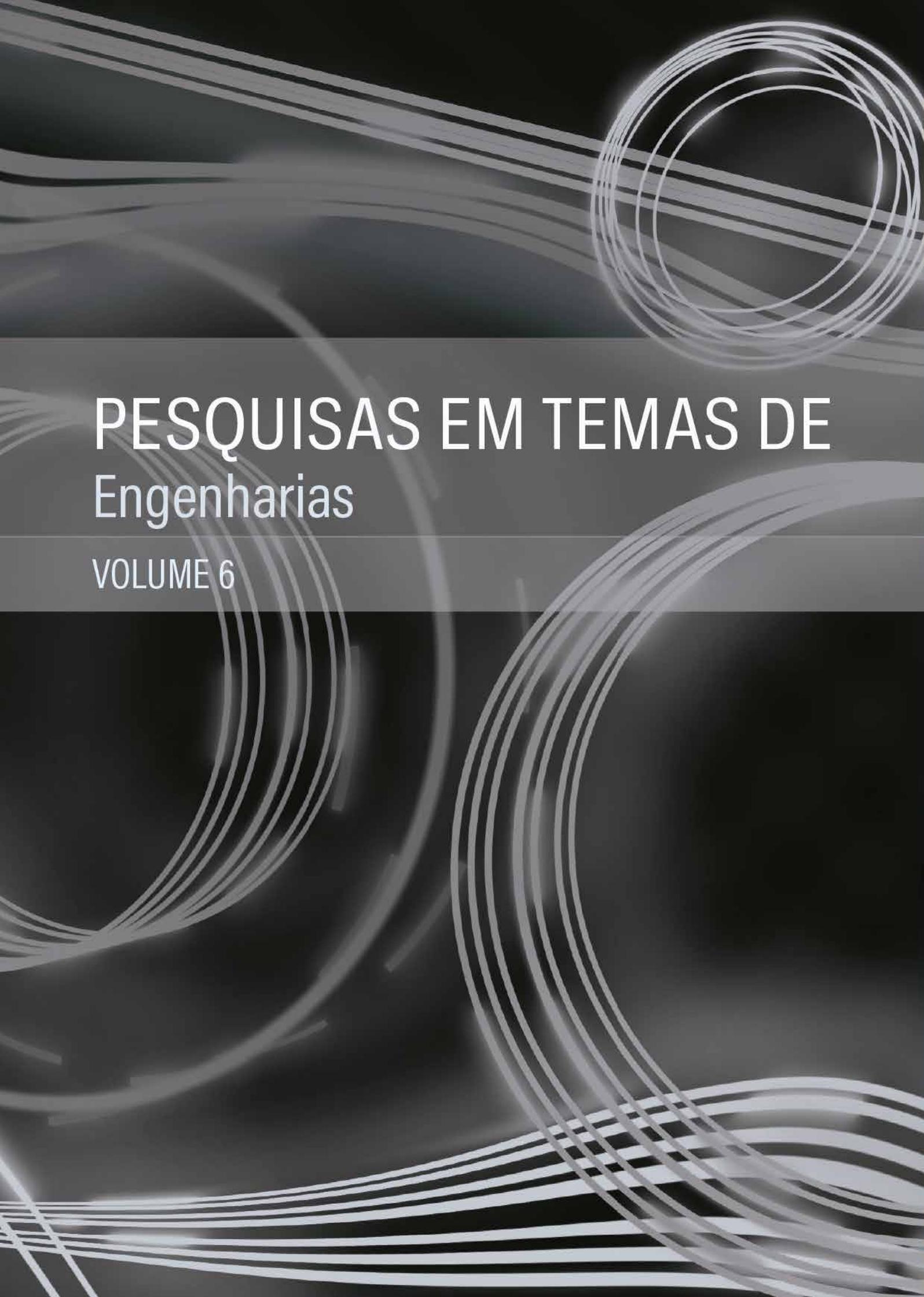


# PESQUISAS EM TEMAS DE Engenharias

VOLUME 6



Ednilson Sergio Ramalho de Souza  
**(Editor)**



PESQUISAS EM TEMAS DE  
Engenharias

VOLUME 6

---

Ednilson Sergio Ramalho de Souza  
(Editor)

Volume 6

# PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Edição 1

Belém-PA



2021

---

---

© 2021 Edição brasileira  
*by* RFB Editora  
© 2021 Texto  
*by* Autor(es)  
Todos os direitos reservados

RFB Editora  
Home Page: [www.rfbeditora.com](http://www.rfbeditora.com)  
Email: [adm@rfbeditora.com](mailto:adm@rfbeditora.com)  
WhatsApp: 91 98885-7730  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

**Diagramação e design da capa**

Priscila Rosy Borges de Souza

**Gerente editorial**

Nazareno Da Luz

**Imagens da capa**

[www.canva.com](http://www.canva.com)

**Revisão de texto**

Os autores

**Bibliotecária**

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558892670>

**Catálogo na publicação  
Elaborada por RFB Editora**

P474

Pesquisas em temas de engenharias / Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor) –  
Belém: RFB, 2021.

(Pesquisas em temas de engenharias, V.6)

Livro em PDF

3.600 KB., il.

ISBN: 978-65-5889-267-0

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670

1. Engenharias. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 370

Índice para catálogo sistemático

I. Engenharias.

---



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof.<sup>a</sup> Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Welma Emidio da Silva-FIS

### **Comissão Científica**

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Me. Darlan Tavares dos Santos-UFRJ

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof. Me. Francisco Pessoa de Paiva Júnior-IFMA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Antonio Santana Sobrinho-IFCE

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof. Me. Raphael Almeida Silva Soares-UNIVERSO-SG

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Andréa Krystina Vinente Guimarães-UFOPA

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Luisa Helena Silva de Sousa-IFPA

Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa-UnB

Prof. Me. Márcio Silveira Nascimento-IFAM

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Me. Fernando Vieira da Cruz-Unicamp

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof. Me. Angel Pena Galvão-IFPA

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Dayse Marinho Martins-IEMA

Prof.<sup>a</sup> Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Viviane Dal-Souto Frescura-UFSM

