos ou universais, mas parâmetros obtidos a partir de pesquisas anteriores.

Os dados apresentados evidenciam que os índices de perdas não são constantes intrínsecas aos materiais, mas resultados associados aos contextos em que foram obtidos. A amplitude observada para determinados materiais reforça a necessidade de cautela na transferência desses valores para outras obras.

Diante desse cenário, surge a necessidade de ferramentas e instrumentos que orientem e padronizem o processo de gestão dos resíduos gerados dentro dos empreendimentos. Nesse contexto, destaca-se o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que estabelece diretrizes para as etapas e responsabilidades envolvidas no manejo adequado dos resíduos.

2.2.3 O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)

O PGRCC constitui o principal instrumento para a operacionalização da gestão de resíduos no setor da construção civil. Instituído pela Resolução n° 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), o plano tem como objetivo estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para o manejo adequado dos resíduos gerados nas obras. Segundo Brandão (2023) , a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é fundamental para prevenir impactos negativos, assegurar o cumprimento das exigências legais, facilitar a fiscalização e validação do processo, além de promover o conhecimento sobre o licenciamento ambiental e contribuir para mudanças comportamentais, aprimoramento dos processos e maior satisfação dos trabalhadores.

A elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) envolve etapas como a caracterização, classificação e quantificação dos resíduos gerados, além da definição de práticas de segregação, reutilização, reciclagem e destinação final adequada. De acordo com a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), o gerenciamento dos resíduos da construção civil deve considerar suas características e as destinações apropriadas. Além de atender à legislação vigente, o PGRCC permite organizar o gerenciamento dos resíduos e acompanhar sua geração, contribuindo para a identificação de oportunidades de redução de perdas e reaproveitamento de materiais.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 classifica os resíduos da construção civil em quatro categorias: Classes A, B, C e D (CONAMA, 2002). A Classe A compreende resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como concreto, argamassa, tijolos, blocos cerâmicos e solos provenientes de terraplanagem. A Classe B abrange resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeira. A Classe C corresponde aos resíduos para os quais não existem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação. Por fim, a Classe D inclui resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos e materiais contaminados ou prejudiciais à saúde (CONAMA, 2002).

Embora a elaboração do PGRCC seja exigida para os geradores sujeitos a esse instrumento, conforme a regulamentação aplicável, é comum observar uma diferença significativa entre o que é planejado no plano e os resultados efetivos apresentados nos relatórios de gerenciamento de resíduos (RGRCC). Sua implementação prática frequentemente apresenta falhas, resultando em divergências entre o que é planejado e o que é efetivamente executado e registrado nos relatórios de gerenciamento de resíduos. Essa discrepância evidencia a necessidade de aprimoramento na execução das diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 307/2002 (Silva, 2021).

Nesse sentido, identifica-se a necessidade de integrar as estimativas de geração de resíduos, elaboradas ainda na fase de projeto, aos procedimentos operacionais necessários à implementação do PGRCC no canteiro de obras. A ausência de dados técnicos consistentes sobre a geração de resíduos, especialmente em obras residenciais, dificulta a elaboração de planos mais realistas e compromete a eficácia do gerenciamento. Baseado nisso, percebe-se que a incorporação de estratégias inovadoras, como o reaproveitamento de materiais e os princípios da economia circular, podem contribuir significativamente para melhorar a implementação de um PGRCC.

2.3 METODOLOGIA BIM

Conforme discutido nas seções anteriores, a construção civil é responsável pela geração de resíduos e por impactos ambientais associados ao consumo de recursos naturais. Nesse contexto, a busca por práticas mais

sustentáveis está relacionada à redução de desperdícios e ao aprimoramento da gestão das obras. Nesse cenário, ferramentas como o *Building Information Modeling* (BIM) têm sido estudadas como apoio ao planejamento e à gestão dos empreendimentos (Wong; Fan, 2013).

O BIM permite integrar informações relacionadas aos diferentes elementos de uma edificação em um modelo digital, contribuindo para a visualização, a coordenação e a análise do projeto (Azhar *et al*., 2008). No contexto do gerenciamento de resíduos, Mateus e Júnior (2019) apresentam uma proposta de otimização da gestão de resíduos sólidos na construção civil por meio da modelagem matemática aplicada ao BIM. De forma semelhante, Oliveira *et al*. (2020) desenvolveram um modelo BIM para estimar a geração de resíduos e os custos de retirada ainda na fase de projeto. Esses estudos demonstram a possibilidade de utilizar as informações dos projetos para prever a geração de resíduos e subsidiar o planejamento do seu gerenciamento antes do início da execução. Dessa forma, o BIM pode contribuir para a identificação de materiais com potencial de geração de resíduos e para a elaboração de estratégias de prevenção, embora os resultados dependam das informações utilizadas no modelo e dos procedimentos adotados em cada empreendimento.

O Building Information Modeling representa uma evolução significativa em relação às práticas tradicionais de desenho e construção. Diferentemente da modelagem tridimensional convencional em CAD (3D CAD), que representa a edificação por meio de vistas independentes, como plantas, cortes e elevações, o Building Information Modeling (BIM) oferece uma modelagem integrada que unifica essas informações em um único ambiente digital (Azhar *et al.*, 2008). Essa evolução transformou o BIM em um processo colaborativo que envolve diferentes profissionais, promovendo uma abordagem mais integrada na execução de projetos de construção.

Entre os principais benefícios do BIM estão a redução de erros e retrabalhos, a melhoria da comunicação entre equipes e a otimização de processos construtivos. Além disso, a possibilidade de simular diferentes cenários permite antecipar problemas e avaliar alternativas antes do início da obra, aumentando a precisão na quantificação de materiais e no planejamento de etapas (Azhar *et al.*, 2008). Essa capacidade de prever e ajustar processos

favorece maior controle sobre materiais e etapas executivas, contribuindo para a redução de perdas na obra.

Essa tecnologia tem sido utilizada como ferramenta de apoio para construções mais sustentáveis, pois possibilita o uso mais eficiente de energia e materiais, além de melhorar a colaboração entre profissionais. Entretanto, ainda existem barreiras relacionadas à interoperabilidade entre sistemas e à escassez de profissionais capacitados (Wong; Fan, 2013). Além disso, observa-se certa resistência à adoção dessas tecnologias no setor da construção civil. Superar essas barreiras é importante para ampliar o uso do BIM na melhoria dos processos construtivos e no gerenciamento de resíduos.

A adoção do Building Information Modeling (BIM) tem contribuído para a redução de conflitos durante a fase de projeto, para o aumento da precisão orçamentária e para a melhoria do planejamento executivo das obras (Azhar *et al.*, 2008). Essas características favorecem maior controle sobre materiais e processos construtivos, contribuindo para o aprimoramento do planejamento executivo das obras.

2.3.2 Aplicação do BIM na gestão de resíduos da construção civil

No contexto da gestão de resíduos, o BIM pode contribuir para melhorar o controle e a destinação correta dos materiais utilizados nas obras, especialmente em obras residenciais, onde o desperdício pode ser significativo. Ao integrar informações sobre os elementos construtivos, os materiais empregados e suas respectivas quantidades, o BIM permite estimar os insumos necessários ainda na fase de projeto. Quando essas informações são associadas a índices de perdas obtidos na literatura, torna-se possível prever a geração potencial de resíduos e identificar antecipadamente materiais com maior potencial de desperdício, subsidiando a definição de medidas preventivas antes do início da execução da obra (Mateus; Júnior, 2019).

Oliveira et al. (2020) desenvolveram um modelo baseado em BIM para estimar a geração de resíduos da construção civil e os respectivos custos de remoção ainda na etapa de projeto. A metodologia adotada combinou informações da literatura, índices de perdas de materiais e modelagem BIM. No estudo, os resíduos estimados foram distribuídos em 90% de resíduos Classe A e 10% de Classe B, enquanto a argamassa correspondeu a 56% do volume

total estimado. Esses resultados demonstram como a integração entre quantitativos extraídos do modelo e índices de perdas pode contribuir para a estimativa da geração de resíduos e para o planejamento de seu gerenciamento. Entretanto, os percentuais encontrados correspondem às condições e aos materiais considerados pelos autores, não devendo ser generalizados para todas as obras residenciais.

Segundo Vasconcelos (2016), a aplicação da tecnologia BIM possibilita maior integração e controle das informações ao longo das etapas do projeto, contribuindo para o planejamento mais eficiente da construção. Ao permitir um detalhamento mais preciso das quantidades de insumos necessários, o modelo contribui para reduzir sobras, perdas e retrabalhos. Essa contribuição também pode se estender ao planejamento das compras, uma vez que quantitativos mais detalhados podem auxiliar na previsão das necessidades de materiais e na prevenção de aquisições excessivas, desde que as informações do modelo sejam consistentes e efetivamente utilizadas durante o planejamento e a execução da obra. Isso resulta em canteiros de obras mais organizados e em processos construtivos ambientalmente mais responsáveis.

Outra contribuição do BIM está relacionada ao suporte ao planejamento e à organização das informações necessárias ao gerenciamento dos resíduos. Nesse sentido, Mateus e Júnior (2019) abordam a aplicação conjunta da modelagem BIM e da modelagem matemática na otimização da gestão de resíduos sólidos da construção civil, evidenciando a possibilidade de utilizar informações do projeto como subsídio para o planejamento do gerenciamento.

Além dos benefícios operacionais, o BIM contribui para uma visão mais integrada do processo construtivo, permitindo avaliar alternativas e apoiar decisões ainda nas fases iniciais do projeto (Azhar et al., 2008). Adicionalmente, as informações do modelo podem servir de referência para o acompanhamento do gerenciamento de resíduos durante a execução. Ao comparar os quantitativos previstos com os materiais efetivamente utilizados e os resíduos registrados no canteiro, torna-se possível identificar diferenças entre o planejamento e a execução e investigar suas possíveis causas. Essa comparação constitui uma possibilidade de aplicação do BIM associada ao

monitoramento da obra, cuja efetividade depende da disponibilidade de registros confiáveis e atualizados.

Apesar dessas contribuições, a utilização do BIM não garante, isoladamente, a redução do desperdício. A qualidade das estimativas depende do nível de detalhamento do modelo, da precisão dos quantitativos e da adequação dos índices de perdas empregados, como demonstrado pela abordagem de estimativa de resíduos apresentada por Oliveira et al. (2020). Além disso, a contribuição do modelo para o gerenciamento depende da utilização efetiva das informações no planejamento e na execução da obra. Dessa forma, o BIM pode atuar como ferramenta de apoio ao planejamento e ao gerenciamento de resíduos na construção civil.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de modo a integrar o desenvolvimento projetual de uma residência unifamiliar de médio padrão à estimativa da geração potencial de resíduos da construção civil e ao desenvolvimento de instrumentos técnico-operacionais voltados ao seu gerenciamento. O estudo articula pesquisa bibliográfica e documental, desenvolvimento e análise do projeto arquitetônico, modelagem BIM, quantificação de materiais e aplicação simulada do Kit Obra Limpa ao estudo de caso.

A partir dessas etapas, buscou-se relacionar as características do projeto e as fontes potenciais de perdas às ações de gerenciamento, prevenção e controle e valorização dos materiais propostas pelo Kit, considerando as possibilidades e limitações decorrentes da aplicação simulada em uma obra ainda não executada.

3.1 DEFINIÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem predominantemente qualitativa, com utilização de dados quantitativos, e foi desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica e documental associada a um estudo de caso projetual.

A abordagem quantitativa foi empregada na obtenção dos quantitativos de materiais do projeto e na estimativa da geração potencial de resíduos a partir de índices de perdas disponíveis na literatura. A abordagem qualitativa foi utilizada na identificação das fontes potenciais de perdas, na definição das estratégias de gerenciamento e prevenção e no desenvolvimento e aplicação simulada dos instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa.

O estudo de caso corresponde ao projeto de uma residência unifamiliar de médio padrão, utilizado como base para a quantificação dos materiais, a estimativa da geração potencial de RCC e a aplicação simulada das ferramentas desenvolvidas.

Por se tratar de uma obra não executada, os resultados quantitativos obtidos correspondem a estimativas de referência, não constituindo medição da geração real de resíduos ou comprovação da eficiência das estratégias

propostas. A aplicação simulada tem como finalidade analisar a relação entre as características do projeto, as fontes potenciais de perdas e as ações previstas nos diferentes níveis de implementação do Kit.

3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

O desenvolvimento da pesquisa foi organizado em etapas sequenciais e inter-relacionadas. Inicialmente, foram estabelecidos os dados de referência do estudo a partir da fundamentação técnica e normativa, das características do projeto, dos quantitativos dos materiais e da estimativa da geração potencial de resíduos. Na sequência, foram identificadas as situações do processo construtivo associadas à ocorrência de perdas e ao gerenciamento dos RCC, que subsidiaram o desenvolvimento e a estruturação dos instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa. Por fim, o Kit foi aplicado de forma simulada ao estudo de caso, relacionando suas ferramentas aos materiais e às etapas construtivas analisadas e permitindo discutir seus potenciais efeitos e limitações.

A Figura 1 apresenta o encadeamento das etapas metodológicas adotadas no estudo.

Figura 1 - Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte : a autora (2026)

3.2.1 Fundamentação técnica e normativa

A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico e documental relacionado à sustentabilidade no canteiro de obras, perdas de materiais, gerenciamento de resíduos da construção civil, PGRCC, reutilização, reciclagem e valorização de materiais e utilização do BIM no planejamento e na quantificação de materiais.

Também foram consideradas as diretrizes legais e normativas aplicáveis ao gerenciamento dos RCC, utilizadas como referência para a definição dos requisitos do PGRCC e para a estruturação das ferramentas do Kit Obra Limpa.

Para o estudo de caso, foi adotado o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil simplificado (PGRCCS), conforme o enquadramento previsto na legislação municipal de Ponta Grossa. Ao longo do trabalho, utiliza-se a denominação PGRCC de forma genérica para se referir ao instrumento de gerenciamento de resíduos da construção civil.

A revisão teve como finalidade estabelecer a base técnica para a estimativa da geração potencial de resíduos, identificar situações associadas à ocorrência de perdas ao longo do processo construtivo e subsidiar a definição das ações de gerenciamento, prevenção, controle e valorização incorporadas ao Kit.

3.2.2 Desenvolvimento e caracterização do projeto arquitetônico

O estudo de caso foi desenvolvido a partir do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar de médio padrão, elaborado com a adoção de diretrizes de racionalização construtiva. Entre as estratégias consideradas estão a modulação dimensional, a padronização das espessuras das paredes e a concentração das áreas molhadas, buscando reduzir a necessidade de ajustes durante a execução e favorecer a organização dos sistemas construtivos.

Após a definição do projeto arquitetônico, foi realizada sua modelagem em ambiente BIM, utilizada como suporte à representação dos elementos construtivos e à obtenção dos quantitativos empregados nas etapas posteriores da pesquisa. A modelagem contemplou principalmente o projeto arquitetônico e a representação preliminar da estrutura da edificação, desenvolvida

exclusivamente para estimar a área dos elementos que demandam fôrmas e subsidiar o cálculo do volume equivalente de madeira. Ressalta-se que essa representação estrutural teve caráter estimativo, não tendo sido realizado o cálculo estrutural nem elaborado um projeto estrutural executivo.

Os quantitativos de alvenaria foram obtidos considerando as dimensões das paredes e os descontos correspondentes aos vãos de portas e janelas, evitando a contabilização de áreas que não recebem alvenaria. Os revestimentos foram considerados separadamente das paredes, permitindo a quantificação específica de suas áreas. Para esse cálculo, foram contempladas as superfícies internas e externas das paredes, considerando os dois lados quando aplicável e respeitando as aberturas existentes. Também foram realizadas verificações na modelagem para identificar possíveis sobreposições entre elementos, evitando a duplicidade na extração dos quantitativos.

Para a estrutura preliminar, foram consideradas as dimensões geométricas dos elementos representados no modelo, como pilares, vigas e lajes, utilizando suas áreas de superfície em contato com as fôrmas para estimar a quantidade de madeira necessária. Dessa forma, a quantificação estrutural teve como finalidade exclusiva fornecer uma estimativa das áreas de fôrmas, sem envolver o dimensionamento ou a verificação do comportamento estrutural da edificação.

Também foram modelados os elementos necessários à quantificação dos demais materiais selecionados, sem abranger a compatibilização completa dos projetos complementares.

As características arquitetônicas, os sistemas construtivos, os materiais adotados e as estratégias de racionalização foram posteriormente consideradas na identificação das possíveis fontes de perdas e na definição das ações preventivas incorporadas ao Kit Obra Limpa.

3.2.3 Quantificação de materiais

A quantificação dos materiais forneceu a base para a estimativa da geração potencial de resíduos do estudo de caso. Foram selecionados materiais representativos de diferentes serviços da edificação para os quais foi possível estabelecer, de forma rastreável, o quantitativo de projeto, o critério de

conversão para unidade volumétrica e o correspondente índice de perdas adotado na pesquisa.

A modelagem foi utilizada principalmente para a representação arquitetônica da edificação e para a obtenção das quantidades dos materiais selecionados para análise. Complementarmente, para materiais ou serviços cuja quantificação não foi obtida diretamente do modelo, foram utilizadas informações do projeto e composições da base SINAPI, conforme aplicável.

