

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

EVELYN BASTOS RESENDE

“Estudo dos Resíduos da Construção Civil em municípios do Sul de Minas Gerais”

ALFENAS/MG

2021

EVELYN BASTOS RESENDE

“Estudo dos Resíduos da Construção Civil em municípios do Sul de Minas Gerais”

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/UNIFAL-MG. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Tales Alexandre Aversi-Ferreira (UNIFAL/MG).

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Tiezzi de Oliveira (UNIFAL/MG).

ALFENAS/MG

2021

EVELYN BASTOS RESENDE

"Estudo dos Resíduos da Construção Civil em municípios do Sul de Minas Gerais"

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 09 de dezembro de 2021

Prof. Dr. Tales Alexandre Aversi Ferreira

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Allison Souza de Oliveira

Instituição: Universidade Vale do Rio Verde



Documento assinado eletronicamente por **Tales Alexandre Aversi Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2021, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ronaldo Luiz Mincato, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2021, às 11:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALISSON SOUZA DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 21/01/2022, às 10:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0642604** e o código CRC **E6636925**.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. ”

“Agradeço ao meu orientador Tales Alexandre Aversi-Ferreira pelos ensinamentos e todo apoio para este presente trabalho ser realizado e a todos envolvidos”.

RESUMO

De acordo com os eventos históricos e nos tempos atuais, os tijolos são fáceis de serem fabricados devido aos vastos recursos geológicos, são versáteis como material de construção, suportam bem cargas e apresentam boa estética, no entanto, eles geram problemas ambientais devido ao descarte de resíduos sólidos, alto consumo de energia na construção com alta produção de CO₂ e consumo de água na fabricação de argamassas. Hipoteticamente, devido à produção artesanal e à mão de obra pouco qualificada no Brasil para a construção civil, principalmente a alvenaria, espera-se encontrar destinação inadequada de resíduos sólidos na construção civil. Portanto, o gerenciamento da destinação de resíduos sólidos da construção civil merece atenção especial e deve ser fiscalizado. Um estudo quantitativo e qualitativo de descarte de resíduos da construção civil foi realizado em alguns municípios do Sul de Minas Gerais para a verificação do descarte de resíduos da construção civil. Foram visitadas 112 obras de modo aleatório em 7 municípios e discriminadas para os itens de armazenamento e descarte de resíduos da construção civil. Este trabalho mostrou que o descarte de resíduos sólidos em construção em pequenos centros urbanos do Sul de Minas Gerais que ocorre de forma irregular em aproximadamente 89% dos casos, gerando problemas de obliteração de calçadas e redução de área de estacionamento com possível movimentação desses resíduos em vias públicas. Em linhas gerais, o armazenamento e a destinação inadequada de resíduos representam um problema e até mesmo um retrocesso nas ações de sustentabilidade na construção civil que não reflete o apelo da sociedade atual que busca melhorias para melhores condições de vida para o planeta.

Palavras-chave: Engenharia civil; Sustentabilidade; Resíduos sólidos.

ABSTRACT

Historically and still in current times, bricks are easy to be manufactured due to vast geological resources, are versatile as a building material, support loads well and show good aesthetics, however, they generate environmental problems due to waste disposal, high energy consumption in manufacturing with high CO₂ production and high-water consumption in construction in the manufacturing of mortar. Hypothetically, due to artisanal production and poorly qualified labor in Brazil for civil construction, mainly masonry, it is expected to find inadequate disposal of solid waste in civil construction. Therefore, the management of solid waste disposal from civil construction deserves special attention and must be inspected. This work showed that the disposal of solid waste in construction in small urban centers in the South of Minas Gerais occurs irregularly approximately 89% of cases, generating problems of obliteration of sidewalks and reduction of parking area with possible movement of this waste on public roads. In general terms, inadequate storage and waste disposal represent a problem and even a setback in sustainability actions in civil construction that does not reflect the appeal of today's society that seeks improvements for better living conditions for the planet. Due to the small amount of sampling and the type (small urban centers), more studies need to be carried out to see if the high percentage of solid waste allocation in civil construction also occurs in this way in other regions, and studies in large urban centers could be done for data comparison.

Keywords: Civil engineer; Sustainability; Solid residues.

SUMÁRIO

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMATICA.....	9
1.2 HIPÓTESE.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 OBJETIVOS.....	12
1.5 METODOLOGIA.....	13
REFERÊNCIAS.....	14

PARTE 2

Artigo científico publicado na Revista Research, Society and Development, v. 10, n. 14, e15101421381,2021 (CC BY 4.0) ISSN 2525-3409. **Estudo Quantitativo e Qualitativo de Resíduos Produzidos pela Construção Civil de Alvenaria no Sul de Minas Gerais e comentários sobre sustentabilidade.**

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMATICA

O sistema convencional de alvenaria é tão antigo quanto o uso do tijolo, aproximadamente 7000 a.C. (Neumann, 2017), esse foi e ainda é, na maioria das construções de pequeno e médio porte (Lai, 2016), uma tarefa artesanal, facilitada por máquinas e implementos que agilizam a mão de obra e tendem a aumentar a qualidade do produto da construção civil, principalmente nas duas últimas décadas do século XX (Meira & Araújo, 2016).

No entanto erros são cometidos, de cálculo, de execução, erros humanos que geram a inutilização de material de construção que, então, será descartado e, ainda podem gerar patologias nas construções depois de prontas (Souza & Ripper, 1998). Dentro desse escopo, apesar de mudanças para otimizar as construções, ainda ocorre uma alta produção de resíduos e desperdício de material nas construções em alvenaria (Rocha, 2006), mas que podem ser minimizados em construções do tipo drywall com steelframe e woodframe (Resende et al., 2021a; Aversi-Ferreira, 2018).

Historicamente e ainda nos tempos atuais, os tijolos apresentam facilidade para serem fabricados devido aos recursos geológicos vastos, são versáteis como material de construção, suportam bem as cargas e mostram boa estética, não obstante, como citado acima geram problemas de ordem ambiental (Coletti et al., 2016) devido ao descarte de resíduos, alto gasto de energia na fabricação com elevada produção de CO₂ e alto gasto de água na construção na confecção da argamassa.

As causas de produção de resíduos na construção civil são várias origens, desde reformas e demolições, falta de gestão eficiente dos envolvidos na obra e dos órgãos fiscalizadores, e, talvez o principal problema seja uma falha de uma consciência ambiental dos construtores e da população (Capaz & Nogueira, 2014).

O Brasil tem a cultura da construção em alvenaria pela herança de Portugal onde predominam as construções de tijolos até os dias de hoje (Gouveia, 2007) devido à escassez de florestas naquele país (Aversi-Ferreira, 2018).

De fato, a madeira acompanha as construções humanas desde a antiguidade e até mais antiga que o uso de tijolos, no entanto, apresenta um desgaste mais rápido. No entanto, pode ser manipulada mais fácil e rapidamente com uma alta relação resistência/peso (Resende et al., 2021a; Pfeil & Pfeil, 2003; Molina & Calil, 2010).

Atualmente, com a madeira derivada de reflorestamento, esta passa a ser uma das alternativas para a construção civil mais sustentável (Aversi-Ferreira, 2018).