Prof. Dr. José Moraes Souto Filho-FIS

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Luzia Almeida Couto-IFMT

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Ana Isabela Mafra-Univali

Prof. Me. Otávio Augusto de Moraes-UEMA

---



Prof. Dr. Antonio dos Santos Silva-UFPA  
Prof<sup>a</sup>. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG  
Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tiffany Prokopp Hautrive-Unopar  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Rayssa Feitoza Felix dos Santos-UFPE  
Prof. Dr. Alfredo Cesar Antunes-UEPG  
Prof. Dr. Vagne de Melo Oliveira-UFPE  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro  
Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEMA  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érima Maria de Amorim-UFPE  
Prof. Me. Bruno Abilio da Silva Machado-FET  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade-UFPE  
Prof. Me. Saimon Lima de Britto-UFT  
Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Patrícia Pato dos Santos-UEMS  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE  
Prof. Me. Alisson Junior dos Santos-UEMG  
Prof. Dr. Fábio Lustosa Souza-IFMA  
Prof. Me. Pedro Augusto Paula do Carmo-UNIP  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dayana Aparecida Marques de Oliveira Cruz-IFSP  
Prof. Me. Alison Batista Vieira Silva Gouveia-UFG  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvana Gonçalves Brito de Arruda-UFPE  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nairane da Silva Rosa-Leão-UFRPE  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Adriana Barni Truccolo-UERGS  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI  
Prof. Me. Fernando Francisco Pereira-UEM  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cátia Rezende-UNIFEV  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katiane Pereira da Silva-UFRA  
Prof. Dr. Antonio Thiago Madeira Beirão-UFRA  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Dayse Centurion da Silva-UEMS  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Welma Emidio da Silva-FIS  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Elisângela Garcia Santos Rodrigues-UFPB  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thalita Thyrsa de Almeida Santa Rosa-Unimontes  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luci Mendes de Melo Bonini-FATEC Mogi das Cruzes  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Francisca Elidivânia de Farias Camboim-UNIFIP  
Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Catiane Raquel Sousa Fernandes-UFPI  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Raquel Silvano Almeida-Unespar  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Marta Sofia Inácio Catarino-IPBeja  
Prof. Me. Ciro Carlos Antunes-Unimontes

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

*Equipe RFB Editora*

---



---

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ.....</b>	<b>11</b>
Matheus Moura Carneiro	
Wilson Cley da Silva Ferreira	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.1	
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>COMPARATIVO SOBRE MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS COM UTILIZAÇÃO DE DRONES NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ.....</b>	<b>23</b>
Welton de Oliveira Santos	
Sérgio Gouvêa de Melo	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.2	
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>ESTUDOS COMPARATIVOS SOBRE BLOCOS DE CONCRETO E TIJOLOS DE CERÂMICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA .....</b>	<b>39</b>
Adriano Santos da Conceição	
Állef Silva da Cunha	
Marlyson Jose Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.3	
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS NA UTILIZAÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS COMPARAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS E AS ESTRUTURAS MONTADAS IN LOCO.....</b>	<b>55</b>
Carolina Jati Bezerra	
Jaíza Maia da Silva	
Allan Dallen Almeida de Sousa	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.4	
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>COMPARATIVA ENTRE SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING E SISTEMA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO ALIADO A BLOCOS CERÂMICOS .....</b>	<b>75</b>
Marcos Antonio Barros Ataíde	
Marlyson José Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.5	
<b>CAPÍTULO 6</b>	
<b>ANÁLISE SISMOGRÁFICA DOS DESMONTE DE ROCHAS NO ESTÁDIO GOVERNADOR CARLOS WILSON CAMPOS, VISANDO SUA AFERIÇÃO.....</b>	<b>87</b>
Rafael Franco e Silva	
Márcio Luiz S. C. Barros	
Cecília Costa Holanda	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.6	

---



---



# APRESENTAÇÃO

Prezad@s,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste delicioso livro. Não apenas porque se trata do volume 6 da Coleção Pesquisas em Temas de Engenharias, publicado pela RFB Editora, mas pela importância que essa área possui para a promoção da qualidade de vida das pessoas.

Segundo a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fazem parte dessa área: Engenharia de Minas, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Química, Engenharia Nuclear, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento social brasileiro.

Desse modo, os artigos apresentados neste livro - em sua maioria frutos de árduos trabalhos acadêmicos (TCC, monografia, dissertação, tese) - decerto contribuem, cada um a seu modo, para o aprofundamento de discussões na área de Engenharia, pois são pesquisas germinadas, frutificadas e colhidas de temas atuais que vêm sendo debatidos nas principais universidades brasileiras e que refletem o interesse de pesquisadores no desenvolvimento social e científico que possa melhorar a qualidade de vida de homens e de mulheres.

Acredito, verdadeiramente, que a ampla divulgação do conhecimento científico de qualidade pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Esse livro é parte singela da materialização dessa utopia.

*Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza*

Editor-Chefe

---



# CAPÍTULO 1

## **REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS E SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ**

*REUSE OF SOLID WASTE FOR OPTIMIZATION OF COSTS  
AND SUSTAINABILITY IN THE CONSTRUCTION OF  
PUBLIC WORKS IN THE CITY OF SANTARÉM - PARÁ.*

Matheus Moura Carneiro<sup>1</sup>  
Wilson Cley da Silva Ferreira<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.1

<sup>1</sup> Universidade Luterana do Brasil, matheusmoura.eng@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7888-7703>  
<sup>2</sup> Universidade Luterana do Brasil, ferreirawilson05@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2385-0086>

## RESUMO

Quando se fala em sustentabilidade, grandes tabus acabam surgindo no meio da construção civil. Muitos profissionais da área ainda associam uma obra sustentável com um aumento considerável de custo, porém essa é uma afirmativa que as novas tecnologias vêm comprovando ainda mais a sua erroneidade. Este artigo tem como objetivo realizar uma análise usando como base a gestão de resíduos gerados na construção civil no município de Santarém, Pará, tendo como foco principal a reutilização de resíduos sólidos gerados na construção civil para otimizar custos e implementar meios sustentáveis em obras públicas. O estudo realizado teve enfoque em mostrar métodos de possível aplicação em obras públicas, e, que além disso, tenham sua implementação viável financeiramente para o município, visando a busca pela redução de custos e conjuntamente a redução de impactos ambientais.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Obras Públicas. Gestão de Resíduos.

## ABSTRACT

When it comes to sustainability, big taboos end up emerging in civil construction. Many professionals in the area still associate a sustainable work with a considerable increase in cost, but this is an assertion that new technologies are proving even more its error. This article aims to carry out an analysis using as a basis the management of waste generated in civil construction in the municipality of Santarém, Pará, having as its main focus the reuse of solid waste generated in civil construction to optimize costs and implement sustainable means in public works. The study carried out focused on showing methods of possible application in public works, and that, in addition, their implementation is financially viable for the municipality, aiming at the search for cost reduction and, jointly, the reduction of environmental impacts.

**Keywords:** Sustainability. Public Constructions. Waste Management.

## 1 INTRODUÇÃO

Mesmo anos após a publicação da constituição do ano de 1988 na qual consta o artigo 225, que dispõe de regras básicas da sustentabilidade, é possível verificar o descaso em alguns setores que acabam por deixar de lado a preocupação com o meio ambiente de forma geral.