Para possibilitar a consolidação dos dados em uma mesma unidade e sua utilização na etapa de estimativa da geração potencial de resíduos, os quantitativos foram convertidos para metros cúbicos (m³). As conversões foram realizadas de acordo com as características de cada material, considerando dimensões geométricas, espessuras médias de aplicação e, quando necessário, informações das composições técnicas utilizadas no estudo. O Quadro 1 apresenta os critérios de conversão adotados.

Quadro 1 - Conversão de unidades

Material	**Unidade original**	**Critério de conversão**	**Unidade final**
Bloco cerâmico	m²	área de alvenaria × espessura da parede (0,14 m)	m³
Chapisco e emboço	m³	quantitativo volumétrico obtido diretamente do modelo BIM	m³
Porcelanato de piso	m²	área × espessura adotada da peça (0,01 m)	m³
Madeira para fôrmas	m²	área de fôrmas × espessura média adotada (0,015 m)	m³
Argamassa de assentamento	m³	sem conversão; quantitativo calculado a partir do consumo unitário da composição SINAPI 103368	m³

Fonte: a autora (2026)

Os procedimentos de quantificação e conversão foram mantidos de forma rastreável para cada material, permitindo relacionar os quantitativos obtidos no projeto aos parâmetros utilizados posteriormente na estimativa da geração potencial de referência.

Para a madeira destinada às fôrmas estruturais, o volume foi obtido a partir da área considerada para os elementos de fôrmas, obtida através do Revit, multiplicada pela espessura adotada de 0,015 m. Esse procedimento representa um volume equivalente de chapas, não incorporando diretamente a quantidade de reutilização das peças durante a execução.

3.2.4 Estimativa da geração potencial de referência

A partir dos quantitativos obtidos na etapa anterior, foi estimada a geração potencial de referência para os materiais selecionados. Para essa estimativa, foram utilizados índices médios de perdas obtidos na literatura, adotando-se como principal referência a compilação apresentada por Oliveira et al. (2020), que reúne resultados de diferentes estudos sobre perdas de materiais na construção civil.

A utilização desses índices teve como finalidade estabelecer uma base quantitativa de referência para o estudo de caso. Considerando que os valores compilados apresentam variações relacionadas aos materiais, aos sistemas construtivos e às condições de execução das obras analisadas, os índices adotados não foram interpretados como previsão das perdas que necessariamente ocorreriam na residência estudada. Foram selecionados materiais representativos dos diferentes serviços analisados, para os quais havia quantitativos rastreáveis no projeto e índices de perdas compatíveis disponíveis na literatura.

Para os materiais selecionados, foram adotados os índices apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes de perdas de materiais adotados na pesquisa

Material	**Índice de Perda (%)**
Bloco cerâmico	16,0
Chapisco e emboço	28,5
Porcelanato de Piso	11,7
Madeira para fôrmas*	63,3
Argamassa de assentamento (alvenaria)	47,5

*Nota: * O índice de 63,3% corresponde à média apresentada por Oliveira et al. (2020) para a categoria “madeira em geral”. Embora o material considerado neste estudo seja

especificamente a madeira empregada em fôrmas, o índice foi mantido como parâmetro de referência em razão da ausência, na fonte utilizada para a estimativa inicial, de um valor específico para essa aplicação. Essa limitação foi considerada na interpretação dos resultados.

Fonte : Elaborada pela autora com base em Oliveira et al. (2020).

A geração potencial de referência de cada material foi obtida pela aplicação do respectivo índice de perda ao quantitativo de projeto, conforme a Equação 1:

$$GPRi = Qi \, x \, \alpha \, Ii$$

Onde:

GPRi = geração potencial de referência do material i, em m³;

Qi = quantitativo do material i, em m³;

Ii = índice de perda adotado para o material i, em forma decimal.

A geração potencial total de referência corresponde à soma dos valores estimados para os materiais analisados:

$$GPRT = \sum_{i=1}^{n} GPRi$$

em que:

GPRT = geração potencial total de referência, em m³;

n = número de materiais considerados na análise.

Os valores obtidos foram utilizados nas etapas posteriores para identificar a contribuição relativa de cada material para a geração potencial estimada e relacionar os principais fluxos de resíduos às ações previstas no Kit Obra Limpa. Não foram aplicados percentuais globais de redução sobre essa estimativa, uma vez que as ações propostas atuam de fôrmas distintas sobre os materiais e sobre as diferentes etapas do processo construtivo.

3.2.5 Identificação das fontes potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento

Após a estimativa da geração potencial de referência, foi realizada a identificação das situações do processo construtivo capazes de contribuir para a ocorrência de perdas de materiais ou comprometer o gerenciamento adequado dos RCC. Essa análise teve como finalidade estabelecer os problemas sobre os quais os instrumentos do Kit Obra Limpa deveriam atuar.

Foram consideradas as etapas de recebimento, armazenamento, movimentação interna e execução dos serviços, bem como situações relacionadas ao controle de sobras e perdas, segregação, acondicionamento e definição de responsabilidades no canteiro de obras.

Para cada situação identificada, foram analisadas suas possíveis consequências e definida a ação de gerenciamento ou prevenção correspondente. Em seguida, essas ações foram associadas aos instrumentos técnico-operacionais capazes de apoiar sua implementação no canteiro, estabelecendo uma relação entre situação identificada, consequência, ação proposta e instrumento do Kit.

A análise também considerou os materiais selecionados na etapa de quantificação, buscando identificar as ações aplicáveis às suas características e aos respectivos processos construtivos. As ações foram diferenciadas conforme sua função predominante: gerenciamento dos resíduos gerados; prevenção e controle das perdas; ou reutilização, reciclagem e valorização dos materiais remanescentes e resíduos.

Essa etapa forneceu a base para a definição dos componentes do Kit Obra Limpa e para sua posterior organização em níveis progressivos de implementação.

3.2.6 Desenvolvimento e estruturação do Kit de Obra Limpa

Com base na fundamentação técnica e normativa e nas situações identificadas na etapa anterior, foi desenvolvido o Kit Obra Limpa, concebido como um conjunto de instrumentos técnico-operacionais destinados a apoiar a implementação do PGRCC e a incorporação de práticas de gerenciamento, prevenção de perdas e valorização de materiais no canteiro de obras.

A definição dos instrumentos considerou sua relação com os problemas identificados, sua aplicabilidade em obras residenciais de pequeno porte, a simplicidade de utilização no canteiro e a possibilidade de integração entre planejamento, execução, registro e acompanhamento das práticas adotadas.

Os instrumentos foram organizados em três níveis progressivos e cumulativos de implementação. O Nível 1 – Gestão básica, concentra os requisitos essenciais para o gerenciamento dos RCC, incluindo definição de

responsabilidades e procedimentos para identificação, segregação, acondicionamento e destinação. O Nível 2 – Prevenção e controle, incorpora as ações do nível anterior e acrescenta procedimentos voltados ao recebimento, armazenamento, movimentação e utilização dos materiais, bem como ao registro e acompanhamento das perdas. O Nível 3 – Reaproveitamento, reciclagem e valorização, incorpora os níveis anteriores e amplia a atuação para práticas de reutilização, reciclagem e valorização, associadas ao acompanhamento dos resultados e à melhoria das práticas adotadas.

A progressão entre os níveis foi estabelecida em função da ampliação das práticas e dos mecanismos de controle incorporados à gestão da obra, e não pela atribuição de percentuais predeterminados de redução de resíduos. Dessa forma, um mesmo instrumento pode contribuir para mais de um nível de implementação, conforme as funções e os procedimentos nele incorporados.

A partir dessa estrutura, foram desenvolvidos os documentos, orientações, registros e recursos visuais que compõem o Kit Obra Limpa, posteriormente aplicados de forma simulada ao estudo de caso.

3.2.7 Aplicação simulada do Kit ao estudo de caso

Após sua estruturação, o Kit Obra Limpa foi aplicado de forma simulada ao estudo de caso, considerando as características do projeto, os materiais selecionados, as etapas construtivas relacionadas e as situações potenciais de perdas e de gerenciamento identificadas anteriormente.

A aplicação consistiu em relacionar os instrumentos e procedimentos previstos nos diferentes níveis do Kit às situações em que seriam utilizados durante a execução da obra. Para cada situação analisada, foram consideradas ações de gerenciamento, prevenção e controle de perdas e reutilização, reciclagem ou valorização, conforme sua aplicabilidade.

A geração potencial de referência estimada para os materiais foi utilizada como suporte para identificar a participação relativa dos diferentes materiais no conjunto analisado e orientar a discussão das situações prioritárias de intervenção. Não foram aplicados percentuais uniformes de redução aos volumes estimados, uma vez que a efetividade das ações depende das características dos materiais, dos serviços executados e das condições reais de implementação no canteiro.

Quando disponíveis, resultados quantitativos identificados na literatura foram utilizados apenas como elementos de contextualização e discussão, não sendo diretamente transferidos para o cálculo da redução potencial de resíduos do estudo de caso.

Dessa forma, a aplicação simulada teve caráter qualitativo, com a finalidade de analisar a aplicabilidade dos instrumentos propostos ao estudo de caso e demonstrar como e em quais etapas do processo construtivo o Kit pode atuar, identificando suas possibilidades de contribuição para a organização do canteiro e para o gerenciamento dos resíduos. A análise buscou avaliar a pertinência e a funcionalidade das ferramentas propostas, sem atribuir aos níveis de implementação valores predeterminados de redução da geração de resíduos.

Os resultados foram analisados de forma descritiva e integrada, articulando os quantitativos dos materiais, a geração potencial de referência, as situações potenciais de perdas e de gerenciamento identificadas e os instrumentos desenvolvidos para o Kit Obra Limpa.

A análise qualitativa considerou a correspondência entre as situações identificadas no processo construtivo, as ações propostas e os instrumentos do Kit, bem como a ampliação das práticas previstas nos três níveis de implementação. Foram analisadas as funções desempenhadas pelos instrumentos e sua aplicação às diferentes etapas e materiais considerados no estudo.

A interpretação dos resultados considerou ainda as limitações decorrentes do caráter projetual e simulado da pesquisa. Como a edificação não foi executada, não foram avaliadas a geração real de RCC, a adesão dos agentes às ferramentas propostas ou a efetividade do Kit na redução das perdas. Dessa forma, os resultados permitem analisar a estrutura e a aplicabilidade técnica da proposta ao estudo de caso, sem comprovar seu desempenho em condições reais de obra.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados de forma a evidenciar o processo de desenvolvimento e aplicação do Kit Obra Limpa ao estudo de caso. Inicialmente, são apresentadas as características da edificação e os resultados da quantificação dos materiais e da estimativa da geração potencial de referência. Na sequência, são analisadas as situações potenciais de perdas e os requisitos de gerenciamento que subsidiaram a estruturação do Kit, seus instrumentos e níveis de implementação. Por fim, apresenta-se sua aplicação simulada ao estudo de caso e uma análise integrada das contribuições e limitações da proposta.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso corresponde ao projeto de uma residência unifamiliar de médio padrão, desenvolvido com a incorporação de estratégias de racionalização construtiva e posteriormente modelado em ambiente BIM. A caracterização do projeto permite contextualizar os sistemas construtivos e os materiais considerados nas etapas posteriores de quantificação, estimativa da geração potencial de RCC e aplicação simulada do Kit Obra Limpa.

O projeto adotou estratégias como modulação dimensional, padronização das espessuras das paredes e concentração das áreas molhadas, buscando reduzir incompatibilidades dimensionais, cortes e ajustes durante a execução. Essas características constituem condições prévias do estudo de caso e, portanto, integram o cenário de referência utilizado na pesquisa.

A residência utilizada como estudo de caso possui aproximadamente 110 m² de área construída e é composta por um único pavimento. O sistema construtivo adotado contempla vedação em alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões nominais de 14 × 19 × 39 cm. No projeto, as paredes apresentam espessura acabada de 20 cm, considerando a alvenaria e os revestimentos aplicados. As dimensões dos ambientes e dos elementos construtivos foram estabelecidas, predominantemente, em múltiplos de 20 cm, conforme a modulação definida para o projeto.

Neste trabalho, a residência é caracterizada como uma edificação unifamiliar de médio padrão em função de suas características de área,

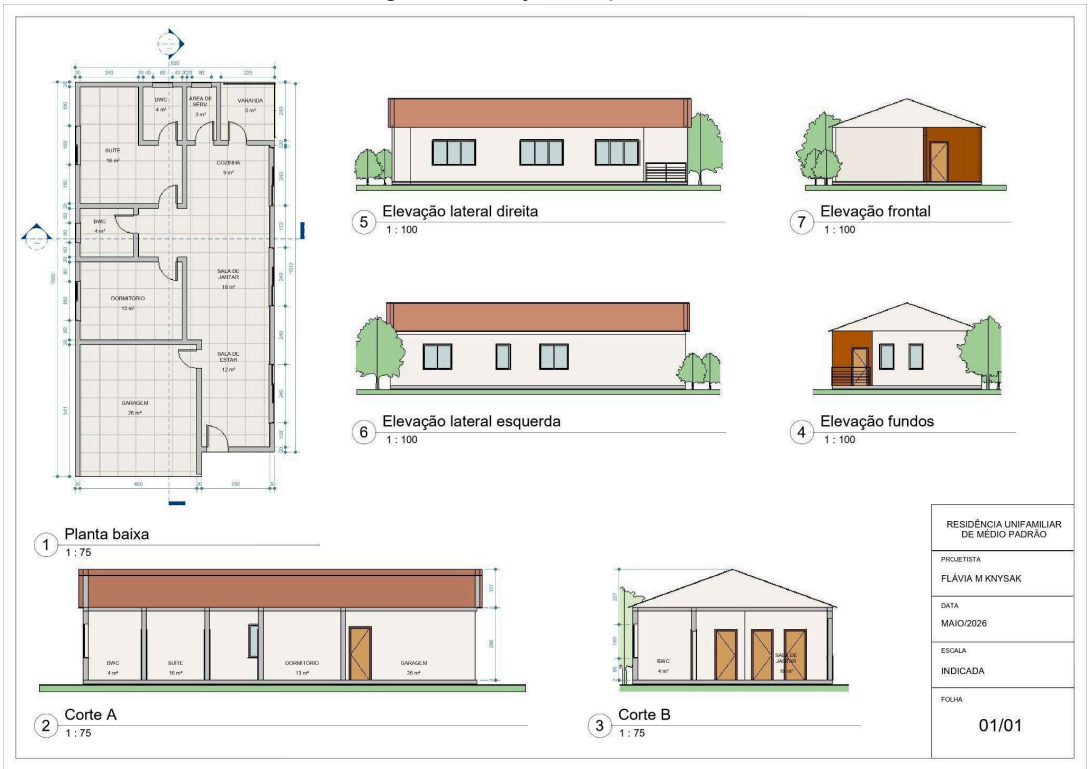
sistema construtivo e especificações de acabamento. Essa denominação é adotada exclusivamente para caracterizar o estudo de caso, não correspondendo a uma classificação normativa específica.

Essa padronização é observada na configuração das paredes e na definição das dimensões dos ambientes, buscando compatibilizar as dimensões da edificação com a modulação adotada para a alvenaria e, consequentemente, prevenir situações de cortes de blocos, ajustes dimensionais e incompatibilidades durante a execução. Além disso, as áreas molhadas foram concentradas em regiões próximas da edificação, reunindo cozinha, lavanderia e banheiros, de modo a favorecer a organização e a compatibilidade dos sistemas de instalações. Essas características são consideradas condições de projeto que podem contribuir para a prevenção de perdas, sem que se atribua a elas uma redução efetiva de resíduos, uma vez que a edificação não foi executada.

Os revestimentos considerados no estudo compreendem chapisco e emboço nas paredes, com acabamento em pintura, além de revestimento em porcelanato nos pisos. Também foi considerada a utilização de madeira para fôrmas. Essas características são apresentadas por sua relação direta com os materiais posteriormente quantificados e utilizados na estimativa da geração potencial de RCC.

A Figura 2 apresenta a planta baixa, os cortes e as elevações da residência, permitindo visualizar sua configuração geral e as principais características consideradas no estudo.

Figura 2 - Projeto arquitetônico



Fonte: A autora (2026)

As características de racionalização incorporadas ao projeto constituem, portanto, a condição de referência adotada para a pesquisa. Dessa forma, a estimativa de geração potencial de RCC apresentada nas etapas posteriores corresponde a um projeto que já incorpora essas estratégias, não sendo estabelecida uma comparação entre uma configuração convencional e outra racionalizada. O Kit Obra Limpa é desenvolvido e aplicado de forma simulada sobre essa condição de referência, considerando as características do projeto e os materiais nele especificados.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E GERAÇÃO POTENCIAL DE REFERÊNCIA

A quantificação dos materiais selecionados permitiu estabelecer a base para a estimativa da geração potencial de resíduos do estudo de caso. Conforme os procedimentos apresentados na metodologia, foram considerados cinco grupos de materiais: blocos cerâmicos, chapisco e emboço, porcelanato de piso, argamassa de assentamento e madeira para fôrmas, para os quais foi

possível relacionar o quantitativo de projeto, o critério de conversão para unidade volumétrica e o respectivo índice de perdas adotado na pesquisa.

