

CENTRO UNIVERSITÁRIO MAURÍCIO DE NASSAU
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FABIANO OLIVEIRA ALMEIDA

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA OBRA DE UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR COM BLOCOS DE CONCRETO**

***ANALYSIS OF THE GENERATION OF SOLID WASTE FROM THE CONSTRUCTION OF A
MULTIFAMILY RESIDENTIAL CONDOMINIUM WITH CONCRETE BLOCKS***

***ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LA
CONSTRUCCIÓN DE UN CONDOMINIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR CON BLOQUES DE
CONCRETO***

PUBLICADO: 10/2024

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.5887>

FABIANO OLIVEIRA ALMEIDA

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA OBRA DE UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR COM BLOCOS DE CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em ENGENHARIA CIVIL do Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU Parnaíba como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, sob orientação da Professora M.Sc. Laíza Mendonça Costa.

**PARNAIBA
2024**

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA OBRA DE UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR COM BLOCOS DE CONCRETO

ANALYSIS OF THE GENERATION OF SOLID WASTE FROM THE CONSTRUCTION OF A MULTIFAMILY RESIDENTIAL CONDOMINIUM WITH CONCRETE BLOCKS

ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN CONDOMINIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR CON BLOQUES DE CONCRETO

Fabiano Oliveira Almeida¹, Laíza Mendonça Costa²

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos da construção civil (RCC) são um dos maiores desafios ambientais do setor, representando uma significativa parcela dos resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos incluem materiais como concreto, madeira, metais e plásticos, que muitas vezes não recebem o destino adequado, resultando em impactos negativos ao meio ambiente. Para mitigar esses efeitos, práticas de gestão sustentável, como a reciclagem e a reutilização de materiais, têm sido incentivadas. (Pereira, 2023).

A construção civil desempenha um papel vital na economia brasileira, sendo responsável por aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2023. Essa participação reflete a relevância do setor, que movimenta cadeias produtivas, gera empregos e impulsiona investimentos em infraestrutura e habitação. Além disso, o crescimento da construção civil está diretamente ligado ao desenvolvimento de políticas públicas e ao aquecimento do mercado imobiliário, sendo um indicativo importante do ritmo econômico do país (Costa, 2023). No entanto, os números exatos podem variar dependendo das condições econômicas e do desempenho do setor em um determinado ano. É uma das indústrias mais consumidoras de matérias-primas naturais em todo o mundo, incluindo o Brasil. Ela requer uma ampla variedade de recursos naturais para a produção de materiais de construção, como:

- Areia e brita - empregados na produção de concreto e argamassa;
- Cimento - feito principalmente de calcário, argila e minério de ferro;
- Madeira - usada em estruturas, revestimentos, móveis etc.;
- Aço - aplicado para reforço de concreto armado e na estrutura de edifícios;
- Tijolos e telhas - fabricados a partir de argila; gesso, usado em revestimentos internos e acabamentos; e
- Petróleo e derivados - utilizados na produção de asfalto para pavimentação, tintas, vernizes etc.

O entulho proveniente da construção civil é responsável por cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos, representando um dos maiores desafios ambientais para as cidades. De acordo com dados internacionais, a geração total de resíduos da construção varia de 163 a mais de 300 quilos por habitante ao ano, dependendo da região e do nível de desenvolvimento urbano. Esse volume elevado destaca a importância de políticas voltadas para a gestão sustentável de resíduos, como a reciclagem e reutilização de materiais, que são essenciais para reduzir o impacto ambiental e os custos de descarte (Oliveira, 2023).

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil - UNINASSAU Parnaíba-PI.

² Engenheira Civil, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professora do Curso de Engenharia Civil - UNINASSAU Parnaíba-PI.

Neste contexto, alternativas que possam contribuir com a redução de resíduos são muito bem-vindas e temos no processo construtivo com blocos de concreto, uma perspectiva de construção enxuta e menos geradora de resíduos, considerando que, em comparação com outros métodos construtivos tradicionais, temos:

- Menos cortes e sobras durante a instalação - os blocos de concreto são geralmente fabricados em tamanhos padronizados e são mais fáceis de manusear e montar do que outros materiais de construção, como tijolos cerâmicos;
- Planejamento de materiais – o processo de construção com blocos de concreto requer um bom planejamento de materiais. Desta forma, há uma tendência a minimizar o desperdício, pois os materiais são geralmente encomendados de acordo com as necessidades específicas do projeto.
- Reaproveitamento de entulho - em muitos casos, os resíduos gerados durante a construção, como blocos quebrados ou danificados, podem ser reciclados ou reutilizados de alguma forma, contribuindo para a redução do desperdício.

A alvenaria com blocos de concreto oferece várias vantagens, incluindo:

- Redução de custos - por dispensar o uso de vigas e pilares, pode reduzir os custos de materiais e mão de obra;
- Agilidade na construção - a montagem dos blocos pode ser feita de forma rápida, contribuindo para prazos de construção mais curtos;
- Eficiência energética - a massa térmica dos blocos de concreto pode contribuir para o isolamento térmico do edifício; e
- Durabilidade - os blocos de concreto são resistentes e duráveis, proporcionando uma estrutura sólida e de longa vida útil.