A construção civil, por ser uma grande consumidora de recursos e consequentemente uma enorme produtora de rejeitos, se torna um grande problema se não for desenvolvida de forma sustentável, onde se valorize o máximo de cada recurso, haja vista que quanto mais reaproveitamento de materiais houver, menos recursos naturais serão extraídos do meio ambiente, fazendo com que a reciclagem se torne uma imensa maneira de firmar com empenho a sustentabilidade em canteiros de obras e afins.

Levando em consideração o tema Construções sustentáveis, uma ótima maneira de trazer para dentro do cotidiano seria o desenvolvimento e aplicação em obras públicas, evitando três de alguns dos maiores problemas das construções desse setor, o desperdício, o gasto excessivo e a degradação do meio ambiente.

Visando única e exclusivamente obras públicas a nível municipal em Santarém, Pará, este artigo apresentará formas de se aumentar a sustentabilidade e consequentemente a economia financeira, fazendo com que o rendimento, a rapidez e a quantidade de obras aumentem exponencialmente, objetivando uma melhor aplicação da verba pública e de modo consequente a melhoria de vida da população santarena.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Segundo a ABRECON, (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição), se todo o resíduo gerado pela indústria da construção civil do país em um único dia fosse reciclado, seria possível realizar a construção de 2134 Maracanãs. Essa mesma associação afirma ainda que 98% de todo resíduo gerado pela construção civil pode ser reciclado. Calcula-se também uma estimativa de que por dia 520 quilogramas de resíduos de construção são gerados por dia por cada habitante no Brasil, valor esse que chegaria a marca de mais de 110 toneladas diárias, porém, apesar de todo esse material ser passivo do processo de reciclagem, apenas 21% dessa imensa massa de entulho passa de fato por um processo de reaproveitamento.

Ao contrário do que se era esperado, a maior parte desses resíduos não são gerados por grandes construtoras ou incorporadoras, mas sim pelas pequenas empresas ou pela população que está fazendo uma reforma ou ampliação em casa sem a devida instrução dada por um engenheiro ou profissional capacitado na área.

Conceitos apresentados pelo Comitê de Incentivo à Formalização na Construção Civil, indicam que aproximadamente 50% de todas as obras executadas em

território brasileiro são irregulares, ou seja, são realizadas sem o acompanhamento de um responsável técnico, o que além de contribuir para que mais resíduos sejam gerados, ainda aumenta exponencialmente a suscetibilidade desse resíduo ser descartado de forma incorreta, agredindo na maior parte das vezes de forma abrupta todo o meio ambiente que está ao redor, fazendo com que se prejudique ainda mais a preservação e conservação do ecossistema existente no local.

Ao longo do tempo a humanidade tem tido uma visão de que o progresso se confunde com um crescente domínio e transformação da natureza. Nesse paradigma, os recursos naturais são tidos como ilimitados. Os resíduos gerados durante a produção são depositados em aterros ao final da vida útil do produto, caracterizando um modelo linear de produção, sendo que a preservação da natureza tem sido vista de forma geral como contraditório ao desenvolvimento (CARNEIRO et al., 2001).

Assim como todos os setores da sociedade devem se preocupar e adequar aos preceitos e requisitos baseados na sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável, a construção civil não é diferente. Percebe-se que as práticas sustentáveis na construção civil, onde as empresas estão buscando soluções sustentáveis e econômicas para as obras. (CÔRREA, 2009).

O setor da construção civil é o maior consumidor individual de recursos naturais, gera poluição, desperdiça energia para a produção e transporte de materiais e é responsável pelo grande acúmulo de entulho produzido nos canteiros de obra (JOHN, 2002).

A Lei Federal nº 8.666/93, art. 6º, inciso I, define obra como toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação, realizada por execução direta ou indireta (BRASIL, 1988).

Em seu inciso II, essa Lei define serviços de engenharia, como sendo: “demolição, conserto, instalação, montagem, operação, conservação, reparação, adaptação, manutenção, transporte, locação de bens, publicidade, seguro ou trabalhos técnico profissionais, segundo o mesmo autor o legislador procurou definir serviços”.

Segundo o guia de sustentabilidade na construção (2008) existem quatro princípios básicos para que uma obra se torne sustentável, sendo eles a aceitação cultural, a viabilidade econômica, a adequação ambiental e a justiça social.

Sendo assim, vemos que entre os fatores básicos principais de uma obra sustentável, está a viabilidade econômica deste tipo de projeto, isso faz com que muitos

engenheiros e/ou arquitetos preferam, erroneamente, evitar obras com reutilização de resíduos, por exemplo, em obras públicas, onde geralmente se tem orçamentos com tetos altos, não se fazendo obrigatoriamente necessário o uso de mecanismos para que se reduzam tanto o valor da obra quanto o impacto ambiental que esta ação irá gerar ao meio ambiente de forma geral.

Teodoro (2011) também apontou alguns pilares da engenharia sustentável: Reciclagem de resíduos, uso de materiais sustentáveis, conservação de água e Energia, melhora a durabilidade, planeja a manutenção, garante a segurança e higiene, redução de custos, redução de resíduos e reciclagem para que não haja desperdício. Esses pilares são importantes e garantem que haja uma base de ação sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.

## 2.1 Reutilização de Recursos

Um dos principais recursos a serem reciclados, talvez pelo basto custo desse serviço, é o agregado proveniente de RCD (Resíduos de Construção e demolição).

A Resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 05 de julho de 2002 regulamenta e define o conceito de agregado reciclado como sendo: “é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia. (CONAMA, 2002, p.571)

E também especifica que, o poder público municipal passa a ser responsável por estabelecer ações para o gerenciamento correto dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD's) ou “entulhos” de obra e as empresas de construção civil para destinação final correta do resíduo gerado, visando diminuir os impactos ambientais, sociais e financeiros causados pela disposição irregular desses resíduos. (CONAMA, 2002)

### 2.1.1 Classificação de Resíduos

A norma ABNT NBR 15114 (2004), em conformidade com a resolução CONAMA nº307/2002 no seu terceiro artigo, classifica os resíduos de construção e demolição em quatro classes:

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

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

2. **Classe B** – resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, metais, madeiras e gesso.
3. **Classe C** – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
4. **Classe D** – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

### 2.1.2 Definições sobre Resíduos Sólidos

A norma ABNT NBR 15114 (2004), também estabelece algumas definições sobre resíduos da construção civil, são estes:

- **Resíduos da construção civil:** Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e 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., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.
- **Agregados reciclados:** Materiais granulares provenientes do beneficiamento de resíduos de construção que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, de aterros sanitários ou outras obras de engenharia.
- **Área de reciclagem de resíduos da construção civil:** Área destinada ao recebimento e transformação de resíduos da construção civil classe A, já triados, para produção de agregados reciclados.