Os quantitativos obtidos representam as demandas de materiais associadas ao projeto analisado e, após sua conversão para metros cúbicos, foram utilizados como base para a aplicação dos índices de perdas provenientes da literatura.

4.2.1 Blocos cerâmicos

Para os blocos cerâmicos de vedação com dimensões de 14 × 19 × 39 cm, o quantitativo foi obtido diretamente da tabela de materiais gerada pelo modelo BIM no software Revit. O levantamento apresentou 211,00 m² de área de alvenaria, além de 29,54 m³ de volume de blocos, sendo a área de alvenaria utilizada como grandeza de referência para aplicação do coeficiente de perdas.

Para esse material, foi adotado o coeficiente de 0,160, correspondente à categoria “tijolos furados” apresentada por Oliveira et al. (2020). Como esse parâmetro é expresso em relação à área, a perda potencial foi inicialmente calculada em metros quadrados:

$$R = 211\ x\ 0,160 = 33,76\ m^2$$

Para possibilitar a consolidação dos resíduos em metros cúbicos, o resultado foi convertido considerando a espessura de 14 cm da alvenaria:

$$R = 33,76\ x\ 0,14 = 4,7264\ m^2 \cong 4,73\ m^2$$

Dessa forma, a geração potencial de RCC associada aos blocos cerâmicos foi estimada em 4,73 m³. O volume de 29,54 m³ obtido diretamente do modelo corresponde ao quantitativo líquido de blocos previsto no projeto, enquanto o valor de 4,7264 m³ representa exclusivamente a parcela estimada como perda a partir do coeficiente adotado.

4.2.2 Chapisco e emboço

Para o grupo constituído por chapisco e emboço, o quantitativo foi obtido diretamente da tabela de materiais do modelo BIM. Na modelagem realizada no Revit, foram consideradas espessuras de 0,5 cm para o chapisco e 2,0 cm para o emboço, totalizando 2,5 cm de revestimento. O levantamento

apresentou 422 m² de área de revestimento e 10,56 m³ de volume, sendo este último adotado como quantitativo líquido de referência, uma vez que o modelo já disponibilizou o material em unidade volumétrica.

Como verificação da consistência geométrica do modelo, a relação entre o volume e a área resulta em uma espessura equivalente de:

$$e = 10,56/422 = 0,025\,m$$

correspondente a 2,5 cm.

Para a estimativa da geração potencial de RCC, foi adotado o coeficiente de 0,285, correspondente à categoria “argamassa paredes” apresentada por Oliveira et al. (2020). Nesse caso, o coeficiente foi utilizado como parâmetro de referência por correspondência metodológica para o grupo de chapisco e emboço analisado. Assim, a perda potencial foi calculada por:

$$R = 10,56\,x\,0,285 = 3,0096\,m^3 \cong 3,01\,m^3$$

Portanto, para o conjunto de chapisco e emboço, foi estimada uma geração potencial de 3,01 m³ de RCC.

4.2.3 Porcelanato de piso

Para o porcelanato, foi considerado exclusivamente o revestimento aplicado nos pisos da residência, correspondente a uma área de 129,84 m². Para possibilitar a expressão do quantitativo em volume, foi adotada espessura de 10 mm, equivalente a 0,01 m. O volume de porcelanato foi determinado por:

$$V = 129,84\,x\,0,01 = 1,2984\,m^3$$

Assim, o quantitativo líquido de porcelanato de piso adotado no estudo foi de 1,2984 m³.

Para a estimativa da perda potencial, foi utilizado o coeficiente de 0,117, correspondente à categoria “Placas cerâmicas piso” apresentada por Oliveira et al. (2020). Na aplicação apresentada pelos autores, o coeficiente é utilizado para estimar a parcela de RCC associada ao revestimento cerâmico do piso.

Dessa forma:

$$R = 1,2984\,x\,0,117 = 0,1519128\,m^3 \cong 0,15\,m^3$$

Portanto, a geração potencial de RCC associada ao porcelanato de piso foi estimada em 0,15 m³.

4.2.4 Argamassa de assentamento

Para a argamassa de assentamento dos blocos cerâmicos, o quantitativo não foi obtido diretamente do modelo BIM. Para sua determinação, foi utilizada a área de 211 m² de alvenaria, associada ao consumo unitário de argamassa indicado na composição SINAPI 103368 (Caixa Econômica Federal, 2021) – “Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 14 × 19 × 39 cm (espessura 14 cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira. AF_12/2021”. A composição apresenta consumo de 0,0095 m³ de argamassa por metro quadrado de alvenaria. O quantitativo de argamassa de assentamento foi então calculado por:

$$Q = 211\ x\ 0,0095 = 2,0045\ m^3$$

Portanto, o volume líquido de argamassa de assentamento considerado foi de 2,0045 m³.

Sobre esse quantitativo foi aplicado o coeficiente de 0,475, correspondente à categoria “Argamassa alvenaria” apresentada por Oliveira et al. (2020). A aplicação desse coeficiente resulta em:

$$R = 2,0045\ x\ 0,475 = 0,9521375\ m^3 \cong 0{,}95\ \mathrm{m}^3$$

Assim, a geração potencial de RCC associada à argamassa de assentamento foi estimada em 0,95 m³.

4.2.5 Madeira para fôrmas

Para a madeira utilizada nas fôrmas, foi realizado um lançamento estrutural preliminar da edificação exclusivamente com a finalidade de estimar a área dos elementos construtivos que demandariam fôrmas, não representando um projeto estrutural executivo nem um quantitativo definitivo de madeira para a obra. Foram consideradas as áreas correspondentes aos pilares, vigas e lajes, com valores de 37,50 m², 177,70 m² e 266,00 m², respectivamente. A área total estimada de fôrmas foi obtida por:

$$A = 37,5 + 177,70 + 266 = 481,20\ m^2$$

Como o volume de madeira não foi obtido diretamente no modelo, foi adotada uma espessura média de 1,5 cm, equivalente a 0,015 m:

$$Q = 481,20\ x\ 0,015 = 7,218\ m^3$$

Dessa forma, o quantitativo líquido estimado de madeira para fôrmas foi de 7,218 m³.

Para a estimativa da geração potencial de RCC, foi utilizado o coeficiente de 0,633, correspondente à categoria “Madeira em geral” apresentada por Oliveira et al. (2020). O cálculo foi realizado por:

$$R = 7,218\ x\ 0,633 = 4,568994\ m^3 \cong 4{,}57\ \mathrm{m}^3$$

Assim, a geração potencial de RCC associada à madeira para fôrmas foi estimada em 4,568994 m³.

4.2.6 Consolidação dos resultados

Após a determinação dos quantitativos de projeto e a aplicação dos respectivos coeficientes de perdas, os resultados foram expressos em metros cúbicos, permitindo sua consolidação em uma única unidade de medida. A Tabela 3 mostra os valores obtidos para cada material. A soma dos volumes estimados para os cinco grupos de materiais resultou em:

$$4,7264 + 3,0096 + 0,1519128 + 0,9521375 + 4,568994 = 13,41\ m^3$$

Esse valor representa uma estimativa potencial de referência, obtida a partir dos quantitativos do projeto e dos coeficientes de perdas selecionados na literatura, não correspondendo à medição efetiva de resíduos gerados em uma obra executada.

A aplicação dos índices de perdas aos quantitativos dos materiais resultou na geração potencial de referência apresentada na Tabela 3. Esses valores representam uma estimativa construída a partir dos parâmetros adotados na pesquisa e não correspondem à quantidade de resíduos efetivamente gerada pela obra, uma vez que a edificação ainda não foi executada.

Tabela 3 - Quantitativos líquidos de projeto e estimativa da geração potencial de referência

Material	Quantidade (Q)	Unidade	Coeficiente de perda (α base)	Perda calculada	Conversão	RCC potencial (m³)
Blocos cerâmicos 14 × 19 × 39 cm	211,00	m²	0,160 m²/m²	33,76 m²	× 0,14 m	**4,73**
Chapisco e emboço	10,56	m³	0,285 m³/m³	3,01 m³	—	**3,01**
Porcelanato de piso	109,00	m²	0,117 m²/m²	12,75 m²	× 0,01 m	**0,13**
Argamassa de assentamento	2,00	m³	0,475 m³/m³	0,95 m³	—	**0,95**
Madeira para fôrmas	7,22	m³	0,633 m³/m³	4,57 m³	—	**4,57**
TOTAL	—	—	—	—	—	**13,39 m³**

Fonte: A autora (2026)

Cabe destacar que os volumes apresentados correspondem a estimativas volumétricas obtidas a partir dos quantitativos de projeto e dos coeficientes de perdas adotados, não representando diretamente o volume aparente dos resíduos após sua geração. A fragmentação dos materiais, a presença de vazios entre os fragmentos e a forma de acondicionamento podem alterar o espaço ocupado pelos resíduos no canteiro. Assim, os valores calculados não devem ser utilizados diretamente para dimensionar baias ou caçambas.

Com o objetivo de estimar a quantidade de caçambas necessárias para o acondicionamento e a destinação dos resíduos da construção civil, os volumes potenciais calculados anteriormente foram convertidos em volumes aparentes, considerando o empolamento dos materiais após sua fragmentação e disposição no canteiro. Adotou-se o fator de empolamento de 1,45, correspondente a um acréscimo de 45% no volume, conforme Miranda et al. (2021), que utilizaram esse parâmetro para resíduos de concreto, argamassa, cerâmica e pedras decorativas. Neste estudo, o mesmo fator foi aplicado a todos os materiais considerados, inclusive à madeira, como uma aproximação para estimativa do volume de armazenamento.

A conversão foi realizada por meio da multiplicação do volume potencial pelo fator de empolamento, conforme a Equação X:

$$V_a = V\square \times F_e$$

Em que V_a corresponde ao volume aparente dos resíduos (m³), $V\square$ ao volume potencial estimado (m³) e F_e ao fator de empolamento adotado.

Aplicando o fator de 1,45 aos volumes potenciais estimados, obteve-se aproximadamente 6,86 m³ de resíduos de blocos cerâmicos, 4,36 m³ de chapisco e emboço, 0,19 m³ de porcelanato, 1,38 m³ de argamassa de assentamento e 6,63 m³ de madeira utilizada nas fôrmas, totalizando 19,42 m³ de resíduos aparentes.

Considerando caçambas com capacidade nominal de 5 m³, estima-se a necessidade de quatro caçambas para o acondicionamento do volume total calculado. Ressalta-se que essa quantidade corresponde a uma estimativa acumulada ao longo da execução da obra, não necessariamente à disponibilização simultânea de quatro caçambas no canteiro, uma vez que a geração de resíduos ocorre de maneira distribuída entre as etapas construtivas e os materiais devem ser segregados conforme sua classificação.

Dessa forma, o volume aparente estimado constitui uma referência para o planejamento do acondicionamento, transporte e destinação dos resíduos, podendo sofrer variações conforme as condições de segregação, fragmentação, armazenamento, reaproveitamento e destinação dos materiais durante a execução da obra.

Além disso, a perda de material não equivale necessariamente ao descarte efetivo. Os coeficientes adotados permitem estimar perdas potenciais, mas não distinguem a parcela de material incorporada à edificação em excesso, o superconsumo durante a execução, os resíduos efetivamente separados e coletados, os materiais reutilizados e aqueles encaminhados à destinação final. No caso da madeira para fôrmas, por exemplo, as peças podem ser reutilizadas em diferentes etapas ou transferidas para outras obras, sem se tornarem resíduos imediatamente. Situações semelhantes podem ocorrer com blocos cerâmicos, argamassas e revestimentos, cujas sobras e perdas dependem das condições de execução e das possibilidades de reaproveitamento. Como a edificação não foi executada, essas parcelas não puderam ser quantificadas separadamente nesta pesquisa. Portanto, os 13,41

m³ devem ser interpretados como uma estimativa volumétrica de referência dos materiais analisados, e não como um volume comprovado de resíduos descartados.

A geração potencial de RCC estimada para os cinco grupos de materiais totalizou 13,39 m³. A participação de cada material nesse volume está diretamente relacionada à combinação entre o quantitativo empregado no projeto e o respectivo coeficiente de perda adotado. Nesse sentido, os maiores valores não necessariamente correspondem aos materiais com maior índice de perda, mas àqueles em que o quantitativo utilizado e o coeficiente de perda resultam, conjuntamente, em maior geração potencial.

Os blocos cerâmicos apresentaram a maior participação na geração potencial de referência, com 4,7264 m³, correspondendo a aproximadamente 35,25% do total. Esse resultado está associado principalmente ao elevado quantitativo de alvenaria considerado no projeto, de 211 m², combinado ao coeficiente de perda de 0,160 adotado para a categoria de tijolos furados. Assim, embora o coeficiente dos blocos seja inferior ao empregado para alguns dos demais materiais, a grande quantidade de alvenaria faz com que sua contribuição absoluta para a geração de resíduos seja elevada.

A madeira para fôrmas apresentou a segunda maior participação, com 4,568994 m³, equivalente a aproximadamente 34,07% do total. Nesse caso, o resultado decorre da combinação entre o quantitativo estimado de 7,218 m³ de madeira e o elevado coeficiente de perda de 0,633, correspondente à categoria “madeira em geral”. Portanto, diferentemente dos blocos, cuja participação é fortemente influenciada pelo elevado quantitativo empregado, a madeira apresenta uma geração potencial elevada tanto pelo volume considerado quanto pelo índice de perda relativamente alto.

O grupo de chapisco e emboço apresentou geração potencial de 3,0096 m³, representando aproximadamente 22,44% do total. A participação desse material é relevante em razão do quantitativo de 10,56 m³ considerado no projeto e do coeficiente de 0,285, correspondente à categoria “argamassa paredes”. Dessa forma, mesmo apresentando um coeficiente inferior ao da madeira e da argamassa de assentamento, o volume relativamente elevado do material contribui para sua expressiva participação na geração potencial.

A argamassa de assentamento apresentou geração potencial de 0,9521375 m³, correspondendo a aproximadamente 7,10% do total. Nesse caso, o quantitativo de referência foi de 2,0045 m³, associado ao coeficiente de perda de 0,475 para “argamassa alvenaria”. Portanto, embora o índice de perda seja elevado, a menor quantidade de material empregada no projeto limita sua participação no volume total de RCC estimado.

Por fim, o porcelanato de piso apresentou a menor participação, com 0,1519128 m³, equivalente a aproximadamente 1,13% do total. O resultado está relacionado ao quantitativo relativamente reduzido de 1,2984 m³, obtido a partir da área de 129,84 m² e da espessura adotada de 10 mm, combinado ao coeficiente de perda de 0,117 para placas cerâmicas de piso. Assim, tanto o menor quantitativo volumétrico quanto o menor coeficiente entre os materiais analisados contribuem para sua baixa participação na geração potencial. O resumo da participação de RCC foi apresentado abaixo na tabela 4.

Tabela 4 - Resumo da participação de RCC

Material	RCC potencial (m³)	Participação no total
Blocos cerâmicos	4,7264	35,25%
Madeira para fôrmas	4,568994	34,07%
Chapisco e emboço	3,0096	22,44%
Argamassa de assentamento	0,9521375	7,10%
Porcelanato de piso	0,1519128	1,13%
Total	13,4090443	100,00%

Fonte: A autora (2026)

Observa-se, portanto, que blocos cerâmicos e madeira para fôrmas concentram aproximadamente 69,32% da geração potencial estimada, enquanto o chapisco e emboço responde por outros 22,44%. Esses três grupos, em conjunto, representam aproximadamente 91,76% do volume potencial de RCC analisado. O resultado evidencia que a contribuição de um material para a geração de resíduos depende não apenas de seu índice de perda, mas também da quantidade utilizada no processo construtivo.

Os resultados obtidos devem ser interpretados considerando que os coeficientes de perdas empregados foram obtidos a partir de estudos realizados em diferentes contextos construtivos. Oliveira et al. (2020), por exemplo, propuseram um procedimento baseado em modelagem BIM e em índices de perdas compilados da literatura para estimar a geração de RCC ainda na etapa de projeto. No estudo dos autores, a argamassa de assentamento apresentou a maior participação na geração estimada, correspondendo a aproximadamente 56% do volume total, enquanto os demais materiais apresentaram participações inferiores.

No presente estudo, entretanto, a distribuição da geração potencial foi diferente, com maior participação dos blocos cerâmicos (35,25%), da madeira para fôrmas (34,07%) e do chapisco e emboço (22,44%). Essa diferença pode ser explicada pelas características específicas da edificação analisada, pelos quantitativos dos materiais considerados e pela seleção dos parâmetros de perda utilizados. Assim, a contribuição de cada material resulta da combinação entre a quantidade prevista no projeto e o respectivo coeficiente de perda, não sendo possível atribuir diretamente o comportamento encontrado na residência aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2020).

A madeira para fôrmas requer interpretação específica, uma vez que o índice de 63,3% adotado na estimativa corresponde à categoria “madeira em geral” apresentada por Oliveira et al. (2020), e não especificamente à madeira utilizada em sistemas de fôrmas. Dessa forma, esse coeficiente deve ser entendido como um parâmetro de referência transferido para o material analisado, e não como um índice específico de perdas de fôrmas para a residência estudada.