No entanto, é importante ressaltar que a alvenaria com blocos de concreto requer um projeto específico e cuidadoso, levando em consideração as cargas estruturais e as necessidades de resistência sísmica, além de uma execução precisa para garantir a segurança e estabilidade da construção.

A gestão eficaz dos resíduos sólidos da construção civil é fundamental para mitigar impactos negativos. Uma abordagem sustentável envolve a redução, reutilização e reciclagem de resíduos sempre que possível. Isso pode ser alcançado através da implementação de práticas de construção sustentáveis, como o uso de materiais reciclados, a adoção de técnicas de construção modular e a incorporação de projetos de desmontagem e reutilização.

Além disso, a segregação adequada dos resíduos no local da construção e a disposição em locais apropriados são fundamentais para facilitar a reciclagem e o descarte responsável.

A gestão responsável dos resíduos sólidos da construção civil não apenas reduz o impacto ambiental da indústria da construção, mas também promove a conservação de recursos naturais, a melhoria da qualidade do ambiente construído e o avanço em direção a uma economia mais circular e sustentável.

Desta forma, neste estudo, foi analisada a geração dos resíduos sólidos da obra de um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Luís Correia-PI, que está sendo construído com uso de blocos de concreto.

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no município de Luís Correia, localizado a 350 km de Teresina, capital do estado do Piauí, no Nordeste do Brasil, ocupando uma área de 1.074,132 km², com 30.641 habitantes, dos quais cerca de 45% residindo na zona urbana do município (IBGE, 2022).

A obra é de um condomínio residencial multifamiliar com 22 casas horizontais, implantado no perímetro urbano de Luís Correia-PI, na Avenida Piauí, bairro Atalaia, com área construída de 2.571,17 m² e área total de 7.744,00 m², conforme projeto de implantação da obra apresentado na figura 1.

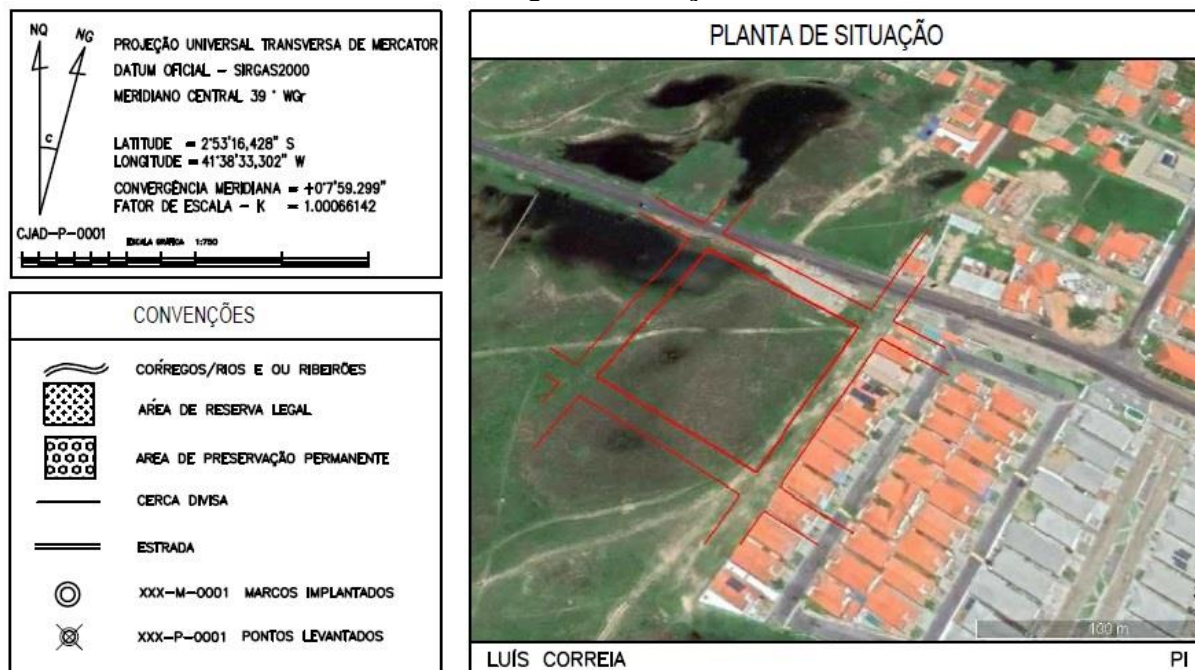
Figura 1. Implantação



Fonte: Arquivos de projetos do empreendimento (2021)

As figuras 2 e 3 nos mostram a planta de situação georreferenciada e localização da quadra no Loteamento no Município de Luís Correia-PI.