- **Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT):** Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
- **Aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes:** Área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307, e resíduos inertes no solo, visando a preservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
- **Reutilização:** Processo de aproveitamento de um resíduo, sem sua transformação.
- **Reciclagem:** Processo de aproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido a transformação.
- **Preservação de resíduos:** Processo de disposição segregada de resíduos triados para reutilização ou reciclagem futura.
- **Geradores:** Pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que geram os resíduos definidos nesta Norma
- **Transportadores:** Pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis pela coleta e pelo transporte dos resíduos da construção civil e volumosos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.
- **Controle de transporte de resíduos (CTR):** Documento emitido pelo transportador de resíduos, que fornece informações sobre gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, conforme diretrizes contidas no anexo A.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Classificação do Estudo

Este “estudo de caso” consiste em apresentar possíveis práticas que podem ser utilizadas por gestores e engenheiros que executem obras do setor público, visando

gerar economia financeira para o município e, conjuntamente, agregar o fator sustentabilidade para esse tipo de projeto.

### **3.2 Locais de Aplicação**

O presente estudo está sendo desenvolvido para que possa ser aplicado em qualquer obra pública, seja esta reforma, construção, ampliação de qualquer tipo de projeto, seja ele infraestrutural, ou não, na cidade de Santarém, Pará.

### **3.3 Etapas de Elaboração da Pesquisa**

Para tornar o trabalho mais completo possível, o estudo de aplicação de métodos sustentáveis será feito em etapas que consistem em:

- a, Analisar métodos construtivos sustentáveis.
- b, Verificar a possibilidade de aplicação desses métodos em obras públicas.
- c, Validar a capacidade de execução dos métodos encontrados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Reutilização de Resíduos da Construção Civil**

Ao começar a analisar os métodos construtivos e verificar sua possibilidade de aplicação individual, foi possível aferir que Santarém não conta com um Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC). Resíduos como os da construção civil, são em grande parte passíveis de reutilização como já explanado anteriormente, o não cumprimento desta tarefa acarreta em diversos problemas sustentáveis e econômicos para o município de Santarém, pois todo e qualquer Resíduo de Construção civil (RCC) hoje é encaminhado para o “Lixão do Perema”, como é chamado popularmente o Aterro Sanitário Municipal, para uma vala aberta para que esse material cubra os resíduos gerais lá descartados.

A simples reutilização desse tipo de “Entulho” geraria um enorme impacto positivo para o município, ela pode ser efetuada de diversas maneiras. A NBR 15116 por exemplo, estabelece normas para o uso de RCC's para utilização tanto em pavimentação como em preparo de concreto sem função estrutural, métodos esses que são amplamente e diariamente utilizados em qualquer que seja a obra sendo executada. Já a NBR 15115 apesar de também normatizar o uso de agregado reciclado, é específica para o uso na pavimentação.

Para que essa aplicação se tornasse viável em Santarém, seria de extrema necessidade que a cidade instalasse um Setor de trituração de resíduos para que estes possam ser reaproveitados da forma mais eficiente possível, assim como é efetuado nas cidades de Belo Horizonte e Jundiaí, cidades modelos em gestão e reaproveitamento de resíduos sólidos.

## 4.2 Métodos de fácil instalação

Com o desenvolvimento desta pesquisa, foi possível chegar a alguns métodos que podem ser facilmente aplicados nas obras sem que o material precise especificamente passar por setor de trituração de resíduos, precisando apenas de mais conscientização por parte do poder público, e também da aceitabilidade e aplicação por parte dos responsáveis técnicos e/ou gestores que estiveram à frente dessas futuras obras municipais.

- No próprio canteiro de obras, proporcionar uma área específica para que haja uma separação eficiente de resíduos, separando com base nas classes dispostas na resolução CONAMA nº307/2002, para que posteriormente seja feita uma avaliação para o que pode ser efetivamente reaproveitado e o que de fato teria que passar por um processo mais delicado para sua reciclagem.
- Evitar o desperdício de qualquer material passível de perda, como cortes desnecessários em peças de cerâmica, azulejos, telhas.
- Evitar o excesso de insumos na obra. Materiais provenientes de demolições, alvenaria avariada, resto de cerâmica podem facilmente ser reutilizados como aterro, base para pavimentação ou confecção de concreto não estrutural como estabelece a ABNT NBR 15116.
- Elementos como madeira proveniente de desmanche de forros ou escoras podem facilmente ser reaproveitados pela indústria moveleira, evitando assim o corte de árvores novas para esse procedimento.

## 4.3 Porque Reutilizar

A reutilização de resíduos sólidos agrega de muitas formas, principalmente se for efetuada em obras públicas. Geração de novos empregos, aumento considerável na economia e principalmente o aumento na sustentabilidade municipal são alguns dos vários benefícios que essa simples prática traria quase que imediatamente assim que fosse implantada.

A Redução da extração de recursos naturais cairia de forma drástica, fazendo com que a melhoria de vida ocorra de forma abundante. A diminuição da retirada de insumos da beira de rios ou de encostas como é feita em certas partes da região diminuiria em quantidade considerável, fazendo com que ocorra a indispensável diminuição dos impactos ambientais que práticas como essa geram.

Estudos recentes realizados pelo Grupo de Estudos em Materiais de Construção da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, afirmam que a utilização da reciclagem de entulho geraria uma economia de 65% se fosse realizada na área de pavimentação e de 30% se fosse utilizada na confecção de argamassa.

Uma iniciativa como essa sem dúvida causaria um grande impacto positivo no município de Santarém, impacto esse tanto na economia de recursos financeiros e ambientais, quanto na sustentabilidade regional.

Obras públicas deveriam ser exemplo para toda a população de como ser um modelo ideal para construções sustentáveis e econômicas, um espelho de como se deve agir para que não ocorra desperdício de material que pode ser reaproveitado, gerando empregos, conscientização e acima de tudo visando a preservação do meio ambiente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as informações destacadas no estudo, conclui-se que a cidade de Santarém possui um imenso potencial construtivo aliando o uso de Resíduos da Construção civil e o empenho dos gestores públicos para tornarem isso real. É preciso que haja o desenvolvimento conjunto de empresas construtoras e incorporadoras com o poder público municipal, pois só assim será possível ter uma cidade mais sustentável e melhor economicamente aumentando o conforto que os habitantes deste município tanto almejam.