Essa limitação é particularmente relevante porque as perdas de madeira em sistemas de fôrmas podem ser influenciadas por fatores específicos do processo executivo. Bampi (2018), em estudo realizado em três obras brasileiras, analisou diretamente perdas de madeira empregada em sistemas de fôrmas e identificou um acréscimo médio de 11,82% no custo dos insumos de madeira devido às perdas. A autora relacionou as perdas principalmente ao número de reutilizações considerado e à falta de organização e separação da madeira no canteiro.

A comparação evidencia, portanto, que o coeficiente de 63,3% utilizado neste estudo não deve ser interpretado como uma taxa observada de geração de resíduos de fôrmas na residência analisada. Além da diferença entre os indicadores utilizados, volume potencial de RCC no estudo de Oliveira et al. (2020) e acréscimo de custo por perdas no estudo de Bampi, existem diferenças de sistema construtivo, condições de obra, número de reutilizações e procedimentos de armazenamento e manuseio.

Essa consideração também se aplica aos demais materiais analisados. Os coeficientes utilizados representam parâmetros de referência provenientes de outros estudos e condições construtivas, empregados nesta pesquisa para estabelecer uma estimativa inicial da geração potencial. Portanto, o volume total de 13,41 m³ não corresponde à quantidade efetivamente gerada pela residência, mas a uma estimativa calculada a partir dos quantitativos de projeto e dos índices selecionados. Seu uso está relacionado à construção de uma linha de referência para posterior avaliação do potencial de redução associado à aplicação do Kit Obra Limpa.

Dessa forma, os resultados devem ser compreendidos como uma linha de base teórica para análise da aplicação do Kit Obra Limpa, e não como previsão determinística da geração de RCC da edificação, uma vez que a geração efetiva depende das condições de execução, das práticas de gestão, do comportamento da mão de obra, do armazenamento, do manuseio e das possibilidades de reutilização dos materiais.

Apesar das limitações inerentes à utilização de índices médios da literatura, a estimativa permite estabelecer uma referência quantitativa para o conjunto de materiais analisados e identificar aqueles com maior participação potencial na geração de RCC. Esses resultados são utilizados, nas etapas seguintes, em conjunto com as características dos processos construtivos, para orientar a identificação das situações de perdas e das ações de gerenciamento aplicáveis ao estudo de caso.

4.3 FONTES POTENCIAIS DE PERDAS E REQUISITOS DE GERENCIAMENTO

A estimativa da geração potencial de referência permite identificar a representatividade dos materiais analisados, mas não indica, isoladamente, em

quais situações do processo construtivo as perdas podem ocorrer ou quais medidas são necessárias para seu gerenciamento. Dessa forma, os materiais e serviços considerados no estudo foram analisados em relação às etapas de recebimento, armazenamento, movimentação e execução, bem como às práticas de segregação, acondicionamento e controle dos resíduos gerados.

Como exemplificado no quadro 2, a análise buscou relacionar as situações potencialmente associadas às perdas e às dificuldades de gerenciamento às respectivas consequências e aos requisitos necessários para sua prevenção ou controle. Essa relação constituiu a base para a definição dos instrumentos posteriormente incorporados ao Kit Obra Limpa.

Quadro 2 – Situações potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento identificados no estudo de caso

(Continua)

Material/serviço	**Etapa**	**Situação potencial identificada**	**Possível consequência**	**Requisito de gerenciamento ou prevenção**
Blocos cerâmicos	Recebimento e armazenamento	Possibilidade de danos durante o recebimento ou armazenamento sem proteção adequada	Risco de quebra, perda de peças e necessidade de reposição	Conferência no recebimento e armazenamento protegido e organizado
Blocos cerâmicos	Movimentação e execução	Risco de perdas associado ao manuseio, cortes e ajustes das peças	Possibilidade de quebras, recortes e sobras	Planejamento da movimentação, dos cortes e da execução

Quadro 2 – Situações potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento identificados no estudo de caso

(Continuação)

Material/serviço	Etapa	Situação potencial identificada	Possível consequência	Requisito de gerenciamento ou prevenção
Chapisco e emboço	Preparação e execução	Possibilidade de perdas decorrentes de preparo excessivo, quedas e aplicação com espessura superior à prevista	Geração de sobras e aumento do consumo de material	Planejamento do preparo, organização da movimentação e controle da aplicação
Porcelanato de piso	Recebimento e armazenamento	Possibilidade de danos às peças durante o recebimento, armazenamento ou manuseio	Risco de quebra e perda de peças	Conferência no recebimento e armazenamento protegido e organizado
Porcelanato de piso	Execução	Risco de perdas associado a cortes, ajustes e quebras durante a aplicação	Possibilidade de geração de recortes e peças descartadas	Planejamento da paginação, dos cortes e do manuseio
Argamassa de assentamento	Preparação e execução	Possibilidade de perdas decorrentes de preparo excessivo, derramamentos e sobras	Aumento do consumo e geração de resíduos	Dimensionamento do preparo, organização do transporte e controle da utilização

Quadro 2 – Situações potenciais de perdas e requisitos de gerenciamento identificados no estudo de caso

(Conclusão)

Material/serviço	Etapa	Situação potencial identificada	Possível consequência	Requisito de gerenciamento ou prevenção
Madeira para fôrmas	Armazenamento e execução	Risco de perdas associado ao armazenamento inadequado, cortes e danos durante a desforma	Possibilidade de descarte precoce e redução do potencial de reutilização	Organização do armazenamento, planejamento dos cortes e preservação das peças
Todos os materiais	Controle	Necessidade de identificação e registro das possíveis ocorrências de perdas	Dificuldade de identificar causas e prevenir reincidências	Registro de ocorrências, causas, ações corretivas e reincidência
RCC gerados	Gerenciamento	Possibilidade de mistura dos resíduos e ausência de identificação no ponto de geração	Dificuldade de segregação, acondicionamento e encaminhamento	Segregação na fonte, identificação e acondicionamento adequado

Fonte: A autora (2026).

As situações identificadas evidenciam que a geração e o gerenciamento dos RCC não estão associados a um único momento da execução, podendo surgir desde o recebimento e armazenamento dos materiais até sua movimentação, aplicação e destinação das sobras. A análise do quadro mostra que algumas situações potenciais de perdas se repetem entre diferentes materiais, especialmente os riscos associados ao armazenamento e à movimentação, presentes nos blocos cerâmicos, porcelanato, chapisco e emboço e argamassa de assentamento, além da necessidade de controle no recebimento de materiais suscetíveis a danos, particularmente blocos cerâmicos e porcelanato. Dessa forma, evidencia-se a

necessidade de ações preventivas e de gerenciamento distribuídas ao longo das diferentes etapas do processo construtivo.

As situações relacionadas a cortes, ajustes e quebras concentram-se nos materiais que dependem de peças ou elementos com dimensões definidas. Nos blocos cerâmicos e no porcelanato, essas situações estão associadas à necessidade de cortes e ajustes durante a execução, enquanto, na madeira para fôrmas, relacionam-se também ao corte e à retirada das fôrmas. Já as situações de preparo em quantidade superior à necessária, derramamentos e sobras são características principalmente dos materiais aplicados em forma de argamassa, abrangendo o chapisco e o emboço e a argamassa de assentamento.

A madeira para fôrmas apresenta ainda uma situação específica relacionada ao seu potencial de aproveitamento após a utilização, uma vez que peças retiradas das fôrmas podem permanecer em condições de uso. Dessa forma, além das ações preventivas relacionadas ao armazenamento, corte e desforma, esse material demanda avaliação quanto à preservação das peças e à possibilidade de reutilização. Por outro lado, a necessidade de registro e acompanhamento das ocorrências é comum a todos os materiais analisados, pois permite identificar as causas das perdas e verificar a reincidência das situações ao longo da execução.

Observa-se, portanto, que as situações potenciais identificadas podem ser agrupadas em diferentes conjuntos de problemas: armazenamento e movimentação, que possuem caráter transversal; cortes, ajustes e quebras, mais associados a materiais em peças; preparo e aplicação, relacionados principalmente às argamassas; e controle e aproveitamento, que complementam as medidas de prevenção e gerenciamento. Essa organização contribui para evitar a definição de instrumentos isolados para cada material, permitindo que um mesmo requisito de gerenciamento possa atender a diferentes situações do processo construtivo.

As situações potenciais identificadas no estudo de caso apresentam relação com aspectos de gestão abordados na literatura sobre canteiros de obras e gerenciamento de resíduos. Santos et al. (2024) relacionam planejamento e controle às práticas de gestão sustentável do canteiro e destacam, entre os aspectos analisados, o armazenamento de materiais e a

circulação de materiais, equipamentos, máquinas e veículos. Os autores também mencionam a importância do monitoramento contínuo e de ações preventivas para a melhoria da gestão ambiental nos canteiros.

De forma complementar, She et al. (2024), em estudo qualitativo baseado em entrevistas e estudos de caso de projetos de construção na Austrália, identificaram como estratégias de gerenciamento a gestão dos materiais no canteiro, a disponibilização de espaços para armazenamento e separação dos resíduos e a organização dos recursos e espaços destinados à gestão dos resíduos. Os autores também incluem a separação dos resíduos na fonte entre as estratégias de gerenciamento analisadas.

Nesse contexto, a presença, no presente estudo, de situações potenciais relacionadas ao recebimento, armazenamento, movimentação, execução e controle é coerente com os aspectos de gestão discutidos na literatura. Essa correspondência, entretanto, não significa que as situações tenham sido observadas na residência analisada, uma vez que o estudo não compreende o acompanhamento de uma obra executada. Os resultados representam, portanto, situações consideradas relevantes para a análise preventiva e para a definição dos requisitos de gerenciamento do Kit Obra Limpa.

A análise também permitiu distinguir situações de caráter mais abrangente, como armazenamento, movimentação e controle, de situações relacionadas a características específicas dos serviços, como cortes e quebras de blocos e revestimentos, preparo e aplicação de argamassas e preservação da madeira de fôrmas. Essa distinção foi utilizada como base para relacionar os requisitos identificados aos instrumentos do Kit Obra Limpa.

A partir do quadro, os requisitos identificados podem ser agrupados segundo sua função predominante em três grupos: (a) gerenciamento dos RCC, relacionado à segregação na fonte, identificação e acondicionamento dos resíduos; (b) prevenção e controle de perdas, envolvendo a conferência no recebimento, o armazenamento protegido e organizado, o planejamento da movimentação, dos cortes e do preparo, o controle da aplicação e o registro de ocorrências, causas, ações corretivas e reincidência; e (c) reutilização, reciclagem e valorização, representada, no quadro analisado, pela preservação e avaliação de peças que ainda apresentem possibilidade de aproveitamento.

Observa-se que alguns requisitos podem contribuir para mais de uma função. A organização e proteção do armazenamento, por exemplo, atuam na prevenção de danos aos materiais e também podem contribuir para a conservação de peças com potencial de aproveitamento. Da mesma forma, a segregação e a identificação dos RCC contribuem para o gerenciamento adequado dos resíduos e podem favorecer seu posterior aproveitamento, quando aplicável.

A sistematização dessas situações e requisitos demonstrou a necessidade de combinar instrumentos voltados ao gerenciamento básico dos RCC com mecanismos de prevenção e controle das perdas e, em um nível mais abrangente, com práticas destinadas à reutilização, reciclagem e valorização. Essa organização subsidiou a estruturação progressiva do Kit Obra Limpa, apresentada na seção seguinte.

4.4 DESENVOLVIMENTO E ESTRUTURAÇÃO DO KIT OBRA LIMPA

A partir dos requisitos de gerenciamento, prevenção e valorização identificados no estudo de caso, foi desenvolvido o Kit Obra Limpa como um conjunto integrado de instrumentos técnico-operacionais destinados a apoiar a implementação do PGRCC no canteiro de obras. Sua estruturação buscou transformar diretrizes de gerenciamento de RCC em procedimentos, orientações e registros aplicáveis à rotina de uma obra residencial.

O Kit foi organizado segundo uma lógica progressiva e cumulativa, na qual a ampliação dos níveis corresponde à incorporação de novas práticas e mecanismos de controle. Essa progressão não representa percentuais predeterminados de redução de resíduos, mas diferentes graus de abrangência das ações de gerenciamento, prevenção e valorização contempladas pela proposta.

4.4.1 Níveis de implementação do Kit Obra Limpa

A organização do Kit em três níveis foi estabelecida a partir das funções identificadas na etapa anterior. Como demonstrado no quadro 3, O primeiro nível reúne os requisitos essenciais ao gerenciamento dos RCC; o segundo incorpora mecanismos destinados à prevenção e ao controle das

perdas; e o terceiro amplia a abordagem para a reutilização, reciclagem e valorização, mantendo as ações previstas nos níveis anteriores.

Quadro 3 - Síntese dos níveis do Kit Obra Limpa

Nível	Finalidade predominante	Práticas abrangidas	Instrumentos do Kit
N1 – Gestão básica	Assegurar os requisitos essenciais de gerenciamento dos RCC	Responsabilidades, identificação, segregação, acondicionamento e destinação	PGRCC Aplicado
N2 – Prevenção e controle	Atuar também sobre situações associadas às perdas de materiais	N1 + recebimento, armazenamento, movimentação, execução, controle e registro de perdas	PGRCC Aplicado + Manual Obra Limpa + Organização do Canteiro + Planilha de Controle Preventivo
N3 – Gestão integrada e valorização	Ampliar o aproveitamento dos materiais e o acompanhamento das práticas	N1 + N2 + reutilização, reciclagem, valorização e acompanhamento	PGRCC Aplicado + Manual Obra Limpa + Organização do Canteiro + Planilha de Controle Preventivo + Plano de Reaproveitamento e Reciclagem + Sinalização

Fonte: A autora (2026).

A estrutura progressiva e cumulativa do Kit Obra Limpa decorre da ampliação gradual das funções de gerenciamento contempladas em cada nível. O Nível 1 concentra os requisitos básicos para o gerenciamento dos RCC, estabelecendo responsabilidades, identificação, segregação, acondicionamento e destinação. O Nível 2 mantém essa base e acrescenta práticas voltadas à prevenção e ao controle das perdas de materiais, abrangendo recebimento, armazenamento, movimentação, execução e registro das ocorrências. O Nível 3 incorpora os níveis anteriores e amplia a atuação para o reaproveitamento, a reciclagem e a valorização dos materiais e resíduos remanescentes. Assim, a progressão entre os níveis representa a ampliação das práticas e dos

mecanismos de controle incorporados ao Kit, e não uma expectativa previamente definida de redução dos resíduos.

Essa organização apresenta relação com os conceitos de gestão de resíduos discutidos no referencial teórico. Brasil (2010), conforme apresentado neste trabalho, relaciona o gerenciamento dos RCC à minimização da geração, segregação na fonte, armazenamento adequado, transporte controlado e destinação final. Ibrahim (2016) destaca a importância do planejamento antecipado e do monitoramento contínuo, relacionando a gestão ambiental às decisões de compra, armazenamento, transporte e execução. Nesse sentido, o Nível 1 está relacionado à gestão básica dos resíduos, enquanto o Nível 2 amplia essa abordagem para as etapas do processo construtivo nas quais podem ser adotadas medidas de prevenção e controle.

O Nível 3, por sua vez, relaciona-se aos conceitos de reaproveitamento e economia circular apresentados por She et al. (2024), que discutem estratégias como a triagem dos resíduos, o reaproveitamento de sobras e o uso de materiais reciclados. A partir desses fundamentos, os três níveis foram estruturados neste estudo como partes complementares de um mesmo sistema de gerenciamento, no qual a prevenção atua sobre a geração, o gerenciamento organiza os resíduos produzidos e as estratégias de aproveitamento ampliam as possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais remanescentes.

4.4.2 Instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa

Para operacionalizar as práticas previstas nos diferentes níveis, foram desenvolvidos instrumentos com funções complementares, abrangendo planejamento, orientação, organização do canteiro, registro, comunicação visual e definição de possibilidades de aproveitamento dos materiais e resíduos.

Os instrumentos foram concebidos para atuar de forma integrada, de modo que sua função não se restringe necessariamente a um único nível de implementação. Conforme a abrangência das práticas adotadas, um mesmo instrumento pode fornecer suporte a diferentes etapas do gerenciamento.

Quadro 4 - Instrumentos integrantes do Kit Obra Limpa, finalidades e requisitos atendidos

Instrumento	Finalidade	Requisito atendido	Nível(is) relacionado(s)
PGRCC	Estabelecer a base para o gerenciamento dos RCC e organizar as responsabilidades, procedimentos e destinação	Identificação, segregação, acondicionamento, armazenamento, responsabilidades e destinação dos RCC	**N1, N2 e N3**
Manual Obra Limpa	Orientar a equipe quanto às práticas de prevenção de perdas e à execução organizada das atividades	Recebimento, conferência, armazenamento, movimentação, planejamento da execução, cortes, uso dos materiais e identificação das causas de perdas	**N2 e N3**
Organização do canteiro	Organizar fisicamente as áreas de armazenamento, circulação e posicionamento dos materiais	Armazenamento protegido e organizado, manutenção da área livre e organizada e posicionamento dos materiais próximos aos locais de uso	**N2 e N3**
Planilha de controle preventivo	Registrar e acompanhar ocorrências de perdas e as medidas adotadas para seu controle	Identificação da perda, causa, ação preventiva, responsável, situação e reincidência	**N2 e N3**
Plano de Reaproveitamento e Reciclagem	Orientar a avaliação das sobras e resíduos gerados e definir possibilidades de aproveitamento e encaminhamento	Avaliação para reutilização, encaminhamento para reciclagem ou valorização e registro da destinação	**N3**
Sistema de Sinalização e Segregação	Orientar visualmente a identificação e a separação dos RCC no canteiro	Identificação dos pontos de resíduos, recipientes e classes e segregação dos resíduos	**N3**

Fonte: A autora (2026).