Figura 2. Situação



Fonte: Arquivos de projetos do empreendimento (2021)

Figura 3. Localização



Fonte: Arquivos de projetos do empreendimento (2021)

Para atingir o resultado proposto neste estudo foi realizada uma abordagem qualitativa e quantitativa. De maneira qualitativa, buscou-se investigar por meio de uma entrevista semiestruturada com o representante da construção do empreendimento e o Engenheiro sobre o gerenciamento de resíduos sólidos da obra e como era realizado todo o manejo dos resíduos gerados. Também foi realizado a coleta de dados de geração de resíduos por meio do preenchimento de uma ficha que possibilitou realizar a classificação quantitativa dos resíduos nas etapas de infraestrutura, supra estrutura, vedação e revestimento separando-os de acordo com as classes pertinentes. Para depois, de maneira quantitativa, com base nos dados obtidos, calcular o volume gerado.

Na ficha de coleta de dados foram considerados o tipo de transporte utilizado, sua capacidade em m^3 e também cada um dos materiais, separados de acordo com a sua classe, sendo identificadas as suas quantidades tanto em %, quanto em m^3 .

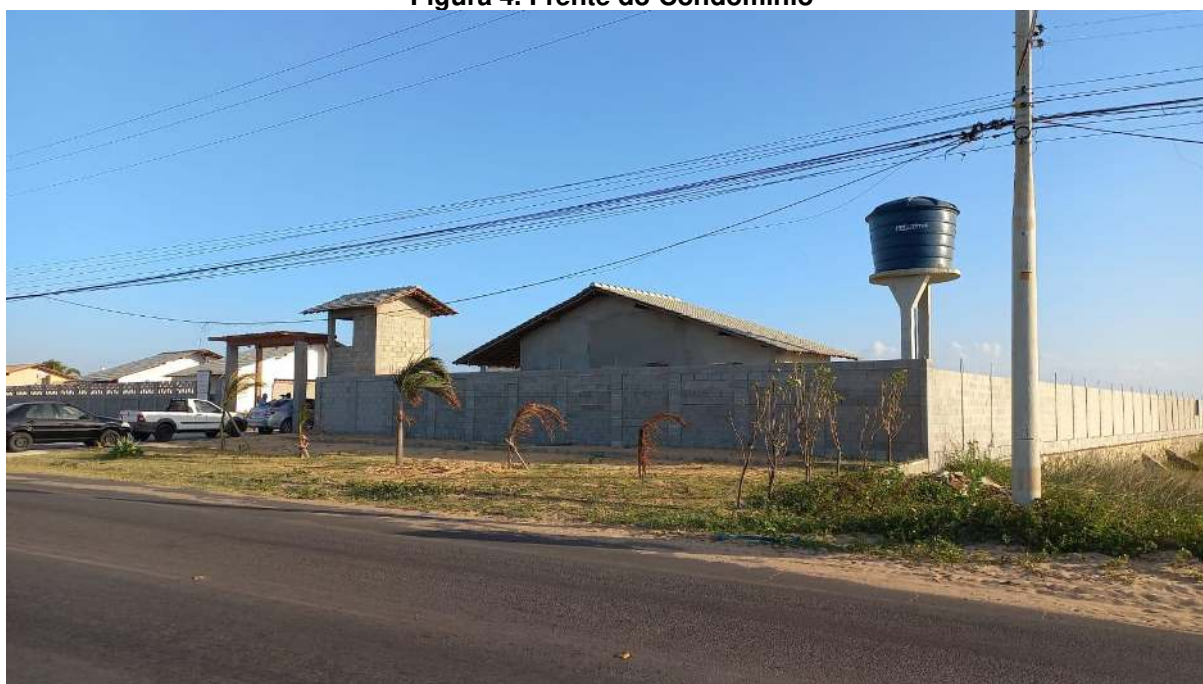
Para o tipo de pesquisa foi empregado o estudo de caso que possibilitou analisar a geração de resíduos, sob o aspecto ambiental.

A coleta de dados foi realizada durante o mês de setembro de 2024 e se deu mediante observação das anotações e o histórico dos resíduos depositados em *container*, sendo feita a estimativa aproximada das porcentagens que correspondem a cada um dos materiais.

Durante o desenvolvimento do estudo foram realizadas atividades referentes à pesquisa da legislação vigente e também trabalho de campo, ou seja, após o levantamento das leis e normatizações relacionadas aos resíduos da construção civil (RCC), foi feita a verificação de como é feito o transporte desses resíduos e o local de deposição.

Nas figuras 4 e 5 a seguir temos imagens do condomínio visto de externamente de frente e internamente com unidades residenciais e área de apoio construídas.

Figura 4. Frente do Condomínio



Fonte: Autor (2024)

Figura 5. Unidades Construídas



Fonte: Autor (2024)

3. LEI, NORMAS E DIRETRIZES SOBRE RCD

O Brasil possui diversas leis que regem os resíduos. A Lei N.º 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), abrange uma série de requisitos compartilhados entre união, estado, município, e de demais setores da sociedade civil, em estratégias de precaução, preservação e a redução na geração dos resíduos sólidos estaduais, regrado pela Constituição Federal de 1988.

3.1 Legislação Federal

A Constituição Federal Brasileira determina que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A Lei nº 6.938/81 trata sobre a política nacional do meio ambiente, mecanismo de formulações e aplicações e seus afins. Nesta lei, há destaque sobre a delegação de instituições de preservação do meio ambiente, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Secretária Especial do Meio Ambiente (SEMA).