Como alternativa, as construções em aço do tipo steelframe apresenta vantagens em sustentabilidade e conforto termoacústico (para maiores detalhes ver Aversi-Ferreira, 2018). Esses dois tipos de construção citados, independente do custo/benefício em relação à alvenaria, estas são sem contradição mais sustentáveis e menos nocivas ao ambiente.

Apesar do apelo de sustentabilidade e das empresas de engenharia estarem se empenhando em melhorar as construções para torná-las mais sustentáveis (Capaz & Nogueira, 2014), a produção de resíduos nas construções de alvenaria são um problema ainda não resolvido, principalmente se considerar o manejo e gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil, derivados não somente das construções, mas de reparos, reformas, demolições e escavações de terrenos (Capaz & Nogueira, 2014).

As diretrizes para a gestão de resíduos sólidos derivados das atividades da engenharia civil são regulamentadas pelo CONAMA resoluções números 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 448/2012 que classificam os resíduos em quatro classes:

- I. Classe A - Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados
- II. Classe B - Resíduos recicláveis visando a outras destinações como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
- III. Classe C - Resíduos para os quais não foram desenvolvidas aplicações ou tecnologias economicamente viáveis que tornem possível sua recuperação ou reciclagem
- IV. Classe D - Resíduos perigosos procedentes do processo de construção, como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas, reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, assim como telhas de demais objetos e materiais que possuam amianto ou outros produtos nocivos à saúde (Capaz & Nogueira, 2014).

Hipoteticamente, devido a produção artesanal e mão de obra pouca qualificada no Brasil para as construções civis, principalmente de alvenaria, espera-se encontrar descartes inadequados dos resíduos sólidos na construção civil, principalmente em obras de pequeno e médio porte onde os pedreiros e mestres de obras tomam conta.

Logo, o gerenciamento do descarte dos resíduos sólidos da construção civil merece um especial atenção e deve ser fiscalizado. Nesse intuito, foi realizado um estudo quantitativo e qualitativo do descarte dos resíduos da construção civil nas cidades de Três Corações, Itamonte, São Lourenço, Carmo da Cachoeira, Alfenas, Varginha e São Thomé das Letras para a verificação de descarte de resíduos na construção civil segundo as normas do CONAMA e NR 18, principalmente, e um esforço foi feito para associar o descarte com possibilidades sustentáveis com propostas de melhora.

1.2 HIPÓTESE

O setor da construção civil no Brasil ainda usa mecanismos ultrapassados para o descarte dos seus resíduos e o manejo da geração de resíduo da construção civil é feito dentro das normas ou não são feitos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Toda construção gera resíduos (Zaparte, 2014) cuja quantidade depende do porte e do tipo de construção, pois as sustentáveis, do tipo drywall, steelframe, woodframe, geram menos resíduos do que as construções tradicionais de alvenaria (Aversi-Ferreira, 2018), pois a indústria não fica no local da obra, apenas ocorre a montagem do prédio com material vindo direto da fábrica, portanto, com menos defeitos de fabricação e muito menos resíduos.

A geração de resíduos traz uma preocupação social dentro do escopo da sustentabilidade, não somente por empresas grandes que geram muitos, mas pelo somatório das construções de médio e pequeno porte. A maior parte da quantidades de resíduos gerados é consequência da ineficiência dos processos de execução da obra, falta de qualificação, ferramentas de gerenciamento e processos antigos ainda aplicados na construção civil observados há mais de 40 anos (Resende et al., 2021a; Aversi-Ferreira, 2018; Bruna, 1976), como pode ser visto neste trabalho em que a maioria das obras em todas as cidades estudadas apresentaram descarte e armazenamento inadequado dos resíduos sólidos com mistura dos tipos diferentes de classes de descartes no mesmo espaço com predominância das classes B e D (Leite et al., 2010, Ângulo et al., 2013).

Os resíduos da construção civil são provenientes, além de processos construtivos, das reformas, demolições, reparos e escavações de terrenos; atividades já estabelecidas pelas Resoluções Conama números 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 448/2012 que propõe que cada gerador é responsável pela reciclagem e disposição final adequada dentro das normas. A lei também estabelece que os Estados e Municípios têm até 2022 para elaborar e atualizar os planos de gestão de resíduos (BRASIL, 2010). Nesse estudo todos os resíduos foram verificados nos processos de construção, não de demolições, o que pode ser explicado pelo fato de que demolições são raras em pequenos centros.

1.4 OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou-se em averiguar o gerenciamento do descarte dos resíduos sólidos da construção civil, no intuito de realizar um estudo qualitativo e quantitativo desses resíduos, em algumas cidades do sul de Minas Gerais, como: Três Corações, Itamonte, São Lourenço Carmo da cachoeira, Alfenas e Varginha. Para a verificação do descarte dos resíduos na construção civil segundo as normas do CONAMA e NR18, foi feita uma associação do descarte com possibilidade sustentáveis com propostas de melhora.

1.5 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo presencial das obras de construção para fotografar os resíduos gerados nessas obras procuradas de modo aleatório. Foram visitadas 112 obras nas cidades de Três Corações, São Tomé das Letras, Carmo da Cachoeira, Varginha, Itamonte, São Lourenço e Alfenas no Sul de Minas Gerais.

Foi feita a contagem das obras visitadas, por cidade nos bairros e centros urbanos, e discriminadas aquelas que não seguiram os métodos de armazenamento e descarte de resíduos sólidos quais sejam os itens:

1. Obras sem cerca ou tapume;
2. Material sem baias de contenção e/ou em solo inclinado;
3. Material disposto em rua, calçada ou em lotes anexos;
4. Descarte de material sem o usos de caçamba.

Esses dados foram verificados e catalogados e usados para realizar os testes estatísticos do qui-quadrado que é aplicado a dados categóricos para avaliar quanto provável é que qual quer diferença observada aconteça ao acaso.

Os itens analisados foram baseados de acordo com as normas CONAMA resoluções números 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 448/2012, a NR 9 e a NR 18 que regulam o isolamento da obra e os processos de armazenagem e descarte de materiais, pois a falta de manejo adequado dos resíduos gera acúmulo nas vias públicas ou são lavados por águas pluviais espalhando-os podendo levá-los para rios e canais.

Os resultados foram plotados e aplicado o teste de χ^2 para comparação entre os dados esperados e observados para os itens citados para $p < 0.05$. É importante citar que uma obra pode possuir mais de um item indesejável. Foi feito uma análise de regressão linear para cada item por cidade para $p < 0.05$.

Como os dados obtidos não foram oriundos de relação com seres humanos e nenhuma foto dentro da obra foi realizada, não foi necessária a autorização de um comitê de ética.