É preciso também que novas medidas sejam impostas pelo tanto pelo poder público quanto pelo conselho de engenharia e agronomia (CREA) para que se torne obrigatório na prática a reutilização destes recursos, que, se feitos da maneira correta, serão grandes geradores de novos recursos e empregos que todos os munícipes poderão desfrutar de forma proveitosa.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15113. **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 30 de junho, 2004. Acesso em: 25 de outubro de 2021

ABNT NBR 15114. **Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 30 de junho, 2004. Acesso em: 10 de outubro de 2021

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001, p. 188-227.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Diário Oficial da União, 17/07/2002.

**GUIA DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO**. Belo Horizonte, 16 de setembro de 2008. ACESSO em 15 de outubro de 2021.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.





## CAPÍTULO 2

---

### **COMPARATIVO SOBRE MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS COM UTILIZAÇÃO DE DRONES NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ**

*COMPARATIVE ON TOPOGRAPHIC SURVEY METHODS  
USING DRONES IN THE CITY OF SANTARÉM - PARÁ*

Welton de Oliveira Santos<sup>1</sup>  
Sérgio Gouvêa de Melo<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.2

---

<sup>1</sup> Universidade Luterana do Brasil, Welton@jborges.net, <https://orcid.org/0000-0003-2862-5961>  
<sup>2</sup> Universidade Luterana do Brasil, sergio.melo@ulbra.br, <https://orcid.org/0000-0002-6946-6672>

## RESUMO

A necessidade de uso e ocupação do solo, implicou aos seres humanos mecanismo de divisões e controle sobre a terra, definindo-se conquista e ocupação. Com base nisso, a necessidade de limitar as áreas de moradia deu origem à ciência que descreve determinada localidade, chamada de topografia. Esta ciência busca o estudo do espaço através de informações planialtimétricas. Nos últimos anos, desenvolveu-se o estudo topográfico com a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) acrescidos de tecnologias e funções que possibilitam o levantamento, como câmeras, sensores, programas e softwares computacionais. Este trabalho objetiva realizar o levantamento topográfico em uma ocupação desordenada no município de Santarém com a utilização de drones, além disso, comparar os principais parâmetros (tempo, logístico e financeiro) para realização desse tipo de levantamento com o método tradicional (uso de Estação Total) e com a utilização de drones. A metodologia aplicada ao trabalho consiste em pesquisa bibliográfica sobre os conceitos referentes à topografia, o levantamento de dados em campo com a utilização de equipamento e a pesquisa através de entrevista estruturada para obtenção de informações sobre o procedimento de obtenção de dados topográficos através de Estação Total e drones.

**Palavras-chave:** Ocupação Desordenada. Levantamento Topográfico. Drones.

## ABSTRACT

The need for use and occupation of the soil, implied to human beings a mechanism of division and control over the land, defining conquest and occupation. Based on this, the need to limit the areas of residence gave rise to the science that describes a particular location, called topography. This science seeks to study space through planialtimetric information. In recent years, topographic studies have been carried out using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) plus technologies and functions that enable the survey, such as cameras, sensors, computer programs and software. This work aims to carry out a topographic survey in a disorderly occupation in the municipality of Santarém using drones, in addition to comparing the main parameters (time, logistical and financial) for carrying out this type of survey with the traditional method (use of Total Station ) and with the use of drones. The methodology applied to the work consists of bibliographical research on the concepts related to topography, field data collection with the use of equipment and research through structured interviews to obtain information on the procedure for obtaining topographic data through Total Station and drones.

**Keywords:** Disorderly occupation. Topographic Survey. Drones.

## 1 INTRODUÇÃO

Com base no desenvolvimento da civilização, o ser humano percebeu a necessidade de conquistar e ocupar terras para sobrevivência. Esse contexto permitiu que a civilização desenvolvesse diversos mecanismos para garantir que a relação de posse, uso e ocupação da terra seja, em âmbitos regulatórios, seguros e confiáveis. Contudo, o ordenamento territorial ainda é falho em grande parte do Brasil, isso se dá, principalmente, pela cultura de não aplicação de políticas públicas de controle e regularização fundiária no país.

Com o crescimento econômico, Silva et al (2013) afirmam que, naturalmente, um município precisa adaptar o ordenamento permanente dos espaços urbanos, visando atender à demanda da expansão demográfica. No município de Santarém-Pa, a última década fez comprovar essa afirmação com fortalecimento da ocupação desordenada nas áreas adjacentes à rodovia BR - 163 (Rodovia Santarém - Cuiabá). Essa realidade requer muita atenção do governo municipal que deve garantir todos os direitos à população moradora da ocupação e providenciar meios para regularizar a grande área da ocupação conhecida como "Ipanema". Esse processo exige avanço em medidas de segurança pública, desenvolvimento na infraestrutura local e inserção da ocupação, no Plano Municipal de Saneamento básico (PMSB), O plano diretor (Art. 182 § 1º da Constituição da República Federativa do Brasil - CRFB), bem como, inclusão em setores logísticos de regulamentação, ocupação e uso do solo.

Nesse contexto, sabe-se o grande caminho para chegar até o ideal aos cidadãos e órgãos responsáveis pela regularização de moradia, infraestrutura, saúde e educação. Entretanto, quanto à necessidade de regulamentação e uso e ocupação do solo, o mapeamento e conhecimento topográfico da região são documentos necessários para o planejamento municipal e inclusão da ocupação como bairro do município. Destarte, esse trabalho visa o reconhecimento topográfico da área da ocupação com a utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado, também conhecido como "drone", agregando a isso serão expostas as principais diferenças entre o método topográfico convencional (utilizando-se estação total) e o método de obtenção de medidas através da utilização de drone e como essas novas tecnologias são aplicadas na Amazônia.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Topografia

Uma das muitas áreas que a engenharia engloba é a topografia (do grego “*Topos*” – significa lugar e “*Graphen*” – significa descrição. Em suma, é a ciência cujo estudo envolve a representação detalhada de uma porção da superfície terrestre. Desde os primórdios da civilização, ainda em seu estágio primitivo, o homem tratou de demarcar sua posição e seu domínio. Segundo Instituto de Geociências, os instrumentos e processos, mesmo que rudimentares, que desenvolvem esse estudo, advêm dos povos babilônicos, egípcios, gregos, chineses, os árabes e os povos romanos, esses mecanismos serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades tanto urbanas como rurais, com finalidades cadastrais.

Atualmente, a topografia apresenta tecnologias e seus instrumentos como Estação Total, GNSS e RTK, teodolito, nível, etc para o auxílio e desenvolvimento para as geociências. Os levantamentos planialtimétricos são necessários para a realização de qualquer projeto de construção civil; é preciso dispor da visualização de acidentes geográficos e de outras características do relevo, evidenciando superfícies íngremes e planas.