A Lei Nacional de Saneamento Básico e o Plano Integrado de Gerenciamento previsto pelo CONAMA, em parte se confunde com o planejamento da modalidade de manejo dos resíduos e do plano de Saneamento Básico a ser desenvolvido pelos titulares dos serviços. Com o complemento da Lei 12.205/10 prevê a clareza que os municípios prescrevem seus planos municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, com o conjunto dos Resíduos gerados pelo SISNAMA.

A legislação referente aos resíduos de construção civil é a Resolução do Conama nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos a serem adotados por

governos municipais e agentes envolvidos no manejo e destinação do RCD, a fim de que os impactos ambientais produzidos por esses resíduos sejam minimizados (Brasil, 2002).

As principais diretrizes para a gestão de resíduos da construção civil (RCC) no Brasil incluem:

- Classificação dos resíduos em quatro classes, de acordo com sua origem e potencial de reaproveitamento (A, B, C e D);
- Obrigatoriedade de planos de gestão por municípios, construtoras e geradores de resíduos, visando o correto manejo e destinação;
- Promoção da reciclagem e reutilização de materiais, incentivando o uso de resíduos como agregados reciclados;
- Destinação adequada dos resíduos não recicláveis e perigosos (classe D), com medidas de controle ambiental.

Ainda, a resolução estabelece que os grandes geradores tenham como objetivo principal a não geração de resíduos e, posteriormente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada.

Assim a NBR 15113 (ABNT, 2004) tomando como base a referida resolução define os Resíduos Sólidos da Construção e da Demolição (RCD's) como os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras da Construção Civil, assim como também os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc.

3.2 Legislação Estadual do Piauí

No Estado do Piauí, a Lei nº 4.854 de 1996, que trata sobre ações de preservação do meio ambiente em nível estadual, também dispõe sobre manejo equilibrado, dos recursos naturais.

A Lei nº 6.888 de 2016 institui normas de emprego de técnicas sustentáveis em obras no estado, para assim corroborar com a ideia da preservação do estado.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Piauí encontra-se em fase de elaboração. Há preocupação em aliar obras com a conservação do meio ambiente, no entanto, sem um plano estadual de resíduos, o Estado fica em desvantagem no quesito de gestão de RCD.

3.3 Legislação Ambiental do Município de Luís Correia-PI

Conforme a Lei Municipal nº 700/2010, que dispõe sobre o Código Ambiental do Município de Luís Correia, a Prefeitura deve estabelecer diretrizes para a instalação de atividades e empreendimentos no âmbito da coleta e disposição dos resíduos, ou seja, deve haver adequado sistema de coleta, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos, incluindo coleta seletiva, segregação, reciclagem, compostagem e outras técnicas que promovam a redução do volume total dos resíduos sólidos gerados. Porém, não dispõe de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, o qual estabeleceria diretrizes técnicas e procedimentos tanto para a elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de Grandes Geradores e responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

O Código de Obras Municipal (Lei Municipal Complementar nº 699/2010) determina que após

a conclusão da obra, deverá ser requerido a Certidão de Conclusão de Edificação. Esta, por sua vez, será concedida mediante apresentação de documento comprobatório do cumprimento integral do Plano de Gerenciamento de Resíduos, protocolado quando da solicitação do Alvará.

4. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção civil devem ser classificados, para efeito dessa resolução e conforme a Resolução do Conama nº 431, Resíduos Classe A, B, C ou D, o que é detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos resíduos conforme Conama nº 307 e nº 431

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
A	Resíduos recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.
D	Resíduos perigosos como tintas, solventes, óleos e amianto (contaminados)

Fonte: Brasil (2002; 2011)

Diante do exposto, os RCC deverão ser destinados de acordo com sua classificação, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Formas de destinação dos resíduos da construção civil

Classes	Destinação
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Brasil (2011)

Para diagnosticar a geração de resíduos da construção civil nas cidades brasileiras, as estimativas utilizaram-se de áreas construídas de quantificação de volumes por empresas coletoras de monitoramento de descargas para a disposição final. Para todos esses resíduos têm o potencial de contaminação que pode ser determinado segundo as normas de Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR nº 10.004/04, nº 10.005/04 e nº 10.006/04 (ABNT, 2004a; ABNT, 2004b; ABNT, 2004c).

De acordo com as especificações da NBR nº 10.004/04 (ABNT, 2004a) os resíduos são classificados em funções em relação a periculosidade ou toxicidade, em as classes I, IIA e II B. Os resíduos de classe I são denominados perigosos, e apresentam riscos à saúde pública, na qual

provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada, devido as suas peculiaridades como inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade ou patogenicidade.

Os classificados na classe II A são resíduos relacionados a riscos à saúde ou ao meio ambiente devido às características e combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade. Os resíduos classes II B, são considerados inertes e não apresentam riscos à saúde ou ao meio ambiente, quando submetidos a testes de solubilização, constituintes a não solubilizados a maiores taxas do que as permitidas pelos padrões de potabilidade da água (ABNT, 2004a).