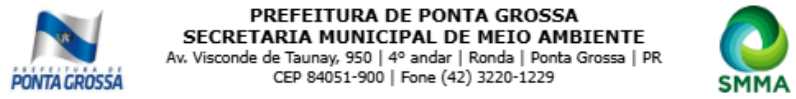
Os instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa foram definidos a partir dos requisitos identificados no Quadro 4, de modo que cada ferramenta atua sobre diferentes necessidades do processo construtivo. O PGRCC estabelece as orientações gerais para o gerenciamento dos RCC, enquanto o Manual Obra Limpa transforma os requisitos de prevenção em orientações para o recebimento, armazenamento, movimentação e execução. A organização do canteiro complementa essas orientações por meio da definição dos locais de armazenamento e circulação, e a planilha de controle preventivo possibilita registrar as ocorrências de perdas, suas causas e as ações adotadas.

Nos casos relacionados aos resíduos que permanecem após as ações de prevenção, o Plano de Reaproveitamento e Reciclagem orienta a avaliação das possibilidades de aproveitamento e encaminhamento, enquanto o Sistema de Sinalização e Segregação auxilia na identificação e separação dos resíduos. A sinalização foi mantida no Nível 3 porque, embora o PGRCC já estabeleça orientações relacionadas à segregação e ao acondicionamento, ele não detalha a identificação visual dos resíduos no canteiro. Nesse sentido, o sistema desenvolvido no Kit complementa essas orientações ao apresentar as classes, exemplos de materiais e suas respectivas destinações, tornando a segregação mais clara e prática para os trabalhadores.

Assim, os instrumentos atuam de forma complementar: o PGRCC estabelece a base do gerenciamento, os instrumentos do Nível 2 apoiam a prevenção e o controle das perdas e os instrumentos do Nível 3 ampliam as possibilidades de aproveitamento e organização dos resíduos remanescentes.

Para demonstrar a aplicação prática da proposta, foram selecionadas figuras representativas dos principais instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa. As imagens apresentadas a seguir têm a finalidade de sintetizar visualmente a estrutura e a aplicação das ferramentas desenvolvidas, enquanto os instrumentos completos são apresentados nos apêndices.

Figura 3 – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)



PREFEITURA DE PONTA GROSSA
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
Av. Visconde de Taunay, 950 | 4º andar | Ronda | Ponta Grossa | PR
CEP 84051-900 | Fone (42) 3220-1229

SMMA

3 Caracterização e quantificação dos RCC

CARACTERIZAÇÃO		QUANTIDADE (m³)		
		Etapa da obra		
Classe	Tipo	Construção	Demolição	Total
A	Solo (terra) Volume solto	-	-	-
	Componentes cerâmicos	4,88	-	**4,88**
	Pré-moldados em concreto	-	-	-
	Argamassa	3,96	-	**3,96**
	Material asfáltico	-	-	-
	Outros	-	-	-
	TOTAL: Classe A	8,84	-	**8,84**
B	Plásticos	-	-	-
	Papel/papelão	-	-	-
	Metais	-	-	-
	Vidros	-	-	-
	Madeiras	4,57	-	**4,57**
	Gesso	-	-	-
	Outros	-	-	-
	TOTAL: Classe B	4,57	-	**4,57**
C	Manta Asfáltica	-	-	-
	Massa de vidro	-	-	-
	Tubos de poliuretano	-	-	-
	Outros (especificar)	-	-	-
	TOTAL: Classe C	-	-	-
D	Tintas	-	-	-
	Solventes	-	-	-
	Oleos	-	-	-
	Materiais com amianto	-	-	-
	Outros materiais contaminados (especificar)	-	-	-
	TOTAL: Classe D	-	-	-
TOTAL ESTIMADO DOS MATERIAIS ANALISADOS :		**13,41**	-	**13,41**

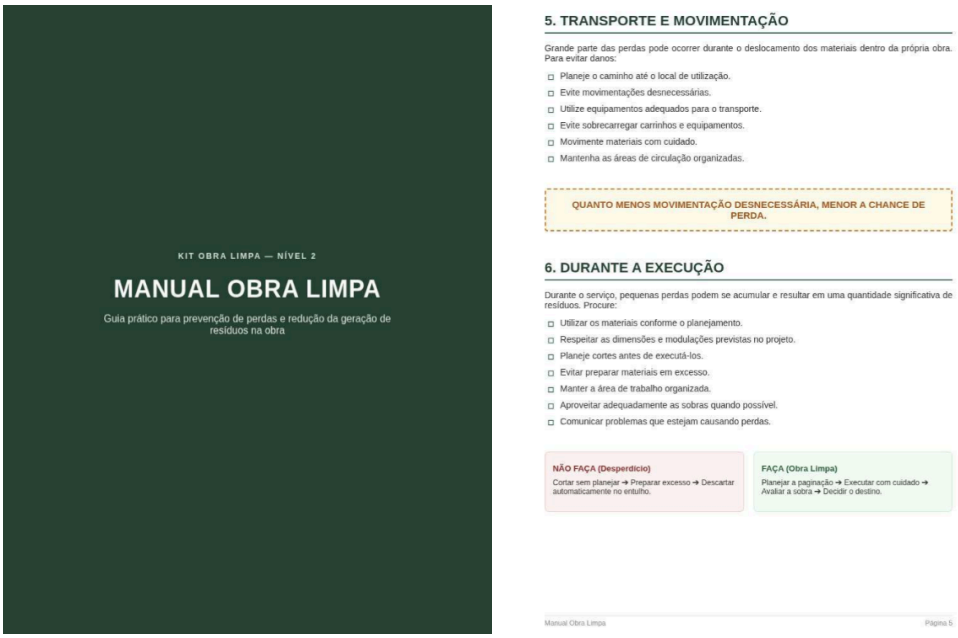
Fonte: Elaborado pela autora, com base no modelo da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa/ SMMA.

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) constitui a base do gerenciamento dos RCC no Kit Obra Limpa, reunindo orientações relacionadas à identificação, segregação, acondicionamento, armazenamento, responsabilidades e destinação dos resíduos gerados na obra.

Para a elaboração da caracterização e quantificação dos RCC no PGRCC, os resíduos estimados para os cinco grupos de materiais analisados foram agrupados de acordo com sua classificação. Os componentes cerâmicos correspondem à soma dos resíduos provenientes dos blocos cerâmicos e do

porcelanato de piso, totalizando 4,88 m³. A categoria argamassa corresponde à soma dos resíduos estimados para chapisco e emboço e para a argamassa de assentamento, totalizando 3,96 m³. A madeira para fôrmas foi considerada na Classe B, com 4,57 m³. Dessa forma, a Classe A totaliza 8,84 m³ e a Classe B, 4,57 m³, resultando na estimativa total de 13,41 m³ para os materiais analisados.

Figura 4 – Manual Obra Limpa



Fonte: A autora (2026).

O Manual Obra Limpa apresenta orientações práticas voltadas à prevenção de perdas durante o recebimento, armazenamento, movimentação e execução dos serviços, além de orientar a identificação das ocorrências e sua relação com a Planilha de controle preventivo.

Figura 5 – Organização do canteiro



Fonte: A autora (2026).

A Organização do canteiro estabelece a disposição dos principais locais de recebimento, armazenamento e apoio, buscando manter os materiais protegidos, organizados e próximos aos locais de utilização.

Figura 6 – Planilha de controle preventivo

Tabela_1

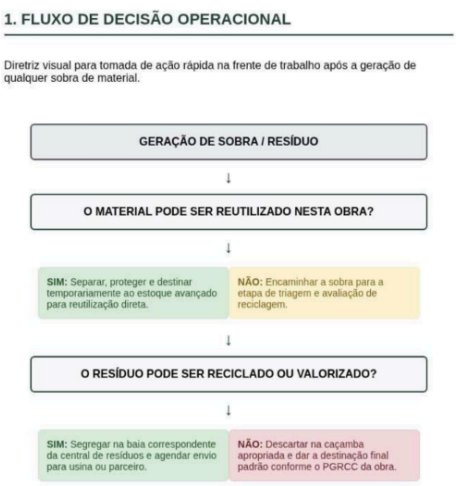
Data	Etapa	Material	Tipo de perda	Causa identificada	Ação preventiva	Responsável	Situação	Reincidiu?

Fonte: A autora (2026).

A Planilha de controle preventivo foi desenvolvida para o registro das ocorrências relacionadas às perdas, permitindo identificar o material envolvido, a causa, a ação preventiva ou corretiva adotada, o responsável e a ocorrência de reincidência.

Figura 7 – Plano de Reaproveitamento e Reciclagem





Fonte: A autora (2026).

O Plano de Reaproveitamento e Reciclagem apresenta um procedimento para avaliação das sobras e resíduos gerados, priorizando a possibilidade de reaproveitamento e, quando não aplicável, orientando a segregação e o encaminhamento para reciclagem, valorização ou destinação adequada.

Figura 8 – Sistema de Sinalização e Segregação



Fonte: A autora (2026).

O Sistema de Sinalização e Segregação utiliza elementos visuais para identificar a área de segregação e facilitar a separação dos resíduos conforme suas classes, contribuindo para a organização do gerenciamento dos RCC no canteiro.

A apresentação dos instrumentos no corpo do trabalho tem como finalidade evidenciar sua estrutura e função dentro do Kit. As versões completas dos documentos são disponibilizadas nos apêndices, permitindo sua consulta e eventual utilização em aplicações futuras.

A estrutura resultante procura, portanto, associar cada instrumento a uma necessidade concreta de gerenciamento ou prevenção identificada no estudo, evitando tratar o Kit apenas como um conjunto de documentos independentes. Sua contribuição depende da utilização articulada dessas ferramentas ao longo das diferentes etapas da obra, aspecto analisado por meio da aplicação simulada apresentada na seção seguinte.

4.5 APLICAÇÃO SIMULADA DO KIT OBRA LIMPA AO ESTUDO DE CASO

Após a definição da estrutura e dos instrumentos do Kit Obra Limpa, foi realizada sua aplicação simulada ao estudo de caso. A análise considerou os materiais e serviços selecionados, as situações potenciais de perdas e os requisitos de gerenciamento identificados anteriormente, buscando demonstrar em quais momentos do processo construtivo os instrumentos propostos poderiam ser utilizados.

Conforme o quadro 5, a aplicação não corresponde à execução física das medidas no canteiro, mas à associação entre as situações previstas para a obra, as ações propostas e os instrumentos destinados a apoiar sua implementação. Dessa forma, a análise permite avaliar a abrangência da proposta e sua relação com as características do estudo de caso, sem atribuir ao Kit resultados de redução que somente poderiam ser verificados durante a execução da obra.

Quadro 5 – Aplicação simulada dos instrumentos do Kit Obra Limpa às situações potenciais identificadas

(Continua)

Material	**Situação potencial**	**Ação proposta**	**Instrumento do Kit**	**Nível**	**Função predominante**
Blocos cerâmicos	Possibilidade de danos durante o recebimento ou armazenamento sem proteção adequada	Conferir os materiais no recebimento e manter armazenamento protegido e organizado	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle
Blocos cerâmicos	Risco de perdas associado ao manuseio, cortes e ajustes das peças	Planejar a movimentação, os cortes e a execução	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle

Quadro 5 – Aplicação simulada dos instrumentos do Kit Obra Limpa às situações potenciais identificadas

(Continuação)

Material	**Situação potencial**	**Ação proposta**	**Instrumento do Kit**	**Nível**	**Função predominante**
Chapisco e emboço	Possibilidade de perdas decorrentes de preparo excessivo, quedas e aplicação com espessura superior à prevista	Planejar o preparo, organizar a movimentaçã o e controlar a aplicação	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle
Porcelana to de piso	Possibilidade de danos às peças durante o recebimento, armazenamento ou manuseio	Conferir os materiais no recebimento e manter armazename nto protegido e organizado	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle
Porcelana to de piso	Risco de perdas associado a cortes, ajustes e quebras durante a aplicação	Planejar a paginação, os cortes e o manuseio das peças	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle
Argamass a de assentam ento	Possibilidade de perdas decorrentes de preparo excessivo, derramamentos e sobras	Dimensionar o preparo, organizar o transporte e controlar a utilização	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle
Madeira para fôrmas	Risco de perdas associado ao armazenamento inadequado, cortes e danos durante a desforma	Organizar o armazename nto, planejar os cortes e preservar as peças	Manual Obra Limpa; Organização do canteiro	N2	Prevenção e controle

Quadro 5 – Aplicação simulada dos instrumentos do Kit Obra Limpa às situações potenciais identificadas

(Conclusão)

Material	**Situação potencial**	**Ação proposta**	**Instrumento do Kit**	**Nível**	**Função predominante**
Madeira para fôrmas	Possibilidade de descarte precoce de peças com potencial de aproveitamento	Avaliar as peças após a utilização e direcionar aquelas com possibilidade de reaproveitamento	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem	N3	Valorização
Todos os materiais	Necessidade de identificação e registro das possíveis ocorrências de perdas	Registrar as ocorrências, suas causas, as ações adotadas e a reincidência	Planilha de controle preventivo	N2	Prevenção e controle
RCC gerados	Possibilidade de mistura dos resíduos e ausência de identificação no ponto de geração	Segregar os resíduos na fonte, identificar os pontos e manter acondicionamento adequado	PGRCC; Sistema de Sinalização e Segregação	N1/N3	Gerenciamento

Fonte: A autora (2026).

A aplicação simulada evidencia que os instrumentos apresentam funções distintas e complementares ao longo do processo construtivo. Enquanto determinadas ferramentas organizam procedimentos básicos de gerenciamento dos RCC, outras atuam sobre situações anteriores à geração

do resíduo, buscando controlar condições associadas às perdas de materiais, e outras ampliam as possibilidades de aproveitamento dos materiais e resíduos remanescentes.

4.5.1 Gerenciamento dos RCC

No estudo de caso, o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) constitui o instrumento correspondente ao Nível 1 do Kit Obra Limpa e estabelece a base para o gerenciamento dos RCC gerados durante a execução da residência. Sua aplicação simulada contempla a definição das responsabilidades envolvidas, a identificação e classificação dos resíduos, os procedimentos de segregação e acondicionamento, o armazenamento temporário e o encaminhamento para destinação adequada.

No contexto da obra estudada, o PGRCC seria utilizado desde o início da execução, orientando a equipe quanto aos procedimentos a serem adotados à medida que os resíduos fossem gerados. Dessa forma, cada classe de RCC seria identificada e destinada ao acondicionamento correspondente, mantendo-se a separação dos materiais e o controle das etapas de armazenamento, transporte e destinação. O plano também estabelece as responsabilidades dos envolvidos no gerenciamento, permitindo definir quem deve executar e acompanhar os procedimentos previstos.

Assim, o PGRCC representa a estrutura mínima de gerenciamento adotada no Nível 1, permitindo organizar os resíduos gerados na obra sem atribuir a esse nível uma redução quantitativa da geração. Sua função está relacionada ao atendimento dos requisitos básicos de gestão dos RCC, constituindo a condição inicial para a aplicação dos níveis posteriores do Kit.

4.5.2 Prevenção e controle de perdas

A prevenção e o controle de perdas constituem uma função distinta do gerenciamento dos RCC já gerados, pois atuam principalmente sobre as etapas anteriores à transformação do material em resíduo. No estudo de caso, foram consideradas como situações potenciais de perdas o recebimento e armazenamento dos blocos cerâmicos e do porcelanato, a movimentação e execução dos blocos, os cortes e ajustes dos elementos em peças, o preparo e

a aplicação do chapisco, emboço e argamassa de assentamento, além do armazenamento, corte e desforma da madeira para fôrmas. Também foi considerada a necessidade de registrar as ocorrências de perdas, suas causas e as ações adotadas para seu controle.

Nesse contexto, o Manual Obra Limpa atua como instrumento de orientação das práticas preventivas ao longo da execução. No recebimento, orienta a conferência da quantidade e das condições dos materiais; no armazenamento, estabelece práticas relacionadas à proteção, organização e definição dos locais de guarda; na movimentação, orienta o planejamento do percurso e o cuidado no transporte; e, durante a execução, aborda o uso dos materiais conforme o planejamento, o respeito às dimensões e à modulação, o planejamento de cortes e ajustes e a avaliação das sobras antes do descarte. Essas orientações são aplicáveis aos diferentes materiais analisados, com maior relação, no estudo de caso, aos blocos cerâmicos, porcelanato, argamassas e madeira.