#### 2.1.1 Levantamento topográfico

Segundo define as diretrizes da ANBR NBR 13133 (1994) – execução de um levantamento topográfico, o apoio geodésico altimétrico consiste em um conjunto de referências de nível distribuídas no terreno, e permitem o controle altimétrico dos levantamentos topográficos e o seu referenciamento ao *datum* (origem) altimétrico do país, enquanto o apoio geodésico planimétrico pode ser definido como um conjunto de pontos materializados no terreno, pelo qual se determinar o controle de posição em relação à superfície terrestre definido pelas fronteiras do país, referenciando-os ao *datum* planimétrico do país. O fator que engloba esses dois métodos de levantamento, além de o apoio geodésico planialtimétrico é conhecido como apoio topográfico.

O levantamento topográfico engloba os conceitos definidos anteriormente, somados a processos de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida. O levantamento é originado pela distribuição de pontos de apoio no terreno, o que determina as coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeter-

minada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ ou pontos cotados.

O levantamento topográfico, em qualquer de suas finalidades, deve ter, no mínimo, as seguintes fases: planejamento, seleção de métodos e aparelhagem; apoio topográfico; levantamento de detalhes; cálculos e ajustes; original topográfico; desenho topográfico final; relatório técnico.

### 2.1.2 Estação Total

Método de levantamento topográfico mais comumente utilizado no Brasil, nos dias de hoje. A NBR 13133 define como medidores eletrônicos de ângulos e distâncias. Pode ser classificado em baixa, média e alta precisão (Tabela 01):

**Tabela 1** - Classificação de Estação Total

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Para a execução das operações topográficas com o uso de estação total, a NBR 13133 indica os seguintes instrumentos auxiliares: balizas; prumos esféricos; trenas; miras e prismas.

## 2.2 Drones

### 2.2.1 Histórico

Os veículos aéreos não tripulados têm sua origem registrada entre 428 a.C.-347 a.C quando a criação do filósofo e matemático grego Arquitas de Tarento datada como o primeiro dispositivo de voo autopropropulsor, chamado de a pomba de Arquitas que voa a vapor. Em 1861 a 1865 durante a guerra civil norteamericana e em 1864 a 1870 na guerra do Paraguai os militares utilizaram balões para fotografar e acompanhar o avanço de tropas inimigas. Esses fatos históricos, estabeleceram uma nova era de extensão da visão humana (PRUDKIN, 2019).

Todavia, o emprego mais conhecido desses veículos aéreos sem tripulação ocorreu no início do século XX, com o advento da primeira guerra mundial, em que se desenvolveu a indústria bélica em favor de armamento aéreo, um dos primeiros protótipos recebeu o nome de "Kattering Bug". Nas décadas de 30 e 40 foi construída a "Abelha rainha", o primeiro avião com capacidade real de voar sem piloto,

BREUNIG e PRUDKIN (2019) afirmam que o termo “drone” fora utilizado pela primeira vez devido à associação entre a “abelha rainha” e as aeronaves construídas por estadunidense tripuladas por controle remoto. Atualmente, o Havilland DH-82B é considerado o primeiro avião sem tripulação produzido em grande escala, com 400 fabricações do mesmo.

### 2.2.2 Levantamento Planialtimétrico utilizando Drones

Aeronaves Remotamente Pilotadas, conhecidas também como Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), UAV em inglês (*Unmanned aerial vehicle*) ou, popularmente, “Drones” no Brasil, têm permitido a obtenção de dados para estudos e pesquisas em diferentes áreas (HARDIN e JENSEN, 2011).

Silva et al destacam como a obtenção de dados para conversão de produtos ortomosaicos para raster se torna simples por meio de drones, bem como apresentam precisão coerentes dos parâmetros geométricos.

Os softwares de processamento fotogramétrico desenvolvidos para imagens de VANT tem um alto grau de automatização, maior que na fotogrametria convencional, com a utilização de softwares vindos de visão computacional capazes de processar uma grande quantidade de imagens embora tenham limitação quanto ao tamanho da imagem. (SILVA et al, 2014)

O crescimento da tecnologia entrega esses dispositivos novas funções além de auxílio para produções foto jornalísticas e audiovisuais, segundo BREUNIG e PRUDKIN (2019), os sensores e imagens multiespectrais e térmicas são duas tecnologias emergentes nesses veículos (Quadro 01).

**Quadro 1** - Definição de Sensores e Imagens multiespectrais e térmicas

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Algumas câmeras especiais também permitem que os drones obtenham, processem e meçam grandes quantidades de dados, com o uso de técnicas como: Fotogrametria, Ortomosaico digital.

### 2.2.3 Fotogrametria

Leite (2019) afirma que a fotogrametria pode ser conceituada como a arte, a ciência e a tecnologia cuja qual é possível coleta de medidas de objetos através de fotografias. Essa tecnologia é utilizada em tarefas de mapeamento, onde, através

de fotografias aéreas, consegue-se um conjunto de processamentos fotogramétricos que geram produtos com o intuito de realizar medições em modelos digitais tridimensionais.

A fotogrametria por VANT refere-se ao uso de uma plataforma aérea de levantamento fotogramétrica que pode ser operada remotamente, de forma semiautônoma ou totalmente autônoma. Essa plataforma é equipada com um sistema de câmera fotográfica digital comum ou infravermelho, um sistema GNSS para fornecer a posição do centro de cada fotografia, um IMU (Inertial Measurement Unit) composto de giroscópios, acelerômetros, altímetros e bússola, que permite a determinação da orientação exterior aproximada para cada imagem tomada durante o voo, link de rádio e uma pequena CPU que controla tudo. O controle humano é feito por um sistema remoto com o link de rádio. De modo geral, para obtenção de informações de mapeamento, dispõe-se no equipamento da câmera fotográfica elementos sensoriais que, não obstante a estar localizado a uma longa distância do objeto fotografado, consegue medir esses objetos.

Para que seja possível extrair coordenadas e realizar medidas em modelos 3D gerados através da fotogrametria, Leite (2019) diz que “é imprescindível a execução de duas etapas de orientação das fotografias, sendo a primeira denominada orientação interior (OI) e a segunda, orientação exterior (OE).”

a) Orientação interior (OI)

Kokubum e Tommaselli (2002) explicam que esta orientação é responsável pela recuperação da geometria interna da câmara, primeiramente, necessita-se conhecer a distância focal e as coordenadas do ponto principal. “Além disto, a correta reprodução do feixe depende da eliminação dos erros sistemáticos devido às distorções óticas e à refração” dizem Kokubum e Tommaselli (2002).

b) A orientação exterior (OE)

Segundo Leite (2019) esta “orientação possibilita a determinação da posição e da rotação da câmara com relação ao referencial do objeto”. Nesta orientação, deve-se determinar os pontos de apoio no espaço-objeto, pelos quais as coordenadas são coletadas através da técnica de levantamento geodésico, esse fator permite que todo levantamento seja orientado por um referencial comum e regional ou global.