O tratamento de resíduos se define numa série de ações para reduzir a quantidade ou de seu potencial poluidor, considerando o entulho da construção civil classificado com classe II B - inerte (ABNT, 2004a). O tratamento está relacionado à redução da quantidade, como a difusão ou educação em segregação, trituração e reutilização dos resíduos.

5. POSSIBILIDADES PARA APLICAÇÕES DO RCC E DO MATERIAL RECICLÁVEL

A reciclagem e o reaproveitamento dos RCC promovem efetivamente a sustentabilidade, pois essa prática reduz o descarte inadequado desses resíduos no meio ambiente. A forma mais difundida de reutilização tem sido na construção de vias com base ou sub-base em preenchimentos não estruturais de edificações. A diminuição de riscos aos impactos ambientais e a redução nos custos na construção civil são fatores que tornam a reciclagem uma prática sustentável para o setor

Segundo Bigolin (2013), com a disposição final em aterros ou em bota-fora de RCC não é uma opção adequada, pois os resíduos possuem materiais recicláveis e precisam de uma destinação e ocupam grandes volumes. A opção mais recomendada quando os aterros sanitários não possuem material de cobertura.

Na concepção de Marques Neto; Schalch (2010) com as novas tecnologias de prevenção/minimização e resíduos pelo tipo de material utilizado, como a madeira telhas, tinta branca de chumbo, tijolos, cerâmicas, entulhos e águas de construção, cita pelos aspectos de resíduos na restauração e conservação ou demolição de edifícios antigos em restaurações modernas como forma de diminuir os riscos ao meio ambiente e a contaminação ou até mesmo ao desperdício.

Os objetivos técnicos e científicos do conceito urbano, consistem em uma sequência de medidas para identificar e controlar a contaminação de estruturas e edifícios, que assim foram destacados como as substâncias perigosas, com poluição a edifícios; emissões tóxicas são impedidas; edifícios e estruturas existentes e poluídos podem ser reabilitados e reutilizados, dentre outros aspectos.

As vantagens econômicas da reciclagem em substituição às deposições irregulares de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são claramente notadas nos custos de limpeza urbana para as administrações municipais devido ao alto custo do descarte irregular, correção da deposição com aterramento e controle de doenças que custam em média U\$ 10/m³ de RCD, contra um custo 25% menor para a reciclagem (Carneiro *et al.*, 2005).

Os RCD são definidos em Brasil (2010), como todos os materiais remanescentes em decorrência de construção, demolições, reformas e movimentações de solo, sejam eles concreto em

geral, cerâmicos, solos, rochas, argamassa, tintas, madeiras, vidros, plásticos, papel etc.

A publicação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, fez com que todos os geradores, pessoas físicas ou jurídicas, público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente pela geração de resíduos, e aqueles que desenvolvam ações referente à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos se responsabilizem pelos resíduos gerados.

De acordo com art. 5º da Resolução do CONAMA 448/2012, o instrumento para implementação da gestão dos resíduos da construção civil é o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Estes deverão contemplar as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada.

Apesar de existirem um conjunto de Normas, Leis e outras, ainda se encontra deficiência na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, acabando por acarretar impactos, são eles:

1. Impactos ambientais: refere-se à ocupação das áreas naturais em baixadas, fundos de vales, terrenos baldios, obstrução de rios e córregos afetando a drenagem superficial das águas;

2. Impactos sanitários: ambiente propício para a proliferação de vetores, que exercem efeito insalubre sobre o saneamento local e a saúde humana;

3. Impactos visuais: aspectos visuais da paisagem local ficam totalmente poluídos e comprometidos;

4. Impactos sociais: surgimento de uma classe social de grandes e pequenos gestores e coletores de resíduos da construção civil e demais resíduos sólidos urbanos, portando ausência de noção dos aspectos de preservação sanitária e ambiental; e

5. Impactos econômicos: custos elevados da gestão corretiva dos resíduos da construção civil.

Em comparação com países desenvolvidos, a quantidade de RCD gerada no Brasil ainda é bastante alta, variando entre 230 kg por habitante ao ano e 660 kg por habitante ao ano. Em novas construções, nos países desenvolvidos, a média de resíduos produzidos é inferior a 100 kg por metro quadrado, enquanto no Brasil esse valor é de cerca de 300 kg por metro quadrado construído.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Estudo de Caso

Neste estudo foi analisado a geração de resíduos de uma obra de edificação habitacional multifamiliar com sistema construtivo usando blocos de concreto, abrangendo etapas de infraestrutura, supra estrutura, vedação e revestimento.

Os blocos de concreto foram utilizados apenas como elementos de vedação. No entanto, as paredes de bloco de concreto apresentam maior resistência às cargas verticais do que a alvenaria convencional e, também, às cargas horizontais resultantes da ação dos ventos sobre a edificação e de desvios de prumo, o que é bastante salutar, no caso, que o condomínio está sendo construído em área litorânea, a poucos metros da Praia de Atalaia, em Luís Correia-PI, com velocidade média dos

ventos que chegam a 30 Km/h em alguns períodos do ano, de acordo com o site *Weather Spark*.