REFERÊNCIAS

- AVERSI-FERREIRA, T. A. Alguns comentários sobre o uso das construções do tipo dry wall no Brasil. **Engineering Sciences**, v. 6, n. 1, p. 21–31, 2018.
- BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. Editora Perspectiva.1976.
- Capaz, R. S. & Nogueira, L. A. H. **Ciências ambientais para engenharia**. Editora Campus.2014
- COLETTI, C. et al. Use of industrial ceramic sludge in brick production: Effect on aesthetic quality and physical properties. **Construction and Building Materials**, v. 124, p. 219–227, 2016.
- GOUVEIA, J. (COIMBRA U.; LOURENÇO, P. (MINHO U.; VASCONCELOS, G. (MINHO U. Soluções construtivas em alvenaria. **Congresso Construção 2007**, p. 1–12, 2007.
- LAI, L. **Verificação Do Custo-Benefício Do Sistema Drywall Segundo a Abnt Nbr 15575: 2013**. 2016.
- LEITE, R. A.; GOMES, A. P. **Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição do Município de Passo Fundo (RS)**: Avaliação da Viabilidade Econômica Recycling Plant for Construction and Demolition Waste of Passo Fundo (RS): Evaluation of Economic Viability. n. October, p. 107–129, 2010.
- Meira, A. R. & Araújo, N. M. C. **Qualidade na construção civil**. Editora IFPB. 2016.
- MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. Sistema construtivo em “wood frame” para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 31, n. 2, p. 143, 2010.
- Neumann, E. S. **Introdução à engenharia civil**. Elsevier. 2017.
- Pfeil, W. & Pfeil, M. **Estruturas de Madeira**. (6a ed.), LTC. 2013.
- RESENDE, E. B. et al. Uso de wood frame na construção civil no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e31210615818, 2021.
- ROCHA, E. G. D. A. **Os Resíduos Sólidos De Construção E Demolição : Gerenciamento , Quantificação E Caracterização** . Um Estudo De Caso No Distrito Federal Eider Gomes De Azevedo Rocha. p. 155, 2006.
- Souza, V. C. M. & Ripper, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Editora Pini.1998.
- Zaparte, T. A. **Estudo e adequação dos principais elementos do modelo canadense de construção em Wood Frame para o Brasil**. 83 fls. TCC - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco. 2014

PARTE 2

Quantitative and Qualitative Study of Waste Produced by Civil Construction of Masonry in the South of Minas Gerais and comments on sustainability

Estudo Quantitativo e Qualitativo da Produção de Resíduos Sólidos na Construção Civil em Alvenaria no Sul de Minas Gerais com Comentários Sobre Sustentabilidade

Estudio Cuantitativo y Cualitativo de la Producción de Residuos Sólidos en Construcción Civil de Albañilería en el Sur de Minas Gerais con Comentarios sobre Sustentabilidad

Received: 01/00/2021 | Reviewed: 02/00/2021 | Accept: 02/00/2021 | Published: 04/10/2021

Evelyn Bastos Resende

<https://orcid.org/0000-0003-4944-5820>

Universidade Federal de Alfenas-UNIFAL

evelyn.resende@sou.unifal-mg.edu.br

Letícia Carolaine Silva Faria

<https://orcid.org/0000-0001-7920-0969>

Universidade Federal de Alfenas-UNIFAL

leticia.faria@sou.unifal-mg.edu.br

Tales Alexandre Aversi-Ferreira

<https://orcid.org/0000-0002-4417-7209>

Universidade Federal de Alfenas-UNIFAL

tales.ferreira@unifal-mg.edu.br

Abstract

Historically and still in current times, bricks are easy to be manufactured due to vast geological resources, are versatile as a building material, support loads well and show good aesthetics, however, they generate environmental problems due to waste disposal, high energy consumption in manufacturing with high CO₂ production and high-water consumption in construction in the manufacturing of mortar. Hypothetically, due to artisanal production and poorly qualified labor in Brazil for civil construction, mainly masonry, it is expected to find inadequate disposal of solid waste in civil construction. Therefore, the management of solid waste disposal from civil construction deserves special attention and must be inspected. This work showed that the disposal of solid waste in construction in small urban centers in the South of Minas Gerais occurs irregularly approximately 89% of cases, generating problems of obliteration of sidewalks and reduction of parking area with possible movement of this waste on public roads. In general terms, inadequate storage and waste disposal represent a problem and even a setback in sustainability actions in civil construction that does not reflect the appeal of today's society that seeks improvements for better living conditions for the planet. Due to the small amount of sampling and the type (small urban centers), more studies need to be carried out to see if the high percentage of solid waste allocation in civil construction also occurs in this way in other regions, and studies in large urban centers could be done for data comparison.

Keywords: Civil Engineer; Sustainability; Solid residues

Resumo

Historicamente e ainda nos tempos atuais, os tijolos são fáceis de serem fabricados devido aos vastos recursos geológicos, são versáteis como material de construção, suportam bem cargas e apresentam boa estética, no entanto, eles geram problemas ambientais devido ao descarte de resíduos sólidos, alto consumo de energia na construção com alta produção de CO₂ e consumo de água na construção na fabricação de argamassas. Hipoteticamente, devido à produção artesanal e à mão de obra pouco qualificada no Brasil para a construção civil, principalmente a alvenaria, espera-se encontrar destinação inadequada de resíduos sólidos na construção civil. Portanto, o gerenciamento da destinação de resíduos sólidos da construção civil merece atenção especial e deve ser fiscalizado. Este trabalho mostrou que o descarte de resíduos sólidos em construção em pequenos centros urbanos do Sul de Minas Gerais ocorre de forma irregular em aproximadamente 89% dos casos, gerando problemas de obliteração de calçadas e redução de área de estacionamento com possível movimentação desses resíduos em vias públicas. Em linhas gerais, o armazenamento e a destinação inadequada de resíduos representam um problema e até mesmo um retrocesso nas ações de sustentabilidade na construção civil que não reflete o apelo da sociedade atual que busca melhorias para melhores condições de vida para o planeta. Devido ao pequeno quantitativo de amostragem e ao tipo (pequenos centros urbanos), mais estudos precisam ser realizados para verificar se o alto percentual de destinação de resíduos sólidos na construção civil ocorre desta forma também em outras regiões, e estudos em grandes centros urbanos. centros poderiam ser feitos para comparação de dados.

Palavras-chave: Engenharia civil; Sustentabilidade; Resíduos sólidos.

Resumen

Históricamente y aún en la actualidad, los ladrillos son fáciles de fabricar debido a los vastos recursos geológicos, son versátiles como material de construcción, soportan bien las cargas y muestran buena estética, sin embargo, producción de CO₂ y alto consumo de agua en la construcción en la fabricación de morteros. Hipotéticamente, debido a la producción artesanal y la mano de obra poco calificada en Brasil para la construcción civil, principalmente mampostería, se espera encontrar una disposición inadecuada de desechos sólidos en la construcción civil. Por tanto, la gestión de la disposición de residuos sólidos de la construcción civil merece una atención especial y debe ser inspeccionada. Este trabajo mostró que la disposición de residuos sólidos en construcción en pequeños núcleos urbanos del sur de Minas Gerais ocurre de manera irregular aproximadamente en el 89% de los casos, generando problemas de obliteración de aceras y reducción de área de estacionamiento con posible movimiento de estos residuos en la vía pública. En términos generales, el almacenamiento y disposición de residuos inadecuados representan un problema e incluso un retroceso en las acciones de sustentabilidad en la construcción civil que no refleja el atractivo de la sociedad actual que busca mejoras para mejores condiciones de vida para el planeta. Debido a la pequeña cantidad de muestreo y al tipo (pequeños centros urbanos), es necesario realizar más estudios para ver si el alto porcentaje de asignación de residuos sólidos en construcción civil también ocurre de esta manera en otras regiones, y estudios en grandes áreas urbanas. Se podrían hacer centros para la comparación de datos.