A Organização do canteiro foi desenvolvida a partir do projeto da residência estudada, propondo a disposição dos espaços destinados ao recebimento e à descarga de materiais, ao armazenamento de blocos cerâmicos, argamassas e materiais de acabamento, bem como ao apoio das ferramentas e materiais de uso diário. A proposta também considera a necessidade de manter as áreas organizadas, protegidas e próximas aos locais de utilização, buscando reduzir movimentações e manuseios desnecessários. Essas decisões estão relacionadas às situações potenciais identificadas no item 4.3, especialmente aquelas associadas a danos durante o armazenamento e a perdas decorrentes da movimentação dos materiais. Como não foi definido um lote real para a implantação da residência, a representação apresentada constitui uma proposta de organização associada ao estudo projetual, elaborada para demonstrar a aplicação do instrumento no estudo de caso. Em uma aplicação real, sua disposição deverá ser adaptada às condições físicas, às dimensões e às características de acesso do terreno disponível.

Já a Planilha de controle preventivo atua após a identificação de uma ocorrência, permitindo registrar o material envolvido, a causa, a ação preventiva ou corretiva, o responsável, a situação e a reincidência. Dessa

forma, enquanto o Manual e a Organização do canteiro orientam práticas que podem evitar a ocorrência da perda, a Planilha permite acompanhar as situações que eventualmente ocorram e utilizar essas informações para identificar causas e orientar ações de controle.

A distinção entre prevenção e gerenciamento dos resíduos é importante para a interpretação da proposta. O gerenciamento dos RCC refere-se às ações aplicadas aos resíduos que já foram gerados, enquanto a prevenção busca atuar anteriormente, sobre as condições de recebimento, armazenamento, movimentação e execução que podem resultar em danos, cortes, quebras, excessos de preparo, sobras e retrabalho. Assim, a aplicação do Nível 2 não substitui o PGRCC, que constitui a base do gerenciamento dos RCC, mas acrescenta instrumentos destinados a atuar sobre as causas potenciais das perdas ao longo do processo construtivo. Essa lógica está de acordo com o referencial adotado no trabalho, no qual Ibrahim (2016) relaciona a gestão ambiental ao planejamento antecipado e ao monitoramento contínuo, incluindo decisões de compra, armazenamento, transporte e execução.

De forma complementar, Santos et al. (2024) relacionam o planejamento e o controle às práticas de gestão sustentável no canteiro, destacando aspectos como o armazenamento de materiais, a circulação e o acompanhamento das atividades. Esses estudos sustentam a pertinência das etapas selecionadas para a análise, mas não permitem afirmar que as perdas identificadas na literatura ocorrerão necessariamente na residência estudada. No presente trabalho, portanto, as situações são tratadas como potenciais e os instrumentos do Kit são apresentados como meios de orientar e acompanhar sua prevenção e controle, sem atribuir percentuais de redução ao Manual, à Organização do canteiro ou à Planilha na ausência de evidência quantitativa específica para a aplicação simulada.

4.5.3 Reutilização, reciclagem e valorização

A partir dos materiais e serviços analisados no estudo de caso, foram avaliadas as possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais e resíduos remanescentes após as etapas de prevenção e gerenciamento. Entre os materiais estudados, blocos cerâmicos, porcelanato e madeira apresentam possibilidade de reaproveitamento, desde que as sobras

ou peças remanescentes estejam em condições adequadas de uso e sejam armazenadas de forma a evitar danos. Para os materiais que não apresentam possibilidade de reutilização no próprio canteiro, como argamassa, chapisco e emboço, o Kit prevê a avaliação de alternativas de reciclagem ou valorização, condicionadas à segregação adequada, à ausência de contaminação e à existência de destinação compatível. Já materiais sem alternativa prevista de reaproveitamento, reciclagem ou valorização no escopo adotado, como massa corrida e pintura, devem seguir a destinação correspondente definida no gerenciamento dos RCC.

Nesse processo, o Sistema de Sinalização e Segregação exerce função de apoio à separação dos resíduos desde sua geração, contribuindo para que os materiais destinados à reutilização, reciclagem ou valorização permaneçam identificados e separados dos demais fluxos. Dessa forma, as alternativas apresentadas no quadro dependem não apenas das características do material, mas também das condições de armazenamento, conservação, segregação e disponibilidade de destinação adequada.

O Quadro 6 abaixo apresenta as possibilidades de reutilização, reciclagem e valorizações dos materiais analisados no estudo de caso:

Quadro 6 – Possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais e resíduos do estudo de caso

(Continua)

Material/fluxo	**Possibilidade de aproveitamento**	**Condições para aplicação**	**Ação prevista no Kit**	**Instrumento(s) relacionado(s)**	**Nível**
Blocos cerâmicos	Reutilização de peças inteiras ou com dimensões aproveitáveis	Peças em condições de uso, sem danos que comprometam sua aplicação e armazenamento adequado	Separar e armazenar as peças com potencial de reutilização	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem	N3

Porcelanato	Reutilização de peças e recortes aproveitáveis	Peças preservadas, sem danos e armazenadas de forma a evitar quebras	Avaliar os recortes e peças remanescentes antes do descarte	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem	N3

Quadro 6 – Possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais e resíduos do estudo de caso

(Continuação)

Material/fluxo	**Possibilidade de aproveitamento**	**Condições para aplicação**	**Ação prevista no Kit**	**Instrumento(s) relacionado(s)**	**Nível**
Madeira	Reutilização de peças e aproveitamento em outras aplicações na obra	Peças preservadas, sem danos ou contaminação que inviabilizem o uso e armazenamento protegido	Selecionar, preservar e armazenar peças potencialmente reutilizáveis	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem	N3
Argamassa de assentamento	Reciclagem/ valorização, quando houver destinação compatível	Segregação adequada e ausência de condições que inviabilizem o encaminhamento	Separar o material remanescente e avaliar possibilidade de encaminhamento	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem + Sistema de Sinalização e Segregação	N3
Chapisco e emboço	Reciclagem/ valorização, quando houver destinação compatível	Segregação adequada e ausência de contaminação que impeça o encaminhamento	Manter separado dos demais resíduos e avaliar destinação compatível	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem + Sistema de Sinalização e Segregação	N3

Resíduos de madeira, metais, plásticos, papel, papelão, vidro e gesso	Reciclagem/ valorização	Segregação na fonte, armazenamento adequado e existência de destinação compatível	Identificar e separar os resíduos conforme sua classificação	Plano de Reaproveitamento e Reciclagem + Sistema de Sinalização e Segregação	N3

Quadro 6 – Possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização dos materiais e resíduos do estudo de caso

(Conclusão)

Material/fluxo	**Possibilidade de aproveitamento**	**Condições para aplicação**	**Ação prevista no Kit**	**Instrumento(s) relacionado(s)**	**Nível**
Resíduos sem possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem	Destinação adequada	Identificação, acondicionamento e encaminhamento conforme a destinação prevista	Segregar, identificar e encaminhar para destinação compatível	PGRCC + Sistema de Sinalização e Segregação	N1, N2 e N3

Fonte: A autora (2026).

A análise do Quadro 6 demonstra que as possibilidades de reutilização, reciclagem ou valorização variam de acordo com o material e com as condições em que este se encontra após a execução dos serviços. Os resultados quantitativos indicaram que os blocos cerâmicos, a madeira para fôrmas e o chapisco e emboço concentram, conjuntamente, aproximadamente 91,76% do volume potencial de referência estimado para os materiais analisados, justificando a priorização desses fluxos na aplicação simulada do Kit Obra Limpa.

Para os blocos cerâmicos, prevê-se a seleção e o armazenamento de peças inteiras ou com dimensões aproveitáveis, visando à reutilização. Para a madeira, as ações envolvem a seleção, a preservação e o armazenamento

adequado das peças que possam ser utilizadas novamente. Já para os resíduos de chapisco e emboço, prioriza-se a segregação e a avaliação de alternativas de destinação compatíveis. Essas ações são apoiadas pelo Plano de Reaproveitamento e Reciclagem e, quando necessário, pelo Sistema de Sinalização e Segregação. Ressalta-se que a maior participação na geração potencial estimada não significa, necessariamente, maior potencial de redução, reutilização ou reciclagem, pois o aproveitamento depende das características dos materiais, de suas condições de conservação e da disponibilidade de alternativas de destinação.

Ressalta-se, entretanto, que essas estratégias não representam, necessariamente, redução da geração de resíduos. A prevenção atua sobre as situações que podem gerar perdas de materiais antes que estes se transformem em resíduos, enquanto a reutilização, a reciclagem e a valorização atuam sobre materiais e resíduos que já permaneceram como sobras ou foram gerados no processo construtivo. Assim, essas estratégias possuem funções distintas e complementares: a prevenção busca evitar a geração, enquanto o reaproveitamento, a reciclagem e a valorização buscam manter materiais em uso ou reduzir a quantidade encaminhada à disposição final.

A aplicação simulada demonstra, portanto, como os instrumentos que compõem o Kit podem ser associados às diferentes etapas e situações previstas para o estudo de caso. A análise evidencia que sua atuação não se limita ao gerenciamento dos resíduos após sua geração, incorporando também medidas preventivas e possibilidades de valorização. Entretanto, os efeitos dessas ações sobre a quantidade efetivamente gerada e destinada somente poderão ser determinados mediante sua aplicação e acompanhamento em uma obra executada.

4.6 ANÁLISE INTEGRADA DA PROPOSTA

A análise dos resultados permite compreender o Kit Obra Limpa como uma proposta de organização do gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC), integrando ações de prevenção de perdas, controle, segregação e valorização dos materiais. Seus instrumentos contemplam diferentes etapas do

processo construtivo, desde o recebimento dos materiais até o gerenciamento dos resíduos gerados.

A organização em níveis progressivos permite incorporar essas práticas de forma cumulativa. A evolução entre os níveis não representa percentuais predeterminados de redução de resíduos, mas a ampliação das ações e dos mecanismos de controle incorporados à gestão da obra.

Os requisitos identificados no item 4.3 encontram correspondência nos instrumentos desenvolvidos. O recebimento, o armazenamento e a movimentação dos materiais são contemplados pelo Manual Obra Limpa e pela Organização do canteiro, enquanto a Planilha de controle preventivo auxilia no acompanhamento das perdas. Para os RCC gerados, o PGRCC e o Sistema de Sinalização e Segregação orientam a identificação, o acondicionamento e a destinação, enquanto o Plano de Reaproveitamento e Reciclagem contempla alternativas de reutilização e valorização dos materiais.

A integração entre os instrumentos permite organizar ações desde a prevenção de perdas até a destinação dos resíduos. A aplicação simulada demonstrou possibilidades de utilização do Kit como suporte ao planejamento, à organização do canteiro e à implementação do PGRCC. Entretanto, sua execução depende das condições reais da obra, da disponibilidade de recursos e do envolvimento dos trabalhadores e responsáveis. Além disso, o gerenciamento adequado dos resíduos não garante, necessariamente, a redução de sua geração, sendo necessárias medidas preventivas relacionadas ao recebimento, armazenamento, movimentação e utilização dos materiais.

Os resultados devem ser interpretados considerando as limitações do estudo. Como a aplicação ocorreu de forma simulada, em uma edificação ainda não executada, não foi possível verificar a geração real de RCC, a adesão dos profissionais aos instrumentos ou seus efeitos quantitativos sobre as perdas. Além disso, os índices utilizados para estimar a geração potencial foram obtidos na literatura e representam diferentes contextos construtivos, não correspondendo necessariamente às condições específicas da residência analisada.

Particularmente para a madeira utilizada em fôrmas, foi adotado o coeficiente de 0,633 m³/m³, de Oliveira et al. (2020), correspondente à categoria geral de “madeira em geral”. Esse valor resulta da compilação de

índices de perdas encontrados por diferentes autores, não representando uma taxa específica de geração de resíduos de fôrmas. Para os demais materiais, também foram utilizados índices associados às respectivas categorias da literatura, como “argamassa paredes” para chapisco e emboço. Dessa forma, os resultados devem ser compreendidos como estimativas potenciais de referência.

Outra limitação refere-se à organização simulada do canteiro, que não permitiu verificar as adaptações necessárias em uma execução real, a disponibilidade efetiva de recursos ou a viabilidade das alternativas de reutilização, reciclagem e destinação. Também não foi possível avaliar a contratação de transportadores, a aceitação dos resíduos pelos destinatários ou a efetiva realização dos encaminhamentos previstos.

Assim, os resultados representam uma avaliação da estruturação e da aplicabilidade potencial do Kit Obra Limpa ao estudo de caso. Sua efetividade na prevenção de perdas e no gerenciamento dos RCC dependerá de sua aplicação em uma obra executada e do acompanhamento de sua utilização em condições reais.

Para aplicações futuras, recomenda-se acompanhar os quantitativos efetivamente consumidos e descartados, registrar as ocorrências de perdas e suas causas, verificar a utilização dos instrumentos e documentar as quantidades reutilizadas, recicladas e destinadas. Também devem ser registradas as condições operacionais que influenciam a implementação das práticas, como disponibilidade de espaço, recursos, transporte e alternativas de destinação. Essas informações permitirão comparar as condições previstas no projeto com aquelas observadas durante a execução.

Dessa forma, o Kit Obra Limpa constitui uma proposta técnico-operacional desenvolvida a partir das necessidades identificadas no estudo de caso. Sua contribuição está na integração de instrumentos voltados ao planejamento, à prevenção de perdas e ao gerenciamento dos RCC, cuja efetividade poderá ser avaliada em aplicações futuras, mediante acompanhamento em obras reais.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um Kit Obra Limpa como instrumento técnico-operacional para apoiar a implementação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) em uma residência unifamiliar, integrando ações de gerenciamento, prevenção e controle de perdas e valorização dos resíduos. A partir da revisão bibliográfica e normativa, do desenvolvimento do projeto arquitetônico, da modelagem em BIM, da quantificação dos materiais e da estimativa da geração potencial de referência, foi possível estruturar e aplicar de forma simulada os instrumentos propostos ao estudo de caso.

A estimativa realizada para os cinco grupos de materiais analisados resultou em uma geração potencial de referência de 13,41 m³ de RCC. Os blocos cerâmicos apresentaram a maior participação, com 35,25%, seguidos pela madeira para fôrmas, com 34,07%, e pelo chapisco e emboço, com 22,44%. Em conjunto, esses três grupos representaram aproximadamente 91,76% da geração potencial estimada. Esses resultados permitiram identificar os materiais de maior representatividade no estudo e direcionar a análise para as situações do processo construtivo associadas às possíveis perdas.

A partir dessas situações, foram desenvolvidos os instrumentos que compõem o Kit Obra Limpa, organizados em níveis progressivos e cumulativos. O PGRCC constitui o nível base do gerenciamento dos RCC, enquanto os instrumentos do Nível 2 ampliam a atuação para a prevenção e o controle das perdas, por meio de orientações relacionadas ao recebimento, armazenamento, movimentação e utilização dos materiais, além do registro das ocorrências. No Nível 3, são incorporadas ferramentas voltadas ao reaproveitamento, à reciclagem e à valorização dos materiais e resíduos, mantendo-se os procedimentos de identificação e segregação previstos desde o gerenciamento básico.

A aplicação simulada permitiu verificar que os instrumentos desenvolvidos apresentam correspondência com as principais situações de perdas e necessidades de gerenciamento identificadas no estudo de caso. Assim, o Kit pode contribuir para aproximar as orientações estabelecidas no PGRCC das atividades que efetivamente precisam ser organizadas e acompanhadas durante a execução da obra, especialmente no que se refere à

prevenção de perdas, organização do canteiro, registro das ocorrências, segregação e aproveitamento dos materiais e resíduos.

Entretanto, os resultados devem ser interpretados considerando as limitações do estudo. Como a edificação não foi executada, não foi possível verificar a geração real de RCC, a adesão dos trabalhadores aos instrumentos ou a efetividade das medidas propostas na redução das perdas. Além disso, os índices utilizados para estimar a geração potencial foram obtidos na literatura e apresentam limitações de correspondência com as condições específicas da residência estudada, especialmente no caso da madeira para fôrmas, para a qual foi utilizado um índice referente à categoria mais ampla de “madeira em geral”.

Dessa forma, conclui-se que o Kit Obra Limpa constitui uma proposta de apoio à implementação do PGRCC, com potencial para organizar e tornar mais práticas as ações de gerenciamento, prevenção e valorização dos RCC em obras residenciais. A principal contribuição do trabalho está na integração dessas ações em um conjunto de instrumentos aplicáveis ao planejamento e à rotina do canteiro, e não na determinação de um percentual específico de redução de resíduos. A aplicação em uma obra executada constitui uma etapa futura importante para verificar a utilização dos instrumentos, acompanhar os resultados obtidos e avaliar sua efetividade em condições reais.

LISTA DE REFERÊNCIAS

ABECIP. **Construção civil cresce 4,3% e atinge PIB de R$ 359,523 bilhões**. 10 mar. 2025. Disponível em: https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/construcao-civil-cresce-4-3-e-atinge-pib-de-r-359-523-bilhoes. Acesso em: 25 out. 2025.

ABREMA. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2025**. [S. l.]: ABREMA, 2025. Disponível em: https://www.abrema.org.br/download/98191/. Acesso em: 21 out. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **A marca da qualidade do compensado plastificado: norma técnica do compensado plastificado**. Curitiba: ABIMCI, 2023. Disponível em: https://abimci.com.br/publicacao/guia-orientativo-para-classificacao-e-uso-de-chapas-de-compensado-plastificado/. Acesso em: 24 nov. 2026.