6.2 Caracterização dos RCC gerados

A caracterização dos RCC da obra teve por base uma entrevista semiestruturada realizada com o representante da construção do empreendimento e o Engenheiro, bem como através de registros contidos no histórico da obra, da seguinte maneira:

- a) Verificação da existência do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, o responsável pelo gerenciamento e a maneira que foi segregado, armazenado/acondicionado, coletado por empresa transportadora licenciada e destinação final.
- b) Caracterização da coleta, transporte e destinação dos RCC: tipo de coleta, transporte, volume transportado mensal e destinação final.

6.3 Método de Quantificação dos RCC

A quantificação dos RCC foi fundamentada no método indireto de Ângulo *et al.*, (2011). A coleta de dados de geração de resíduos foi feita por meio do preenchimento de uma ficha, que possibilitou realizar a classificação quantitativa dos resíduos e a verificação dos registros (comprovantes) de coleta de resíduos da construção classe A, constante no monitoramento de resíduos, gerados nas etapas de infraestrutura, supra estrutura, vedação e revestimento.

Para os cálculos foram utilizadas as seguintes equações: unidade de peso RCC considerando a unidade de peso específico do RCC de classe A no estado solto (a) e o índice de geração de RCC (b).

(a) $PR = VR \times YR$, onde:

PR = RCC gerado no período das etapas para Estudo de Caso (ton.)

VR = Volume gerado no período das etapas para o Estudo de Caso (m³)

YR = Peso específico do RCC no estado solto, adotado neste estudo 1,28 (ton/m³), com base no estudo de caso em pesquisa de campo de Tessaro *et al.* (2012).

(b) $IR = PR / AC$, onde:

IR = Índice de Geração de RCC no período das etapas para o Estudo de Caso (ton./m³ construído)

PR = RCC gerado no período das etapas para o Estudo de Caso (ton.)

AC = Área Construída do Estudo de Caso (m²)

Constatou-se na obra, o objetivo da qualidade ambiental pelo monitoramento dos resíduos gerados.

O Plano de Gerenciamento de RCC com determinação da caracterização, triagem, acondicionamento temporário, transporte, medidas minimizadoras para a não geração, bem como a reutilização dos resíduos gerados.

Foram percebidos resíduos dispostos separadamente por classes. Para Classe A (pedaços de blocos/tijolos, restos de concreto, argamassa, graute), objeto desta pesquisa, primeiramente eram segregados no momento da geração, e mantidos, temporariamente em pequenos montes até o final do dia, onde eram levados até a caçamba estacionária disposta no canteiro de obras.

As caçambas por sua vez eram coletadas por uma empresa, com licenciamento ambiental

para a realização deste serviço no município vizinho, Parnaíba, situado a aproximadamente 12 Km de Luís Correia, para onde, também, os resíduos da classe A eram levados a aterro.

Na figura 6 a seguir, temos uma ilustração de caçamba estacionária cheia com resíduos da construção civil classe A.

Figura 6. Caçamba estacionária com RCC (classe A)



Fonte: Internet Ilustração (2024)

Para Classe B, papel e papelão de embalagens de cimento, verificou-se que a própria construtora realizava o transporte para outra empresa, a qual revendia o material para ser reciclado. Já madeiras e madeirites utilizados eram levados pela construtora para curtume, que reutilizavam na queima das caldeiras. Plásticos coletados pela Prefeitura de Luís Correia.

Figura 7. RCC (classe B)



Fonte: Autor (2024)

6.4 Cálculos de Quantificação

Para obtenção do peso, considerando a unidade do peso específico do RCC de classe A no estado solto, adotou-se (1,28 ton./m³) Tessaro *et al.*, (2012):

$$PR = VR \times YR$$

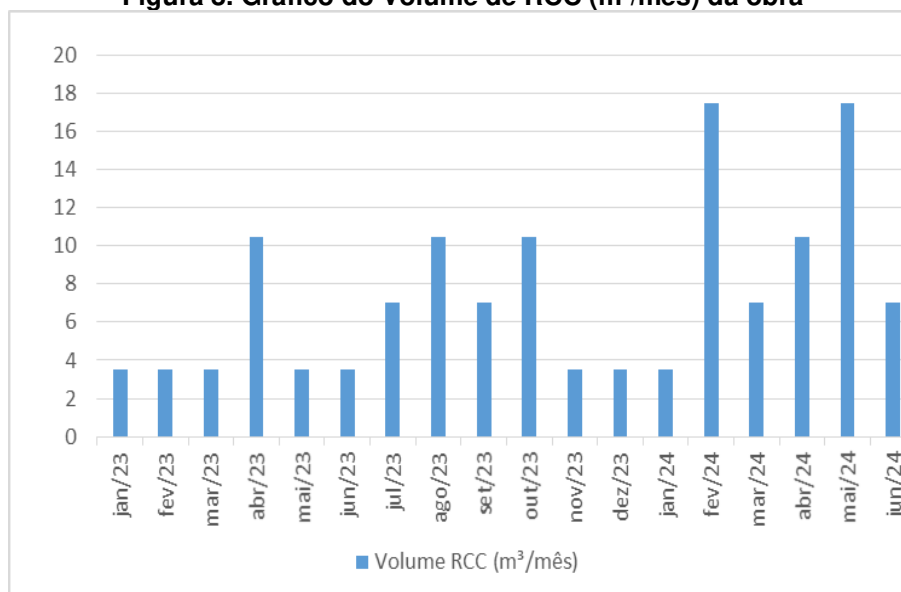
A tabela 03 demonstra o monitoramento de volume de resíduos gerados no canteiro de obras nas etapas de Infraestrutura, supraestrutura, vedação e revestimento.