Palabras llave: Ingeniería Civil; Sustentabilidad; Residuos sólidos.

1. Introduction

The conventional masonry system is as old as the use of brick, dating to approximately 7000 BC (Murmu & Pattel, 2018; Neumann, 2017), this was and still is, in most small and medium-sized buildings (Lai, 2016), a craft task, facilitated by machines and implements that speed up the labor and tend to increase the quality of the civil construction product, especially in the last two decades of the 20th century (Meira & Araújo, 2016).

However, errors are made, in calculations, in execution, human errors that cause the construction material to become unusable, which will then be discarded and

can even generate pathologies in the constructions after they are done (Souza & Ripper, 1998). Within this scope, despite changes to optimize constructions, there is still a high production of waste and material waste in masonry constructions (Rocha, 2006), but these can be minimized in drywall constructions made with steel frame and wood frame (Resende et al., 2021a; Aversi-Ferreira, 2018).

Historically and still in current times, bricks are easy to be manufactured due to vast geological resources, are versatile as a building material, support loads well and show good aesthetics, however, as mentioned above, they generate environmental problems (Coletti et al., 2016) due to waste disposal, high energy consumption in manufacturing with high CO₂ production and high-water consumption in construction in the manufacturing of mortar.

The causes of waste production in civil construction are many, coming from renovations, demolitions and lack of efficient management of those involved in the work and inspection agencies. Perhaps the main problem is a failure of environmental awareness by the builders and the population (Capaz & Nogueira, 2014).

The lack of projects with a sustainable focus on civil construction in masonry results in environmental damage that can be irreparable when using non-renewable raw materials, energy consumption of organic origin in the transport of material and in the processing of materials (Schinini, Bagnati & Cardoso, 2004).

Brazil has a culture of masonry construction due to the heritage of Portugal, where brick constructions predominate to this day (Gouveia, 2007) due to the scarcity of forests in that country (Aversi-Ferreira, 2018).

In fact, wood follows human constructions since antiquity and even older than the use of bricks, however, it wears out faster. However, it can be handled more easily and quickly with a high strength-to-weight ratio (Resende et al., 2021a; Pfeil & Pfeil, 2003; Molina & Calil, 2010). Currently, with wood derived from reforestation, this becomes one of the alternatives for more sustainable civil construction (Aversi-Ferreira, 2018).

As an alternative, steel frame-type steel constructions have advantages in terms of sustainability and thermo-acoustic comfort (for more details, see Aversi-Ferreira, 2018). These two types of construction mentioned, regardless of the cost/benefit in relation to masonry, are unquestionably more sustainable and less harmful to the environment.

Despite the appeal of sustainability and engineering companies are striving to improve constructions to make them more sustainable (Capaz & Nogueira, 2014), the production of waste in masonry constructions is an unresolved problem, especially if we consider the handling and management of solid civil construction waste, derived not only from constructions, but from repairs, renovations, demolitions and land excavations (Capaz & Nogueira, 2014).

The guidelines for the management of solid waste derived from civil engineering activities are regulated by CONAMA resolutions numbers 307/2002, 348/2004, 431/2011 and 448/2012, which classify waste into four classes:

- I. Class A - Reusable or recyclable waste as aggregates;
- II. Class B - Recyclable waste for other purposes such as plastics, paper, cardboard, metals, glass, wood and plaster;
- III. Class C - Waste for which economically viable applications or technologies that make its recovery or recycling possible haven't been developed.
- IV. Class D - Hazardous waste from the construction process, such as paints, solvents, oils and others or those contaminated or harmful to health from demolitions, renovations, repairs of radiological clinics, industrial facilities and others, as well as tiles from other objects and materials that contain asbestos or other products harmful to health (Capaz & Nogueira, 2014).

Hypothetically, due to artisanal production and poorly qualified labor in Brazil for civil construction, mainly masonry, it is expected to find inadequate disposal of solid waste in civil construction, especially in small and medium-sized works where masons take over.

Therefore, the management of solid waste disposal from civil construction deserves special attention and must be inspected. Considering this, a quantitative and qualitative study of the disposal of civil construction waste was carried out in the cities of Três Corações, Itamonte, São Lourenço, Carmo da Cachoeira, Alfenas and Varginha to verify the disposal of civil construction waste according to CONAMA standards and NR 18, mainly, and an effort was made to associate disposal with sustainable possibilities with proposals for improvement.

2. Methodology

A local study of the construction works was carried out to photograph the waste generated in these works, sought at random. 112 works were visited in the cities of

Três Corações, São Tomé das Letras, Carmo da Cachoeira, Varginha, Itamonte, São Lourenço and Alfenas in southern Minas Gerais (Table 1, figure 1).

Table 1. Main information about the studied municipalities in this work

Municipalities	Number approximated of habitants [x1000]	Area [km²]	Altitude [m]	Main economic activities
Três Corações	80	828.038	839	Agriculture of coffee, corn, potatoes, beans, rice and regional fruits
São Thomé das Letras	7	369.515	1440	Stone Mining and Tourism
Carmo da Cachoeira	12	506	959	Coffee agriculture and milk production
Varginha	134	395.396	980	High Quality Coffee Farming
Itamonte	16	430.597	933	Tourism, agriculture and milk production
São Lourenço	46	58.019	950	Tourism and commerce
Alfenas	80	850.446	888	Agro-pastoral and coffee production

Source: sites of the cities Alfenas, São Lourenço, Itamonte, Varginha, Carmo da Cachoeira, São Thomé das Letras e Três Corações, 2021.

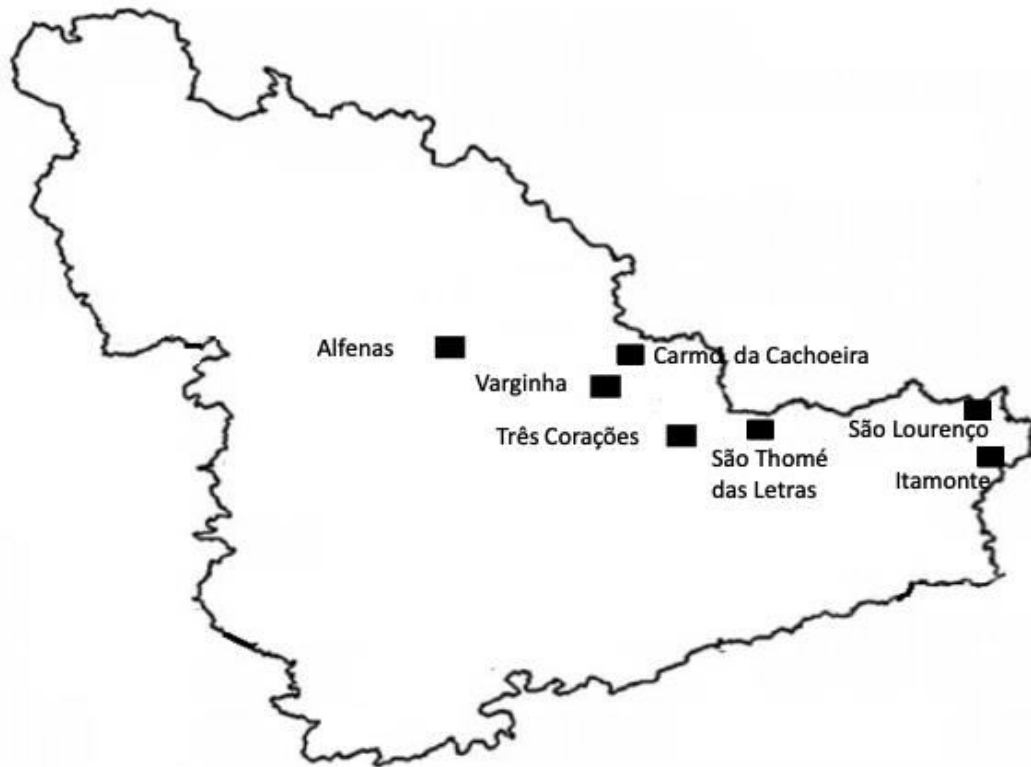


Figure 1. South of Minas Gerais' map indicating the position of studied cities in this work.