Reis (2002 apud LEITE 2019) cita os seguintes exemplos da geração de modelos 3D utilizando fotogrametria:

- Restituição de fachadas de edificações com a finalidade de controle de deformações;
- Restituição de monumentos históricos e sítios arqueológicos com finalidades de documentação, preservação e restauração;
- Modelagem digital de peças industriais para controle de qualidade;
- Mapeamento digital de rodovias e arruamentos através de sistemas transportados por veículos automotores;
- Restituição de superfícies anatômicas, principalmente na área biomédica;
- Reconstrução de objetos e elementos anatômicos com aplicações cinematográficas;
- Restituição de paisagens para estudos ambientais.

#### *2.2.4 Ortomosaico digital*

O mosaico das ortofotos se conceitua na técnica em que se obtém uma série de imagens digitais de escala aproximada da superfície de uma determinada área, após processada e montada por um software apresenta que esta série de imagem é uma única fotografia.

A partir das ortomosaicos pode ser realizada a contagem de indivíduos, detecção de falhas e mortalidade de mudas em plantios florestais utilizando imagens RGB coletadas por drone, elaborar mapas detalhados de vias, fazer o parcelamento do talhão, planejar técnicas de contenção de erosão.

### **3 OBJETO DE ESTUDO**

Na região amazônica, no estado do Pará, o município de Santarém tem passado por uma transformação demográfica, Oliveira (2008) frisa que esse processo de crescimento urbano e populacional se dá, principalmente, pela localização da cidade, pois a confluência dos rios Tapajós com o Amazonas e a localização entre as capitais Belém e Manaus, é responsável pelo desenvolvimento de funções que se solidificaram historicamente, como a de entreposto comercial. Oliveira (2008) também destaca outros fatores que contribuem para esse crescimento urbano: construção de rodovias, porto hidroviários, os garimpos do Tapajós, e mais recentemente, a soja, atraindo grandes fluxos migratórios.

Desde 2013 o bairro Ipanema é submetido a diversos processos de reintegração de posse devido às ocupações desordenadas, nesse interim, existem casos em que famílias vivem nessas áreas, mas dependem de uma melhor infraestrutura. A figura a seguir apresenta a demarcação da área em que o estudo se desenvolverá.

**Figura 1** - Área do levantamento



Assim, com o intuito de ajudar em futuros trabalhos de desenvolvimento urbano, realizou-se o levantamento topográfico com a utilização de VANTs surgiu como uma solução para diversos problemas de logística devido à facilidade de operação desses equipamentos.

#### **4 METODOLOGIA**

Para atingir os objetivos desse trabalho um levantamento foi realizado na área demarcada na figura 01. O levantamento consiste no deslocamento do piloto junto com o dispositivo de voo até a área de estudo ou território adjacente a área alvo do levantamento, em seguida, realiza-se a predefinição do plano de voo, onde será estipulado a delimitação da área, trajeto e altura de voo no aplicativo “*Dji drone Harmony mobile*”, o veículo aéreo percorre a trajetória enquanto o aplicativo sinaliza a produção fotográfica em tempo real.

Progredindo no trabalho, através do uso do software *Agisoft metashape* as fotos serão tratadas com o objetivo de garantir mais detalhes e escala de profundidade. Essas informações são traduzidas para o AutoCAD onde serão realizados a rasterização dos resultados para delimitação dos lotes.

Para a pesquisa de contraposição entre o método convencional de levantamento topográfico com o uso de Estação Total (especificamente o modelo CTS-662R10)

e o drone, elaborou-se um quadro em que se estabeleceu o comparativo entre os métodos com base em parâmetros principais – tempo, logística e financeiro.

Os comparativos serão feitos conforme as repostas à entrevista. Para as informações sobre logística e tempo de execução foram perguntados a topógrafos especialistas em manuseio e operação da estação total e os dispositivos de auxílio condicionando-os a um caso idêntico ao contexto da ocupação no Ipanema, enquanto às perguntas em que relacionam o uso do drone para essas perspectiva de atividades topográficas, os resultados sobre logística e tempo para o levantamento dos dados foram coletados durante à execução do voo. Em se tratando os valores dos materiais, fez-se a média para os mesmos aparelhos, com as mesmas especificações, nos 03 sites mais populares de venda do produto (tanto a estação total e seus dispositivos auxiliares, quanto o drone do modelo da pesquisa)

#### **4.1 Materiais utilizados**

Em suma, para realização do trabalho o topógrafo deve possuir um drone com os dispositivos suficientes para a leitura das informações. Além dos equipamentos são necessários vários softwares para o planejamento da missão, para controle durante o voo e para o processamento fotogramétrico.

##### **a) Drone Mavic Air 02**

Aeronave possui 570 g de massa, dimensões de 180mm de comprimento, 97mm de espessura e 84mm de altura enquanto dobrada e desdobrada: 183x253x77mm. A potência de transmissor de 2,400 a 2,483 GHz. O alcance de precisão em voo estacionário é representado no quadro a seguir (Quadro 02) conforme o tipo de posicionamento.

**Quadro 02** - Alcance de precisão em voo estacionário

Alcance de precisão em voo estacionário do drone		
	Vertical	Horizontal
Com posicionamento Visual	± 0,1	± 0,1
Com posicionamento por GPS	± 0,5	± 1,5

Quanto as especificações da câmera, tem-se o sensor CMOS 1/2", com pixels efetivos de 12 a 48 MP, a lente tem o campo de visão (FOV) de 84° e distância focal equivalente a 24mm.

b) Dji drone Harmony mobile

Aplicativo para dispositivo móvel que possibilita de forma segura, fácil e eficiente voos, com o objetivo de visualizar áreas para levantamento topográfico. Esse programa é utilizado em inspeções de grandes indústrias, torres de telefonia e de energia, entretanto, para esse trabalho, a utilização será para mapeamento de terreno.

O programa determina o estado de ligação do drone, aspecto esse que identifica as condições atuais para voo, como nível de bateria, os estados das conexões, câmeras, controle remoto, se a bússola está calibrada. Antes de iniciar o voo, também deve-se definir a altura de voo e o plano de voo, onde será definida a trajetória que o veículo percorrerá, com base em um ponto de partida. Outrossim, esse aplicativo também determina qual será o parâmetro de sobreposição das imagens (transpasse), fator esse que influencia muito no produto final.

c) Agisoft Metashape

Software com método de geração de malha que permite ao usuário reconstruir a geometria, excepcionalmente detalhada, devido à utilização de todas as informações disponíveis, as quais funcionam diretamente com os dados de mapas de profundidade.