AZHAR, S.; NADEEM, A.; MOK, J. Y. N.; LEUNG, B. H. Y. **Building information modeling (BIM)**: a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION IN DEVELOPING COUNTRIES, 1., 2008, Karachi. *Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I): Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice*. Karachi, 2008. p. 435–446.

BAMPI, G. B. **Perdas de madeira na execução do sistema de fôrmas para concreto em obras de construção civil**. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14361. Acesso em: 21 out. 2026.

BRANDÃO, L. B. **Gerenciamento sustentável de resíduos da construção civil**: desafios e soluções. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/56007/1/TCC_-_LAIS_BRANDO_merged.pdf. Acesso em: 21 out. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 mar. 2026.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). **Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 14 × 19 × 39 cm (espessura 14 cm) e argamassa de assentamento com preparo em betoneira**. Composição 103368, AF_12/2021. 2021. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/poder-

publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx. Acesso em: 21 out. 2026.

CAMPANA, A. C. M. B.; SILVA, D. dos S. V. A. da; AGUIRRE, J. M. T.; SÍGOLI, L. dos S. M.; PEREIRA, M. T. **A importância do sistema de gestão ambiental para obtenção de selos sustentáveis na construção civil**: uma revisão narrativa. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. esp., p. 3–17, jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v11e020223-17. Disponível em: https://doi.org/10.19177/rgsa.v11e020223-17. Acesso em: 21 out. 2026.

CONAMA (Brasil). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95–96. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305. Acesso em: 24 mar. 2026.

GARCEZ, L. R.; LEITE, H. E. S. C.; ARAÚJO, J. da S.; FRANÇA, B. de S. M. **Desafios no gerenciamento de resíduos em construção de pequeno porte**. *Revista Engenharia de Interesse Social*, v. 5, n. 6, p. 150–172, 2020. DOI: https://doi.org/10.35507/25256041/reis.v5i6.4682. Disponível em: https://revista.uemg.br/reis/article/view/4682. Acesso em: 21 out. 2026.

IBRAHIM, M. I. M. **Sustainable waste management for campus construction projects – case of UMass, Amherst, USA**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION AND PROJECT MANAGEMENT, 1., 2016, Cairo. *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction and Project Management*. Cairo: Housing and Building National Research Center, 2016. p. 50–67. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.14394/8566. Acesso em: 21 out. 2026.

MATEUS, V. A. C. B.; SOUZA JÚNIOR, A. A. de. **Otimização da gestão de resíduos sólidos na construção civil por meio de modelagem matemática aplicando a tecnologia BIM**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2019, Ponta Grossa. *Anais [...]*. Ponta Grossa: APREPRO, 2019. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10182019_101039_5da9b8df25cda.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

MATTES, W. **A construção civil e o desenvolvimento sustentável**. *VivaGreen*, 9 mar. 2019. Disponível em: https://vivagreen.com.br/greenarq/construcao-civil-e-o-desenvolvimento-sustentavel/. Acesso em: 25 mar. 2026.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback; SANTOS, Lorena Durau Carloto dos; RECALCATTI, Sandileia; VOGT, Vanessa. Estudo de caso: estimativa de geração de resíduos e economia com a reciclagem dos resíduos classe A. In: SILVEIRA, Resiane Paula da (org.). **Engenharia e inovação: construção, gestão e produção**. Formiga, MG: Editora MultiAtual, 2021. p. 8–23. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.5759179.

OLIVEIRA, F. de A.; MAUÉS, L. M. F.; ROSA, C. C. N.; SANTOS, D. de G.; SEIXAS, R. de M. **Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 157–176, out./dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400465. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/jF5yPQhrtNWmtYGTxwBmpXw/. Acesso em: 21 out. 2026.

SANTOS, F. T. dos; FERREIRA, R. L. **Tecnologias sustentáveis como solução aos impactos da expansão urbana**: energia solar e telhado verde. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 9, n. 18, p. 105–120, 2020. DOI: https://doi.org/10.22292/mas.v9i18.872. Disponível em: https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/872. Acesso em: 21 out. 2026.

SANTOS, R. G. dos; PEREIRA, C. C. G. P.; HOPPE, J. H. B.; SILVA, G. de P.; RIBEIRO, A. de O.; MARTINS, A. L. da S. **Planejamento e execução de práticas sustentáveis em canteiro de obras**. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 6, e13313646157, 2024. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v13i6.46157. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/46157. Acesso em: 21 out. 2026.

SHE, Y.; UDAWATTA, N.; LIU, C.; TOKEDE, O. **Circular economy-related strategies to minimise construction and demolition waste generation in Australian construction projects**. *Buildings*, v. 14, n. 8, art. 2487, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings14082487. Disponível em: https://www.mdpi.com/2075-5309/14/8/2487. Acesso em: 21 out. 2026.

SILVA, J. D. dos S. S. **Análise de práticas eficazes no gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras**: proposta de um manual. 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/2051/Jos%C3%A9%20Douglas%20dos%20Santos%20Siqueira%20Silva.pdf?sequence=3. Acesso em: 21 out. 2026.

VASCONCELOS, A. N. S. **A influência da tecnologia BIM na geração minimizada e gestão de resíduos sólidos da indústria de construção civil**. 2016. 63 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/47022. Acesso em: 21 out. 2026.

VIEIRA, C. R.; ROCHA, J. H. A.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, D. M. **Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE**. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, e20180176, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180176. Disponível em: https://www.scielo.br/j/urbe/a/6mm5NGsxZg8RqwGCxxJXmCG/. Acesso em: 21 out. 2026.

WONG, K.; FAN, Q. **Building information modelling (BIM) for sustainable building design**. *Facilities*, v. 31, n. 3/4, p. 138–157, 2013. DOI: https://doi.org/10.1108/02632771311299412. Disponível em: https://www.emerald.com/f/article-abstract/31/3-4/138/99317/Building-information-modelling-BIM-for-sustainable. Acesso em: 21 out. 2026.

APÊNDICE A – PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC)

PREFEITURA DE PONTA GROSSA
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
Av. Visconde de Taunay, 950 | 4° andar | Ronda | Ponta Grossa | PR
CEP 84051-900 | Fone (42) 3220-1229

PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – Simplificado - PGRCCS

Este Plano atende ao Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil - PMGRCC do Município de Ponta Grossa, e o contido no Termo de Referência estabelecido pela SMMA.

1 Identificação

1.1 Do Proprietário do Imóvel / Empreendedor

Nome completo ou Razão Social: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Nome fantasia: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
CPF ou CNPJ: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Endereço Completo: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Bairro: Não se aplica – estudo de caso acadêmico Município: Ponta Grossa
Responsável legal: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Fone: Não se aplica – estudo de caso acadêmico endereço eletrônico: Não se aplica – estudo de caso acadêmico

1.2 Da Atividade

Atividade/ Titulo da Obra: Construção de residência unifamiliar de médio padrão – Estudo de caso
N° do protocolo vinculado: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Endereço completo: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Bairro: Não se aplica – estudo de caso acadêmico Inscrição Cadastral: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Área a Construir (m²): 110m² n.°Pavimentos: 1
(X) Alvenaria ( ) Madeira
Caracterização do processo construtivo: Edificação residencial unifamiliar de médio padrão, executada em sistema convencional de alvenaria, com utilização de blocos cerâmicos, argamassa de assentamento e revestimento, elementos estruturais em concreto armado e formas de madeira, além de serviços de acabamento. O processo construtivo considera diretrizes de racionalização e modulação dimensional, com apoio da modelagem BIM para levantamento de quantitativos e planejamento da geração de resíduos. A execução é associada às estratégias de gerenciamento estabelecidas no PGRCC e operacionalizadas por meio do Kit Obra Limpa.
Data de previsão do início e término da obra: Não definida – estudo de caso acadêmico

2 Responsabilidade pelo PGRCC

2.1 Elaboração do Plano

Responsável técnico pela elaboração (nome e n° do Conselho de Classe): Não se aplica – estudo de caso acadêmico
N° da Anotação de Responsabilidade Técnica: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Empresa responsável, quando couber: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Endereço: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Telefone: Não se aplica – estudo de caso acadêmico endereço eletrônico: Não se aplica – estudo de caso acadêmico

2.2 Implementação do Plano

Responsável técnico pela implementação (nome e n° do Conselho de Classe): Não se aplica – estudo de caso acadêmico
N° da Anotação de Responsabilidade Técnica: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Empresa responsável, quando couber: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Endereço: Não se aplica – estudo de caso acadêmico
Telefone: Não se aplica – estudo de caso acadêmico endereço eletrônico: Não se aplica – estudo de caso acadêmico

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

3 Caracterização e quantificação dos RCC

CARACTERIZAÇÃO		QUANTIDADE (m³)		
		Etapa da obra		
Classe	Tipo	Construção	Demolição	Total
A	Solo (terra) Volume solto	-	-	-
	Componentes cerâmicos	4,88	-	**4,88**
	Pré-moldados em concreto	-	-	-
	Argamassa	3,96	-	**3,96**
	Material asfáltico	-	-	-
	Outros	-	-	-
	TOTAL: Classe A	8,84	-	**8,84**
B	Plásticos	-	-	-
	Papel/papelão	-	-	-
	Metais	-	-	-
	Vidros	-	-	-
	Madeiras	4,57	-	**4,57**
	Gesso	-	-	-
	Outros	-	-	-
	TOTAL: Classe B	4,57	-	**4,57**
C	Manta Asfáltica	-	-	-
	Massa de vidro	-	-	-
	Tubos de poliuretano	-	-	-
	Outros (especificar)	-	-	-
	TOTAL: Classe C	-	-	-
D	Tintas	-	-	-
	Solventes	-	-	-
	Óleos	-	-	-
	Materiais com amianto	-	-	-
	Outros materiais contaminados (especificar)	-	-	-
	TOTAL: Classe D	-	-	-
TOTAL ESTIMADO DOS MATERIAIS ANALISADOS :		**13,41**	**-**	**13,41**

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

PREFEITURA DE PONTA GROSSA
SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE
Av. Visconde de Taunay, 950 | 4° andar | Ronda | Ponta Grossa | PR
CEP 84051-900 | Fone (42) 3220-1229

3.3 Acondicionamento

Os RCC serão acondicionados após sua geração até a etapa de Coleta e Transporte, de modo a permitir, sempre que possível, sua reutilização ou reciclagem.

RESÍDUO		FORMAS DE ACONDICIONAMENTO	QUANTIDADES (m³)
Classe	Tipo		
A	Solos (terra) - Volume solto	-	-
	Componentes cerâmicos	Caçamba estacionária exclusiva para resíduos Classe A.	4,88
	Pré-moldados em concreto	-	-
	Argamassa	Caçamba estacionária exclusiva para resíduos Classe A.	3,96
	Material asfáltico	-	-
	Outros	-	-
B	Plásticos	-	-
	Papel/papelão	-	-
	Metais	-	-
	Vidros	-	-
	Madeiras	Recipiente exclusivo para resíduos Classe B.	4,57
	Gesso	-	-
	Outros	-	-
C	Manta asfáltica	-	-
	Massa de vidro	-	-
	Tubos de poliretano	-	-
	Outros (especificar)	-	-
D	Tintas	-	-
	Solventes	-	-
	Óleos	-	-
	Materiais que contenham amianto	-	-
	Outros materiais contaminados (especificar)	-	-

3.4 Coleta e Transporte dos RCC

A Coleta e Transporte dos RCC será realizada em conformidade com a legislação municipal vigente, por empresa habilitada para tal Atividade, cadastrada junto à SMMA.

CLASSE DO RESÍDUO	EMPRESA RESPONSÁVEL PELO TRANSPORTE	QUANTIDADE ESTIMADA DE TRANSPORTE (m³)	Nº DO CADASTRO (*)
A (solos)	Não se aplica	0,00	Não se aplica
A (exceto solos)	A definir	8,84	A definir
B	A definir	4,57	A definir
C	Não se aplica	0,00	Não se aplica

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

D	Não se aplica	0,00	Não se aplica

(*) Cadastro Municipal de Transportadores de Resíduos da Construção Civil - CMTRCC

3.5 Encaminhamento dado aos RCC

Resíduos Classe A:

Local de destinação ou disposição: Unidade licenciada para recebimento, triagem, reciclagem e/ou disposição adequada de RCC Classe A.	Licença / Autorização Ambiental Nº.: A definir
Endereço: A definir	Órgão expedidor: A definir
Município: Ponta Grossa	Validade: A definir
Indicação Fiscal: A definir	Volume estimado (m³): 8,84
Telefone: A definir	

Resíduos Classe B:

Local de destinação ou disposição: Unidade licenciada para recebimento, triagem, recuperação e reciclagem de resíduos Classe B.	Licença / Autorização Ambiental Nº: A definir
Endereço: A definir	Órgão expedidor: A definir
Município: Ponta Grossa	Validade: A definir
Indicação Fiscal: A definir	Volume estimado (m³): 4,57
Telefone: A definir	

Resíduos Classe C:

Local de destinação ou disposição: Não se aplica	Licença / Autorização Ambiental Nº: Não se aplica
Endereço: Não se aplica	Órgão expedidor: Não se aplica
Município: Não se aplica	Validade: Não se aplica
Indicação Fiscal: Não se aplica	Volume estimado (m³): 0,00
Telefone: Não se aplica	

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

Resíduos Classe D:

Local de destinação ou disposição: Não se aplica	Licença / Autorização Ambiental Nº: Não se aplica
Endereço: Não se aplica	Órgão expedidor: Não se aplica
Município: Não se aplica	Validade: Não se aplica
Indicação Fiscal: Não se aplica	Volume estimado (m³): 0,00
Telefone: Não se aplica	

3.6 Plano de Capacitação:

A capacitação será realizada previamente ao início das atividades de execução, envolvendo os trabalhadores diretamente relacionados à geração, segregação e acondicionamento dos resíduos da construção civil. O objetivo será orientar a equipe quanto aos procedimentos básicos para o gerenciamento dos RCC previstos neste Plano.

Durante a capacitação, serão apresentadas orientações sobre a classificação dos resíduos nas Classes A, B, C e D, bem como sobre a necessidade de segregação, acondicionamento adequado e manutenção da separação entre os diferentes tipos de resíduos. Também serão abordados os procedimentos gerais relacionados à coleta, transporte e destinação dos resíduos.

A capacitação será realizada de forma compatível com as atividades desenvolvidas no canteiro, podendo ser complementada por orientações sempre que identificadas situações de descarte ou acondicionamento inadequado. O registro da capacitação será realizado por meio de lista de presença, contendo a data, os participantes e o conteúdo abordado.

Nós, abaixo assinados, declaramos estarmos cientes de que as informações apresentadas neste PGRCCS, bem como as atualizações necessárias, são de nossa responsabilidade.

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

_____	_____	_____
Proprietário	Responsável Técnico pela elaboração do PGRCCS	Responsável Técnico pela Implementação do PGRCCS

4 Análise do PGRCCS junto a Secretaria Municipal de Meio Ambiente

O presente Plano encontra-se em condições de ser:

( ) Deferido
( ) Indeferido
( ) Reapresentado, contemplando as seguintes adequações:

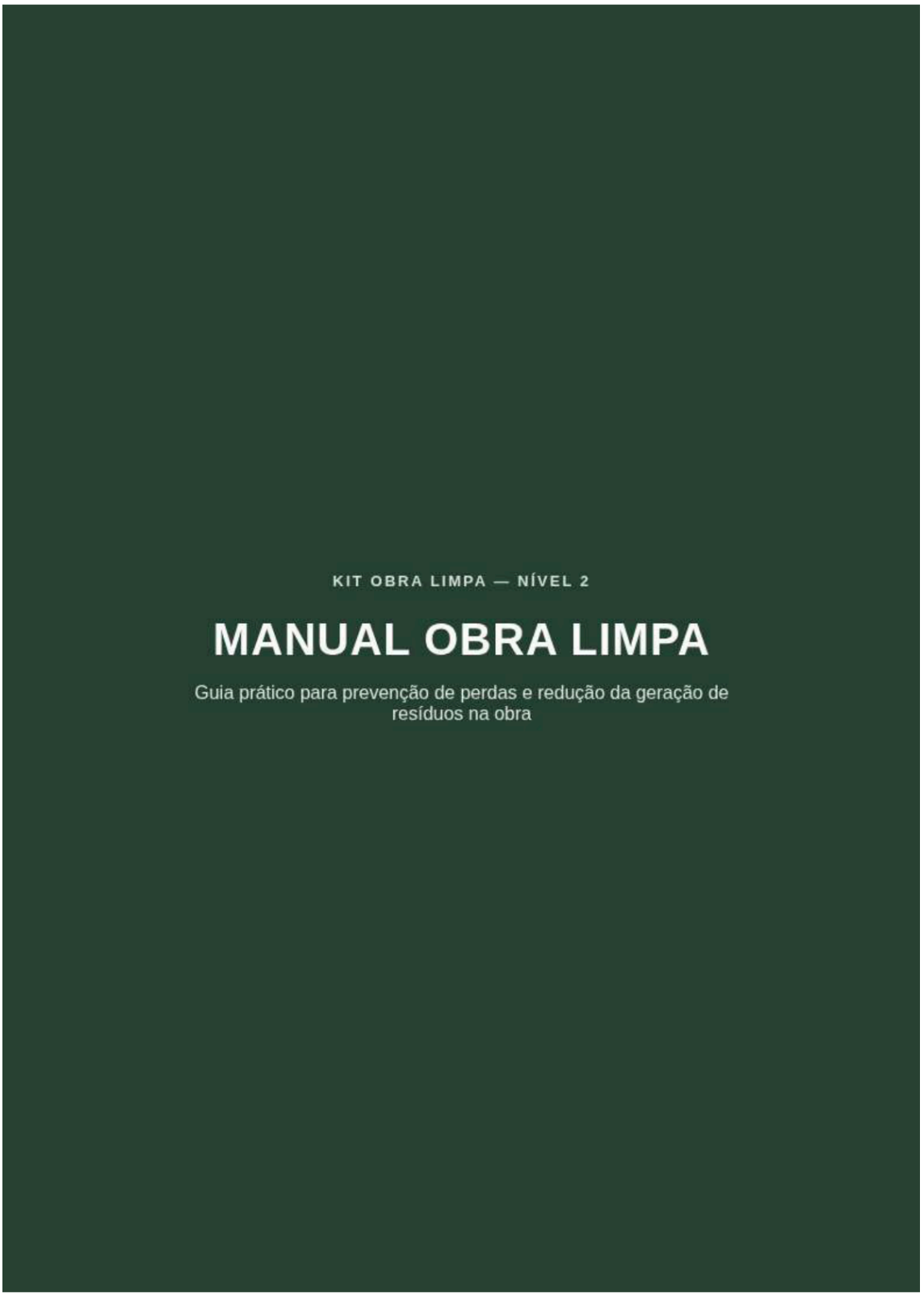
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Data: _____ / _____ / _____

_____
Técnico da SMMA
responsável pela análise

Publicado na edição n° 1.727 do Diário Oficial do Município nos dias 13, 14 e 15 de fevereiro de 2016.