Source: modification from Saes, Gambi & Curi (2016) and Google maps

The count of construction sites visited was made by city in the neighborhoods and urban centers, and those that did not follow the methods of storage and disposal of solid waste were classified by the following:

- a. Constructions without fence or siding;
- b. Material without containment bays and/or on sloping ground;
- c. Material placed on the street, sidewalk or in attached lots;
- d. Disposal of material without the use of an appropriate dumpster.

These data were verified, cataloged and used to perform the statistical tests.

The items analyzed [a. Constructions without fence or siding; b. Material without containment bays and/or on sloping ground; c. Material placed on the street, sidewalk or in attached lots; d. Disposal of material without the use of an appropriate dumpster] were based on CONAMA standards, resolutions numbers 307/2002, 348/2004, 431/2011 and 448/2012, NR 9 and NR 18, which regulate the isolation of the work and the processes of storage and disposal of materials, as the lack of proper waste management generates accumulation on public roads or is washed by rainwater, spreading them and taking them to rivers and canals.

The results were plotted and the χ^2 test was applied to compare the expected and observed data for the items mentioned for $p < 0.05$. It is important to mention that a work may have more than one undesirable item. A linear regression analysis was performed for each item by city for $p < 0.05$. To clarify, the expected data are all correct applications of the CONAMA rules, and the undesirable ones are those that do not follow the CONAMA regulation and liable of fine. Indeed, the χ^2 test applied here furnish data to verify the distance among the constructions that followed the CONAMA rules and the other that do not those regulations.

As the data obtained did not come from relationships with human beings and no photos were taken inside the construction sites, authorization from an ethics committee was not required.

3. Results and Discussion

Twenty construction works were observed and photographed in São Thomé das Letras, 25 in Três Corações, 12 in Carmo da Cachoeira, 24 in Varginha, 7 in Itamonte, 17 in São Lourenço and 13 in Alfenas (figure 3).

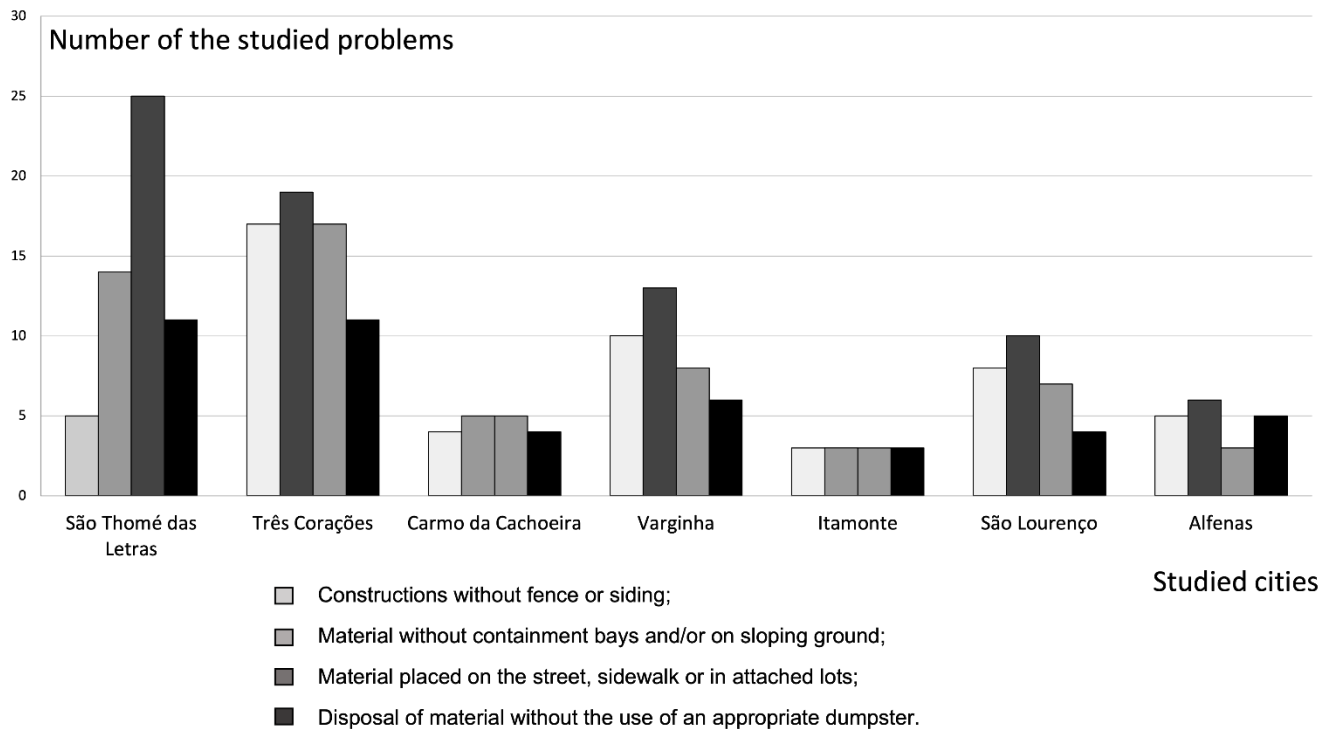


Figure 2. Problems verified in the Civil constructions in the studied cities in this work. For each city, from left to right, the problems analysed were: Constructions without fence or siding; Material without containment bays and/or on sloping ground; Material placed on the street, sidewalk or in attached lots; Disposal of material without the use of an appropriate dumpster.

In quantitative terms, differences were observed in absolute numbers and statistics in the non-application of waste management standards in civil construction [CONAMA, NR 18] between cities and items according to the χ^2 test for $p < 0.05$ (figure 2) and the linear regression calculation for $p < 0.05$ with the values of R^2 are shown in Figure 3. The analyzed items were those cited above from the CONAMA and NR 18, i.e., constructions without fence or siding; material without containment bays and/or on sloping ground; material placed on the street, sidewalk or in attached lots and; disposal of material without the use of an appropriate dumpster.