Tabela 03. Quantidade de RCC (Classe A) gerado semanalmente no período de 01/2023 a 06/2024

Construção com Blocos de Concreto		
Mês/ano	Volume RCC (m³/mês)	Peso RCC (Ton/mês)
jan/23	3,5	4,48
fev/23	3,5	4,48
mar/23	3,5	4,48
abr/23	10,5	13,44
mai/23	3,5	4,48
jun/23	3,5	4,48
jul/23	7,0	8,96
ago/23	10,5	13,44
set/23	7,0	8,96
out/23	10,5	13,44
nov/23	3,5	4,48
dez/23	3,5	4,48
jan/24	3,5	4,48
fev/24	17,5	22,4
mar/24	7,0	8,96
abr/24	10,5	13,44
mai/24	17,5	22,4
jun/24	7,0	8,96
TOTAL	133	170,24

Fonte: Autor (2024)

Foi observado que os períodos que mais teve geração de resíduos, foram em fevereiro e maio de 2024, conforme demonstrado no gráfico da figura 8 a seguir.

Figura 8. Gráfico do Volume de RCC (m³/mês) da obra

Fonte: Autor (2024)

As etapas construtivas foram desenvolvidas nos períodos da forma seguinte:

- 1 - Infraestrutura e supraestrutura: período de janeiro/23 a outubro/23;
- 2 - Alvenaria, período de março/23 a janeiro/24;
- 3 - Revestimento: período de outubro/23 a maio/24.

O período em que acarretou uma maior quantidade de geração de resíduos da classe A, está inserido na etapa de revestimento (interno e externo) conforme observado nas figuras 9 e 10 a seguir.

Figura 9. Execução de etapa de revestimento



Fonte: Autor (2024)

Figura 10. Execução de etapa de revestimento (detalhe)



Fonte: Autor (2024)

Para cálculo do peso, considerando a unidade do peso específico do RCC de classe A no estado solto, adotando-se Tessaro *et al.*, (1,28 ton./m³), temos para a construção com blocos de concreto:

$$PR = VR \times YR \quad 133 \text{ m}^3 \times 1,28 \text{ ton./m}^3 = 170,24 \text{ ton.}$$

Vários estudos foram realizados visando obter a taxa de geração de RCC em diversas localidades para edificações finalizadas, executadas predominantemente por processos convencionais.

De acordo com Costa *et al.*, 2014, a taxa de geração de RCC (Índice) pode ser definida como a razão entre sua quantidade gerada, geralmente em unidade de volume ou de massa, e outro parâmetro, geralmente o tempo e/ou a população correspondente, ou ainda a área construída.

Na pesquisa foi concluído que a taxa de RCC bruto (classes A, B, C e D) encontrada em edificações na cidade de João Pessoa foi de 93,89 kg m⁻² de área construída e que a taxa média (índice) encontrada para os RCC de classe A foi de 86,27 kg m⁻², sendo os limites com 90% de confiança inferior e superior para a média 62,31 kg m⁻² e 136,02 kg m⁻² respectivamente.

Desta forma, para calcular a quantidade de resíduos classe A da obra, considerando o método convencional, é possível da seguinte forma:

$$PR = IRL \times AC \quad 0,08627 \text{ ton./m}^2 \times 2.571,17 \text{ m}^2 = 221,81 \text{ ton.}$$

IRL = Índice de Geração de RCC na Literatura (ton./m² construído)

AC = Área Construída do Estudo de Caso (m²)

Percebe-se que para as etapas do estudo, a geração de resíduos de construção civil com blocos de concreto reduziu de forma significativa em peso (PRCC) de 51,57 ton. e em um volume (VRCC) de 40,28 m³.

A alvenaria convencional leva uma quantidade maior de massa de assentamento, podendo gerar desperdício. O bloco de concreto leva menos massa de assentamento, pois a medida do bloco é maior. Quanto às instalações elétricas e hidráulicas, em alvenaria convencional são instaladas após a alvenaria ser executada, o que leva à necessidade de se cortar as paredes para embutir os tubos, o que pode gerar desperdício de materiais, mão de obra e maior quantidade de entulho. Porém, em blocos de concreto as tubulações elétricas e hidráulicas são instaladas de forma embutida dentro dos blocos enquanto se levanta a alvenaria, o que gera economia e evita o desperdício de mão de obra e materiais.