APÊNDICE B – MANUAL OBRA LIMPA



1. APRESENTAÇÃO

A geração de resíduos pode estar relacionada a diferentes situações durante a execução da obra, como perdas no armazenamento, movimentação inadequada, excesso de materiais preparados, cortes e sobras, danos e retrabalhos.

O Manual Obra Limpa foi desenvolvido como uma ferramenta complementar ao PGRCC, reunindo orientações práticas para auxiliar na prevenção dessas perdas e na redução da geração de resíduos durante a execução dos serviços.

> **OBRA LIMPA COMEÇA ANTES DO RESÍDUO SER GERADO.**

2. ANTES DE COMEÇAR: PLANEJE

Uma parte importante da prevenção acontece antes da execução do serviço. Antes de iniciar uma atividade:

- ☐ Verifique o material necessário para o serviço.
- ☐ Confira se os materiais estão disponíveis e em boas condições.
- ☐ Separe apenas o material necessário para a atividade.
- ☐ Verifique o projeto e as dimensions previstas.
- ☐ Planeje cortes e ajustes antes de executá-los.
- ☐ Defina onde os materiais ficarão durante a execução.

EVITE NO PLANEJAMENTO DIÁRIO:

- ✕ Retirar grandes quantidades de material sem necessidade.
- ✕ Improvisar medidas ou cortes.
- ✕ Iniciar o serviço sem conferir o projeto.
- ✕ Deixar materiais espalhados na área de trabalho.

SIGA O FLUXO CORRETO PARA EVITAR DISPERDÍCIOS



3. RECEBIMENTO DOS MATERIAIS

O cuidado com os materiais começa no momento em que eles chegam à obra. Ao receber:

- ☐ Confira a quantidade recebida.
- ☐ Verifique se existem peças quebradas, danificadas ou inadequadas.
- ☐ Separe materiais que apresentem problemas.
- ☐ Confira se o material recebido corresponde ao solicitado.
- ☐ Direcione cada material para seu local de armazenamento.

> **Por que isso é importante?** Materiais danificados ou armazenados incorretamente podem se transformar em perdas antes mesmo de serem utilizados.

RECEBEU → CONFERIU → ORGANIZOU

4. ARMAZENAMENTO

Material bem armazenado = menor chance de perda. Cada material deve ser armazenado de forma compatível com suas características, evitando danos, contaminação e exposição desnecessária.

BOAS PRÁTICAS DE ESTOCAGEM:

- ☐ Defina um local específico para cada material.
- ☐ Mantenha os materiais organizados e de fácil acesso.
- ☐ Proteja os materiais quando necessário.
- ☐ Evite contato inadequado com o solo ou umidade.
- ☐ Não misture materiais diferentes.
- ☐ Mantenha os caminhos de acesso livres.

ATENÇÃO — Evite armazenar materiais:

- Em locais sujeitos à água ou umidade;
- Em áreas de circulação;
- Próximos a locais de descarte;
- Onde possam sofrer impactos ou quedas.

✅ ARMAZENAMENTO CERTO

Materiais elevados do solo sobre paletes, cobertos contra intempéries, identificados por classe e com passagens livres.

✕ ARMAZENAMENTO ERRADO

Sacos e blocos direto na terra úmida, misturados com entulho, bloqueando acessos e expostos a quebras.

5. TRANSPORTE E MOVIMENTAÇÃO

Grande parte das perdas pode ocorrer durante o deslocamento dos materiais dentro da própria obra. Para evitar danos:

- ☐ Planeje o caminho até o local de utilização.
- ☐ Evite movimentações desnecessárias.
- ☐ Utilize equipamentos adequados para o transporte.
- ☐ Evite sobrecarregar carrinhos e equipamentos.
- ☐ Movimente materiais com cuidado.
- ☐ Mantenha as áreas de circulação organizadas.

QUANTO MENOS MOVIMENTAÇÃO DESNECESSÁRIA, MENOR A CHANCE DE PERDA.

6. DURANTE A EXECUÇÃO

Durante o serviço, pequenas perdas podem se acumular e resultar em uma quantidade significativa de resíduos. Procure:

- ☐ Utilizar os materiais conforme o planejamento.
- ☐ Respeitar as dimensões e modulações previstas no projeto.
- ☐ Planeje cortes antes de executá-los.
- ☐ Evitar preparar materiais em excesso.
- ☐ Manter a área de trabalho organizada.
- ☐ Aproveitar adequadamente as sobras quando possível.
- ☐ Comunicar problemas que estejam causando perdas.

NÃO FAÇA (Desperdício)

Cortar sem planejar ➜ Preparar excesso ➜ Descartar automaticamente no entulho.

FAÇA (Obra Limpa)

Planejar a paginação ➜ Executar com cuidado ➜ Avaliar a sobra ➜ Decidir o destino.

7. BOAS PRÁTICAS POR MATERIAL

BLOCOS CERÂMICOS

Para reduzir perdas:

- Planejar a paginação conforme a modulação técnica de projeto.
- Evitar cortes mecânicos ou manuais desnecessários e sem marcação.
- Transportar com zelo utilizando carrinhos plataforma ou gaiolas.
- Armazenar em pilhas estáveis e locais nivelados.
- Avaliar pedaços e partes cortadas antes de descartar no entulho.

> **SE SOBROU:** Verifique se a peça ou fragmento pode ser utilizada em outro trecho de fechamento ou amarração na obra.

ARGAMASSA

Para reduzir perdas:

- Preparar quantidade estritamente compatível com o ritmo de trabalho.
- Evitar a produção excessiva de misturas no fim do expediente.
- Evitar a contaminação por terra, poeira ou argamassa velha seca.
- Manter a central e o local de preparo limpos e organizados.
- Utilizar o material dentro das condições e tempo de pega adequados.

> **SE SOBROU:** Avalie imediatamente se existe possibilidade de utilização em frentes secundárias (enchimentos, shafts) conforme as condições do material.

7. BOAS PRÁTICAS POR MATERIAL (CONT.)

📐 REVESTIMENTOS (PORCELANATOS)

Para reduzir perdas:

- Planejar detalhadamente os cortes e a localização das perdas visuais.
- Conferir as dimensões e vãos reais duas vezes antes do corte físico.
- Armazenar as caixas e peças adequadamente na posição vertical.
- Evitar impactos e batidas duras durante o transporte interno.
- Avaliar pequenos recortes antes de destiná-los à caçamba.

> **SE SOBROU:** Verifique se o recorte possui dimensão e condição para utilização em rodapés, cantos ocultos ou nichos de banheiro.

🪵 MADEIRA

Para reduzir perdas:

- Planejar os diagramas de cortes nas chapas antes de usar a serra.
- Aproveitar pedaços e pontas curtas sempre que possível.
- Evitar erros e cortes desnecessários por falta de planejamento.
- Armazenar adequadamente abrigado da chuva para evitar empenamento.
- Separar e empilhar peças estruturais que ainda possam ser utilizadas.

> **SE SOBROU:** Não descarte imediatamente. Verifique a possibilidade de reutilização em pequenos travamentos, fôrmas, gabaritos ou escoras.

8. SOBROU MATERIAL. E AGORA?

⚠ NÃO DESCARTE AUTOMATICAMENTE!

SIGA O PLANO DE REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM!



TRIAGEM RÁPIDA NA FRENTE DE TRABALHO

IDENTIFIQUE MATERIAIS REUTILIZÁVEIS

SEGREGAÇÃO CORRETA POR CLASSE

REGISTRE NO PLANO DE CONTROLE

9. MANTENHA O LOCAL DE TRABALHO ORGANIZADO

- ☐ Mantenha materiais próximos ao local de uso, sem bloquear caminhos e rotas.
- ☐ Separe de forma imediata e contínua os materiais novos dos resíduos.
- ☐ Retire obstáculos e entulhos caídos das áreas de passagem e rampas.
- ☐ Mantenha todos os pontos de armazenamento devidamente identificados.
- ☐ Evite acumular materiais desnecessariamente na bancada de serviço.

CONCEITO CHAVE: A organização do espaço de trabalho não é estética; ela é uma barreira ativa contra danos por pisoteio, perdas mecânicas e retrabalhos.

10. QUANDO IDENTIFICAR UMA PERDA

Nem toda perda pode ser evitada, mas toda perda pode gerar informação preciosa para a melhoria dos processos da engenharia no canteiro.

Quando ocorrer uma perda significativa na frente de trabalho, siga o fluxo mental:

O QUE ACONTECEU? (O Evento de Perda)

↓

QUAL MATERIAL FOI PERDIDO? (A Tipologia)

↓

POR QUE ACONTECEU? (A Causa Raiz Identificada)

↓

COMO PODERIA SER EVITADO? (A Ação Preventiva)

Essas informações serão fundamentais para o preenchimento da Planilha de Controle Preventivo de Perdas.

11. CHECKLIST RÁPIDO – OBRA LIMPA

Roteiro unificado de auditoria diária (pode ser impresso e fixado como cartaz de canteiro):

Etapa Operacional	Itens de Verificação Crítica Diária
Antes do Serviço	□ Material conferido □ Quantidade adequada □ Local definido □ Projeto consultado □ Padrões de cortes planejados
Durante o Serviço	□ Frente de trabalho organizada □ Materiais protegidos □ Equipamentos de transporte corretos □ Sem misturas excessivas □ Sobras empilhadas para triagem
Após o Serviço	□ Sobras e retalhos avaliados □ Materiais reutilizáveis guardados □ Resíduos inevitáveis separados □ Posto de trabalho limpo □ Falhas anotadas para a Planilha

12. RELAÇÃO COM O KIT OBRA LIMPA

O Manual Obra Limpa não atua de forma isolada; ele funciona integrado a um ecossistema metodológico completo:

📋 **PGRCC**
➔ Define as regras macro e as obrigatoriedades legais de destinação e classificação dos resíduos.

📖 **MANUAL OBRA LIMPA**
➔ Guia os comportamentos, as condutas operacionais e as ações diárias para combater as perdas na origem.

🏗️ **ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO**
➔ Estabelece layouts logísticos eficientes para frentes de estoque, acessos livres e transporte seguro.

📊 **PLANILHA DE CONTROLE PREVENTIVO**
➔ Controla estatisticamente as frequências, perdas por materiais e reincidências ocorridas em campo.

♻️ **PLANO DE REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM**
➔ Dita o destino nobre, reuso e economia circular para as sobras inevitáveis que passarem pela triagem.

🚧 **SINALIZAÇÃO E SEGREGAÇÃO VISUAL**
➔ Facilita a separação nas baias centrais e impede erros de descarte ou contaminação dos materiais.

FIM DO MANUAL OPERACIONAL — KIT OBRA LIMPA

APÊNDICE C – ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO



APÊNDICE D – PLANILHA DE CONTROLE PREVENTIVO DE PERDAS

Data	Etapa	Material	Tipo de perda	Causa identificada	Ação preventiva	Responsável	Situação	Reincidiu?

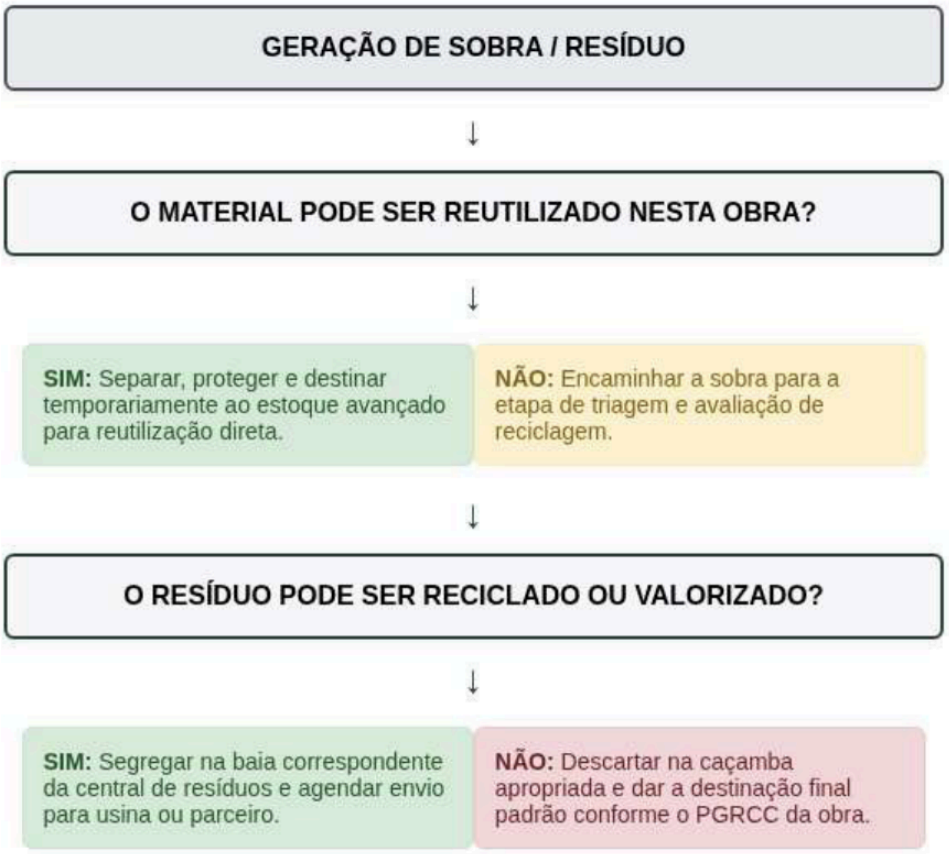
Preenchimento: registrar uma ocorrência por linha e atualizar a situação após a adoção da ação preventiva.

APÊNDICE E – PLANO DE REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM



1. FLUXO DE DECISÃO OPERACIONAL

Diretriz visual para tomada de ação rápida na frente de trabalho após a geração de qualquer sobra de material.



2. DIRETRIZES DE ENCAMINHAMENTO

Critérios técnicos para triagem e aceitação de materiais com foco na manutenção da pureza do resíduo.

Material	Reutilização	Reciclagem	Condição Obrigatória de Pureza
Blocos cerâmicos	Sim	Sim	Peças íntegras para fechamento ou fragmentos 100% livres de gesso e solo.
Porcelanato	Sim	Sim	Recortes limpos em boas condições para rodapés, cantos e nichos.
Madeira	Sim	Sim	Peças sem pregos encravados, livres de contaminação por óleo queimado ou tintas.
Argamassa	Não	Sim	Material ainda em estado fresco ou resíduo endurecido totalmente segregado.
Chapisco e emboço	Não	Sim	Resíduos limpos coletados nas lonas de proteção de piso das frentes de reboco.
Massa corrida e pintura	Não	Não	Embalagens e restos secos devem ser mantidos separados e encaminhados para a destinação adequada.

3. REGISTRO DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

Ficha operacional de controle de saída para auditoria, rastreabilidade e geração de indicadores.

DATA DA SAÍDA: .....

MATERIAL DESTINADO: .....

QUANTIDADE ESTIMADA (kg, m³ ou un): .....

TIPO DE DESTINAÇÃO EFETUADA:

- ☐ Reutilização Interna (Encaminhado para outra frente de serviço ativa)
- ☐ Reciclagem / Valorização Interna (Agregado reciclado no próprio canteiro)
- ☐ Destinação Externa para Valorização (Usina de Reciclagem / Parceiro Comercial)
- ☐ Outra Destinação Controlada (Especificar)

RESPONSÁVEL PELA LIBERAÇÃO: .....

ASSINATURA DO ENCARREGADO: .....

APÊNDICE F – SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E SEGREGAÇÃO