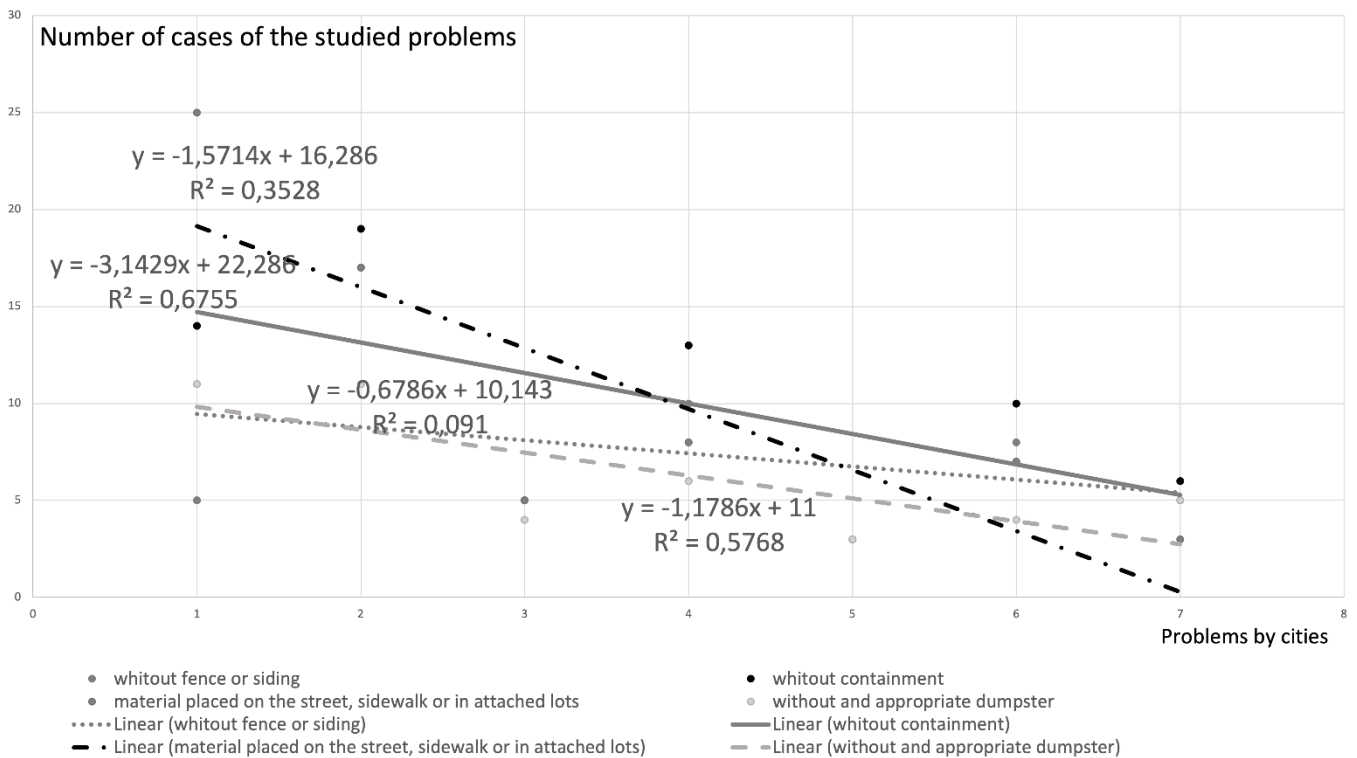


Figure 3. Linear regression analysis between items studied by city with equations and R2 values. There was no strong linear correlation between the non-application of standards for any of the items in the various cities.

In qualitative terms, the dangers of not complying with the standards were widely verified mainly with the placement of material in streets and sidewalks and outside isolation bays, in all cases for medium-sized constructions. In large constructions the safety items studied here happened rarely, only 3/112 in all cities (figure 4D).

In some cases, the danger of landslides was evident due to the lack of material insulation and the slope of the land (figure 4A) and materials without containment that could cause people to fall due to the effect of sand, cement and stones on the floor (figures 4B and 4C).

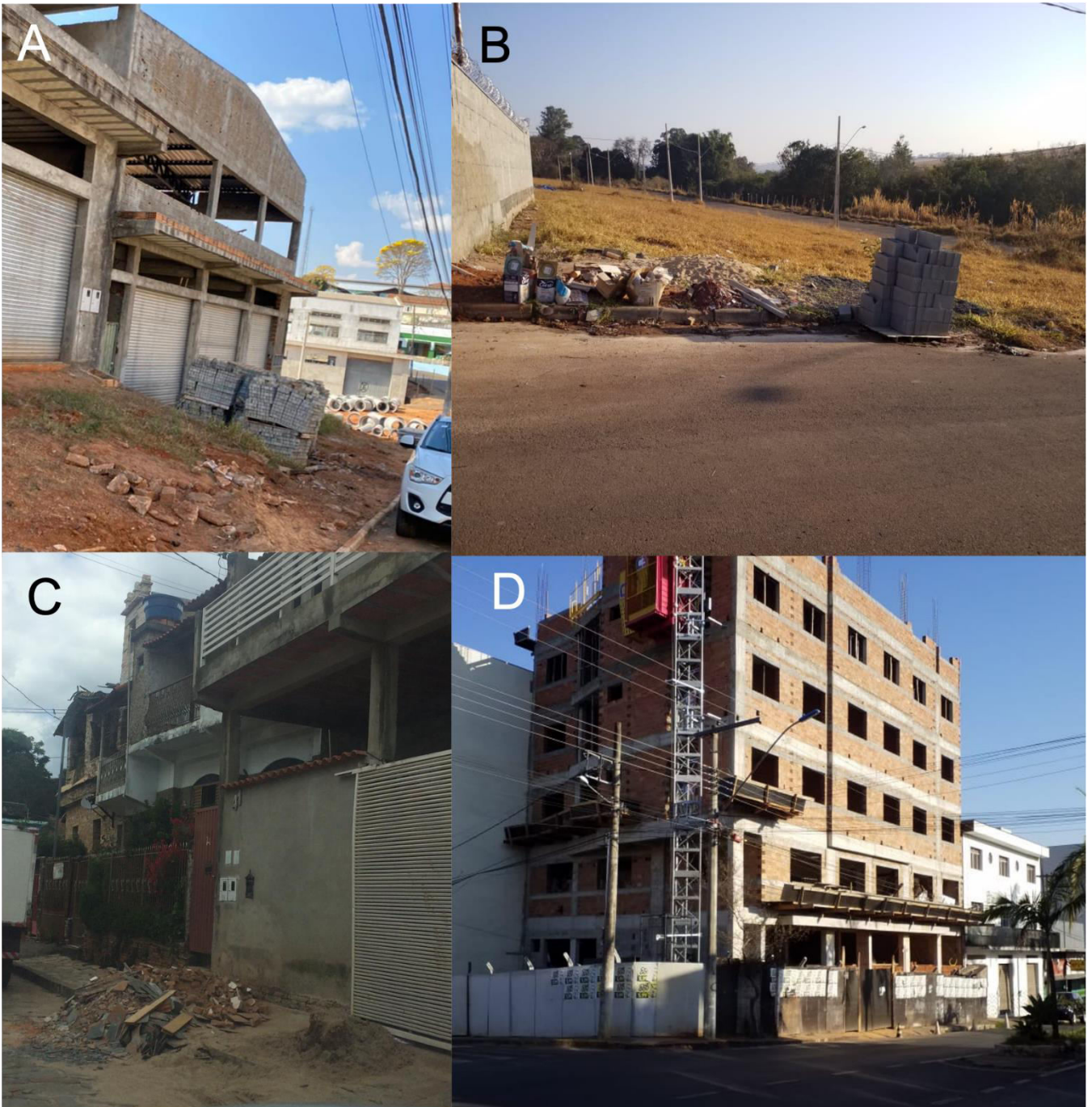


Figure 4. Some photos of the works studied in this work. A. Observe stacked bricks with no support base on sloping terrain. B. Solid waste on side terrain and no bucket, bricks stacked on sidewalk on steep ground, with paint cans [Type D waste]. C. Solid waste disposed on the street and sidewalk along with uninsulated sand [Type B waste]. D. A large construction case with siding without waste and off-site material.