Para verificação do índice de geração de resíduos ton./m², com blocos de concreto foi utilizado os seguintes cálculos:

$$IR = PR / AC \quad \rightarrow \quad 170,24 \text{ ton.} / 2.571,17 \text{ m}^2 = 0,06621 \text{ ton./m}^2$$

Observa-se, portanto, que o canteiro de obra estudado se encontra com a geração de resíduos dentro dos limites considerados por Ângulo *et al.* (2011) 0,050 a 0,150 ton./m².

7. CONSIDERAÇÕES

O presente estudo buscou analisar a geração de resíduos sólidos da obra de um condomínio residencial multifamiliar com blocos de concreto e com os resultados fazer um comparativo com o sistema construtivo convencional por meio de dados de literatura para verificar em qual temos uma menor geração de resíduos Classe A, para etapas de infraestrutura, supraestrutura, alvenaria e revestimento (interno e externo).

Por meio de entrevista e aplicação de ficha de coleta de dados, verificou-se o objetivo da qualidade ambiental pelo monitoramento dos resíduos gerados. De fato, há o gerenciamento dos resíduos sólidos no canteiro de obras, descrito no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCC) da obra.

No que diz respeito ao quantitativo, em comparação ao sistema convencional, observou-se que nas etapas analisadas houve uma menor geração de resíduos. Em termos de volume de RCC a quantidade gerada com blocos de concreto foi de 51,57 toneladas ou 40,28 m³ a menos.

Quanto ao Índice de geração de resíduos na obra em estudo, constatou-se que, para as etapas construtivas, o índice calculado foi de 0,06621 ton./m². Desta forma, verifica-se que o valor está dentro do limite considerado por Ângulo *et al*, sendo 0,050 a 0,150 ton./m².

Portanto, para a obra estudada, tem-se que o sistema construtivo em bloco de concreto acaba por gerar uma quantidade bem menor de resíduos da construção civil, possibilitando o comparativo e análise a ser considerada em novas construções que buscam uma edificação que ocasionem menor impacto ambiental.

O estudo realizado sobre a geração de resíduos da construção civil deve ser mais explorado, visto que foi analisado amostra de somente uma obra no sistema construtivo de blocos de concreto, mas que pretendia, em um primeiro estudo analisar a geração de resíduos em distintos sistemas construtivos, sendo, portanto, necessário a análise de outra amostra no sistema construtivo convencional, procurando incentivar o desenvolvimento de outros estudos que venham a contribuir na constituição de dados de mais obras, similares, para a comprovação da pesquisa realizada.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 15.113**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRECON, **Associação Brasileira para reciclagem de resíduos da construção civil e demolição**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acesso em: 24 maio 2024

ÂNGULO, S. C. *et al*. Resíduos de construção e demolição: Avaliação de métodos de quantificação. **Revista Eng. Sanit. Ambiente**, São Paulo, v. 16 n. 3, jul./set. 2011.

BIGOLIN, M. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto**: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS. 2013. 163f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

BRASIL, **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**. Brasília, DF, Presidência da República, 1988.

BRASIL. **Lei nº 12.305**: Institui a política nacional de resíduos sólidos. Brasília, 2010.

BRASIL. **Lei nº 6.938**: Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, Brasília, 1981

BRASIL. **Sistematização dos custos operacionais, administrativos e financeiros em consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos – nos Estados de Alagoas, Sergipe e Rio Grande do Norte**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

CARNEIRO, F, P. **Diagnostico e ações da atual situação dos resíduos da construção e demolição na cidade de Recife**. 2005. Dissertação (Mestrado) - UFPB, João Pessoa, 2005.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução de nº 307 de 5 de julho de 2002**.

COSTA, R. "A construção civil e sua influência no PIB brasileiro". **Revista Economia & Construção**, v. 15, n. 1, p. 20-35, 2023.

COSTA, R. V. G. DA; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. DE. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan./mar. 2014. ISSN 1678-8621.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. **Engenharia Civil**, n. 36, p. 41-50, 2010.

OLIVEIRA, P. "Gestão de resíduos da construção civil: desafios e soluções". **Revista Sustentabilidade Urbana**, v. 9, n. 2, p. 47-59, 2023.

PEDRO, Q. C. *et al.* Geração de Resíduos na Construção Civil: Comparativo entre Edificação de Bloco Estrutural e Convencional. **Revista Journal of Exact Sciences**, v. 19, n. 1, p. 05-12, out./dez. 2018.

PEREIRA, L. "Gestão e reciclagem de resíduos na construção civil: avanços e desafios". **Revista Sustentabilidade e Construção**, v. 8, n. 4, p. 33-47, 2023.

PIAUÍ, **Lei Nº 4.854, de 10 de julho de 1996**. Dispõe sobre a política de meio ambiente do Estado do Piauí e dá outras providências.

PIAUI, **Lei Nº 6.888, 6 de outubro de 2016**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil e dá outras providências.

TESSARO A. B, Sá J. S. S, Scremin L. B. Qualificação e Classificação dos Resíduos Procedentes da Construção Civil e Demolição no Município de Pelotas RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, jun. 2012.