Considering the data obtained, non-compliance with basic rules for disposing of material in works occurred in more than 80% of the cases studied (figure 2) and it

should be emphasized that observations inside the work such as the use of protective materials, fire extinguishers fire, bathroom and drinking fountains for employees were not included in this study.

The χ^2 analysis showed that there was no parameter that stood out the most, as the null hypothesis was rejected, ie, the relationship between the items studied in the different cities did not remain constant or similar, which was corroborated by the linear regression within the items themselves, also when considering cities (figure 3). In this case, the smallest relation was observed for the item “without fences or siding” with $R^2 = 0.091$ and the largest relation occurred for the item “without stalls or insulation” with $R^2 = 0.6755$ (figure 3). Considering the group data and linear regression, the least obeyed parameter in the works was “without stalls or isolation” both for class B waste in the majority and for class D, mainly paint cans on the waste (figure 4).

In general, the non-compliance with the normative parameters can indicate negligence, lack of engineers commanding the work, lack of supervision in small and medium-sized works, because in large works the items studied were observed, so it is reasonable to think that large-scale works receive more attention from inspections, or the seriousness of accidents can have a stronger impact on society which forces owners to avoid them.

In epistemological terms, this study can be addressed as a problem that reproduces the questions, uncertainties and possibilities of a context in the association of Brazilian civil construction in relation to processes of a sustainable nature in consolidation in the world. It was a study whose conclusions are of an empirical and quantitative nature, which investigated the behavior of the Brazilian construction industry in small towns that may represent almost the entire country, but not the large centers.

This is a descriptive case analysis (Yin, 2001; Voss et al., 2002) that allows the knowledge of the process (Gil, 1996; Berto; Nakano, 2000), via search, research and study of a problem not completely clear within the path of sustainability. Despite the certainty of the errors evidenced in the disposal of solid waste, it is not possible to reach the conclusion of the specific reasons for illegality, just understand the problem in general terms and suppose the reason for the set of decisions that were taken (Yin, 2001), as not all normative parameters were observed.

The scenario where a process takes place is the basis for understanding it, in fact, the perspective of the Brazilian scenario in the civil construction sector fosters economic, social and environmental issues (Vieira, 2006) through its own production process, as it occurs through construction from small itinerant factories on construction sites, ie, the construction industry goes to the customer and works in a different location from their address, having to transport inputs and machinery to the construction site (Salgado, 2014).

However, despite this process, the construction sector indirectly indicates the financial growth of a country that increases in times of financial resources and decreases in times of crisis, and, in the case of Brazil, masonry constructions indicate greater industry profit cement, ceramics, potteries that grow together with the buildings.

According to the type of masonry construction, the more constructions, the greater the production of waste (Campos, 2006), the greater the use of water, the more use of cement whose production generates high doses of CO₂ and heat, the more use of steel, the greater removal of soil, and therefore greater effect on the environment, it is a fact that civil construction is the largest consumer of natural resources on the planet (Sjostrom, 1992).

All constructions generate waste (Zaparte, 2014) whose quantity depends on the size and type of construction. Sustainable constructions, such as drywall, steel frame, wood frame, generate less waste than traditional masonry constructions (Aversi-Ferreira, 2018), as the industry is not located at the construction site, the building is only assembled with material coming directly from the factory, therefore, with fewer manufacturing defects and much less waste.

The generation of waste brings a social concern within the scope of sustainability, not only for large companies that generate a lot, but for the sum of medium and small constructions. Most of the amount of waste generated is a consequence of the inefficiency of the work execution processes, lack of qualification, management tools and old processes still applied in civil construction, observed for more than 40 years (Resende et al., 2021a; Aversi-Ferreira, 2018; Bruna, 1976). B and D (Leite et al., 2010, Ângulo et al., 2013) (figure 4A, 4B and 4C), as can be seen in this work, in which most of the works in all the cities studied presented inadequate disposal and storage of solid waste with a mixture of different types of disposal classes in the same space with a predominance of classes B and D (Leite et al., 2010, Ângulo et al., 2013) (figure 4A, 4B and 4C)..

Civil construction waste comes, in addition to construction processes, from renovations, demolitions, repairs and land excavations; activities already established by Conama Resolutions numbers 307/2002, 348/2004, 431/2011 and 448/2012, which propose that each generator is responsible for recycling and proper final disposal within the standards. The law also establishes that States and Municipalities have until 2022 to prepare and update waste management plans (BRASIL, 2010). In this study, all residues were verified in construction processes, not demolitions, which can be explained by the fact that demolitions are rare in small centers.

Another problem associated with the production of waste is the irregular disposal of these wastes in cities representing 50% of the mass of urban solid waste in Brazil (BRASIL, 2005b), overloading the municipalities' public cleaning systems, however, our data showed that this occurred in most works (figure 2).

This situation causes access impediments to sidewalks and part of the street, reducing the parking area and allows the movement of material to be used, such as sand and smaller gravel and residues that can move by the action of rainwater and carry the material to riverbeds and canals, contaminating them (figure 4A, 4B and 4C).

Solid waste that is not discarded or incorrectly allocated can be a source of accidents with venomous animals such as snakes and scorpions, putting animal and human health at risk, in addition to what areas with low light can allow. There can also be proliferation of bacteria and fungi, retaining viruses, some of which may be pathological, which is in disagreement with the requirements of the Environmental Risk Prevention Program (PPRA), NR-9 of 12/29/1994.

Class D residues have a certain toxicity, and their movement spreads this toxicity in addition to providing contact with humans and animals, especially children and dogs, but this does not rule out that contact with humans creates danger in relation to class B, as it can hurt people who try to manipulate them, such as those who work looking for useful material in the waste or even the workers at the construction site. In fact, being responsible for putting any person in a situation of danger is punishable by article 132 of the Brazilian Penal Code.

Effective inspection can reduce the allocation of civil construction materials in prohibited areas and waste outside the dumpsters, on sidewalks, streets or on lateral land.

Part of the solution for reducing solid waste is the change from traditional construction processes to sustainable ones, which is happening slowly in Brazil

(Aversi-Ferreira, 2018). However, at least in palliative terms, directing waste to suitable locations already is a good procedure.

As it is difficult to quickly change entrenched and conservative behaviors (Aversi-Ferreira, 2018), among others due to the low qualification of the construction workforce in the country, making masonry construction more sustainable seems to be a more viable solution than a sudden change for drywall-type constructions for which the country is not prepared, mainly due to the lack of qualified labor (Resende et al., 2021a; Aversi-Ferreira 2018).

Rainwater storage in gallons and boxes at the construction site can help saving and sustainability in construction, as well as well-designed projects (in this case, design with engineers) that avoid rework and therefore have less waste. For example, there are few, but there are construction waste recycling plants that should be used making the disposal process more in line with sustainability standards in civil construction.

Besides, using more efficient materials in thermoacoustic terms such as expanded clay can also make the masonry lighter by reducing the amount of concrete in the foundations (Resende et al., 2021b); the use of plasterboard on the internal walls, the use of Styrofoam on the slabs reduces its weight, further helping to reduce the weight of the structure; recycle the generated waste to use it in relation to the natural ones to avoid the natural extraction of the latter.

The economy/quality relationship is part of the construction process, considering health, environmental quality and public acceptance in order to create sustainable urban structures (Neumann, 2017). In this sense, this study showed that the three items were not verified, as incorrect allocation and disposal of poorly managed waste can cause animal and human health problems, diminishing environmental quality.

4. Conclusion

This work showed that the disposal of solid waste in construction in small urban centers in the South of Minas Gerais occurs irregularly approximately 89% of cases, generating problems of obliteration of sidewalks and reduction of parking area with possible movement of this waste on public roads. Residues are not properly separated with a mixture of classes B and D, mainly allocated together. In general terms, inadequate storage and waste disposal represent a problem and even a setback in

sustainability actions in civil construction that does not reflect the appeal of today's society that seeks improvements for better living conditions for the planet.

Due to the small amount of sampling and the type (small urban centers), more studies need to be carried out to see if the high percentage of solid waste allocation in civil construction also occurs in this way in other regions, and studies in large urban centers could be done for data comparison.

This work indicates that greater inspection by public agencies needs to be carried out to avoid the problems of storage and disposal of civil construction waste.

The direction for sustainability and compliance with CONAMA, NR 9 and NR 18 standards, at least, may indicate a change in the normal masonry construction process in a direction for environmental protection and the health of people and animals and/or start a process of more sustainable and ecologically beneficial constructions such as drywall constructions.

References

Ângulo, S. C., John, V. M., Ulsen, C., Kahn, H., & Mueller, A. (2013). Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.13, n. 2, p. 61-73.

Aversi-Ferreira, T. A. (2018). Alguns comentários sobre o uso das construções do tipo dry wall no Brasil. *Engineering Sciences*, v. 6, n. 1, P. 22-31.

Berto, R. M. V. S & Nakano, D. N. (2000). A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. *Produção*, v. 9, n. 2, p. 65-76.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente. Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos: orientação para o seu licenciamento e aplicação da Resolução Conama 307/2002. 2005b.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente. Área de manejo de resíduos da construção e resíduos volumosos: orientação para o seu licenciamento e aplicação da Resolução Conama 307/2002. 2005b.

BRASIL. Lei Federal 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*, 2 ago.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos MTE Ambientais (PPRA). Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1994.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – Condições e Meio ambiente de Trabalho nas Indústria da Construção. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei no 2.848, de 1940, art. 132 no Código Penal Brasileiro – Decreto-lei no 2.848, de 7 de dezembro de 1940.

Bruna, P. (1976). Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São Paulo: EDUSP/Perspectiva. *Coleção Debates*, número 135.

Campos, R. J. A. (2006). Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias. 165 p. *Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.*

Capaz, R. S. & Nogueira, L. A. H. (2014). Ciências ambientais para engenharia. *Editora Campus.*

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: **Resolução nº. 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da Construção Civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2002.

_____. **Resolução nº. 431**, de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3o da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Coletti, C., Maritan, L., Cultrone, G. & Mazzoli, C. (2016). Use of industrial ceramic sludge in brick production: effect on aesthetic quality and physical properties. *Construction and Building Materials*, v. 124, p. 219-227.

Gil, A. C. (1996). Como Elaborar Projetos de Pesquisa. *São Paulo: Atlas.*

Gouveia, J., Coimbra, U., Lourenço, P., Minho, U., Vasconcelos, G. & Minho, U. (2007). Soluções construtivas em alvenaria. Congresso Construção, p. 1–12.

Lai, L. (2016). Verificação do custo-benefício do sistema *Drywall* segundo a norma ABNT NBR 15575:2013.2016. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica.

Leite, R. A., Pandolfo, A., Gomes, A. P., Corrêa, R., Pandolfo, L. M. & Martins, M. S. (2010). Usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição do município de Passo Fundo (RS): avaliação da viabilidade econômica. *RECEN*, Guarapuava, v.12, n. 1, p. 107-129.

Meira, A. R. & Araújo, N. M. C. (2016). Qualidade na construção civil. *Editora IFPB.*

Molina, J. C., & Calil Junior, C. (2010). Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. *Semina : ciências exatas e tecnológicas*, 31(2), 143-156. doi:10.5433/1679-0375.2010v31n2p143.

Neumann, E. S. (2017). Introdução à Engenharia Civil. Elsevier.

Pfeil, W. & Pfeil, M. (2013). *Estruturas de Madeira*. (6a ed.). *Editora LTC*.

Resende, E. B., Faria, L. C. S., Freitas-Ferreira, E., & Aversi-Ferreira, T. A. (2021a). Use of the wood frame in the civil construction in Brazil. *Research, Society and Development*, 10(6), e31210615818. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15818>

Resende, E. B., Faria, L. C. S., Freitas-Ferreira, E., Trevisan, K. & Aversi-Ferreira, T. A. (2021a). Argila expandida na construção civil – uma inovação sustentável. *In*. Engenharia: Criação, construção e manutenção V. I. Editora Conhecimento Livre. <https://doi.org/10.37423/201203372>

Rocha, E. (2006). Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal. *Editora Eider Gomes de Azevedo Rocha*.

Saes, A. M., Gambi, T. F. y Curi, L. F. (2016). O processo de urbanização no Sul de Minas em transição: uma proposta de interpretação. Em A. M. Saes, M. Martins y T. Gambi (orgs.). *Sul de Minas em Urbanização: modernização urbana no início do século XX*. *Editora Alameda*.

Salgado, J. C. (2014). *Técnicas e práticas construtivas para edificação*. 3ª edição. *Editora Saraiva*.

Souza, V. C. M. & Ripper, T. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. *Editora Pini*.

Vieira, H. F. (2006). Logística aplica da à construção civil como melhorar o fluxo de produção nas obras. *Editora Pini*.

Voss, C., Tsiriktsis, N. & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195–219.

Yin, R. K. (2001). Estudo de caso: planejamento e métodos | Robert k. Yin; trad. Daniel Grassi- 2ed- Porto Alegre: *Bookman*, 2001. P. 150-155.

Zaparte, T. A. (2014). Estudo e adequação dos principais elementos do modelo canadense de construção em *Wood Frame* para o Brasil. 83 fls. *TCC - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco*.

APÊNDICE B – Fotos das obras nas cidades estudadas.
Fotos tiras na cidade Três Corações MG.



Fotos tiras na cidade de São Thomé das Letras MG





Fotos tiras na cidade de Varginha MG



Fotos tiradas na cidade de Carmo da Cachoeira MG



Fotos tiradas na cidade de Itamonte MG



Fotos tiradas na cidade de Alfenas MG



Fotos tiras em São Lourenço MG