#### d) AutoCAD

Software do tipo CAD – *Computer Aided Design* ou desenho auxiliado por computador. É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões e para criação de modelos tridimensionais, através desse programa é possível delimitar a localização com georreferenciamento, possibilitando a leitura das imagens em ortomosaico.

## 5 RESULTADOS

A área de plano e trajeto de voo representa 60.000m<sup>2</sup> do bairro. A área escolhida apresenta características consideradas de difícil processamento automático, com áreas uniformes de grama, telhados planos. Durante a coleta dos dados, a velocidade de ventos era de aproximadamente 11 Km/h em direção ENE (entre Nordeste e Leste). Na imagem, o drone se apresenta a 150m do solo, entretanto, para realizar todo levantamento, o voo médio foi com a altura de 120 metros do solo. Para a formação da ortofoto foi necessário o total de 18 fotos, o voo completo fora realizado com apenas uma bateria.

**Figura 2** - Representação da área objeto de estudo no programa Dji drone Harmony mobile



Por seguinte ao voo, com as fotos salvas, conseguiu-se gerar as curvas de nível, e, a partir de rasterização, produzir a divisão dos lotes.

A partir das 18 fotos retiradas durante o plano de voo, as fotos passam por um processo de tratamento em que estas são reunidas em um conjunto por meio de sobreposição pelo método de semelhança de pixels que produzem o ortomosaico (Figura 03), esse processo foi realizado por meio do software *Agisoft metashape*. Por seguinte, os dados foram exportados em formato DWG para dar prosseguimento ao levantamento no AutoCAD, por fim, o resultado final da imagem possibilitará a aplicação de contorno conforme as informações altimétricas dadas em gráfico (Figura 04)

**Figura 3** - Ortomosaico gerado pela reunião das imagens



**Figura 4** - Rasterização dos dados obtidos



A comparação entre os dois métodos de levantamento foi realizada e está disposta no quadro a seguir. Os valores foram coletados por meio de entrevista, os parâmetros sobre a utilização da Estação Total foram obtidos através de repostas dadas topógrafos especialistas na área. Enquanto as respostas sobre dados do levantamento por VANT foram obtidas pela atuação desse trabalho em questão.

**Quadro 3** - Comparação entre dois métodos de levantamento topográfico

Equipamento		Estação Total	Drone	
Especificação		CTS-662R10	DJI Mavic Air 2	
Logística para Operação	Tempo (h)	16	0,23	
	Operadores (Unidade)	3	1	
Custo para Operação	Custo para Adquirição do Material (R\$)	26.600,00	11.090,00	
	Custo com instrumentos auxiliares (R\$)	2.912,00	--	
	Custo durante a operação (R\$)	Transporte	VAR*	VAR*
		Diárias dos Operadores	405,27	134,81
Manutenção		VAR**	VAR**	
* Valores variam conforme a distância de mobilidade				
** Valores variam conforme o tempo de utilização dos materiais				

## 6 CONCLUSÃO

Agregando a real necessidade de descrição de terrenos em casos de ocupação desordenada na cidade de Santarém, o voo responsável pela coleta dos resultados topográficos, também apresentou as novas perspectivas para atualidade e o futuro da execução de levantamento planialtimétrico. Com detalhamento de plano de voo, a empresa distribuidora do aplicativo “*Dji drone Harmony mobile*” permite ao piloto traçar de forma eficaz e sem grandes burocracias, além dos limites legislativos que regem a área de pesquisa, o plano de voo. Os processamentos das imagens obtidas com um VANT, com sobreposições adequadas por meio da utilização do software “*Agisoft metashape*”, produzindo assim, ortofotos de uma área com carência da infraestrutura adequada se mostraram efetivos para os fins de realização de levantamento topográfico.

Esse trabalho também permitiu fazer a relação de comparação entre a tecnologia tradicional e emergente, podendo observar, de maneira geral, que existem maiores vantagens no uso de drones do que a Estação Total, quando se considera parâmetros como tempo, logísticos e financeiro.

O estudo de outros programas para levantamentos planialtimétricos, com a utilização de VANTs, comparativo de precisão com resultados numéricos entre métodos mais modernos e outros métodos tradicionais de topografia e a apresentação

de resultados específicos de altimetria ou de planimetria com a utilização de drones são algumas das sugestões para futuros trabalhos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13133 - **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro. 1994.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Art.182 - **Plano Diretor Municipal**. 1988.

KOKUBUM, C. N. de C., TOMMASELLI, A. M. G. **Orientação de Imagens Aéreas usando Linhas Retas**. Simpósio Brasileiro de Geomática. Presidente Prudente. 9-13 de julho de 2002.

LEITE, T. C. **Integração de levantamento fotogramétrico aéreo com o uso de Vant e levantamento fotogramétrico terrestre para o mapeamento tridimensional das ruínas de São Miguel das Missões**. Drones e Ciência. Capítulo 03. v. 1. Santa Maria. 2019.

PRUDKIN, G. **Drones: su Origen y Aplicación en el Periodismo Contemporáneo para Generación de Contenidos en 3D**. Drones e Ciência. Capítulo 01. v. 1. Santa Maria. 2019.

Reiss, M. L. L. **Restituição Fotogramétrica Flexível de Imagens à Curta Distância: Estudo de Métodos e Desenvolvimento de Protótipo**. (Mestrado em Ciências Cartográficas) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2002.

SILVA, D. C. da., TOONSTRA, G. W. A., SOUZA, H. L. S. PEREIRA, T. Á. J. **Qualidade de Ortomosaicos de Imagens de Vant Processados com os Softwares APS, Pix4d e Photoscan**. V *Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife*. 12- 14 de Nov de 2014



## CAPÍTULO 3

---

# ESTUDOS COMPARATIVOS SOBRE BLOCOS DE CONCRETO E TIJOLOS DE CERÂMICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

*COMPARATIVE STUDIES ON CONCRETE BLOCKS AND CERAMIC BRICKS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Adriano Santos da Conceição<sup>1</sup>  
Állef Silva da Cunha<sup>2</sup>  
Marlyson Jose Silveira Borges<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.3

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, [adriano02793@gmail.com](mailto:adriano02793@gmail.com), Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5871-2495>  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, [allef.cunha2014@gmail.com](mailto:allef.cunha2014@gmail.com), Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6818-1341>  
<sup>3</sup> Centro Universitário da Amazônia - UNAMA, [silveira-borges@hotmail.com](mailto:silveira-borges@hotmail.com), Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4758477677750312>

## RESUMO

Este artigo é resultante de uma revisão sistemática de literatura, descritiva, transversal e quanti-qualitativa, que teve como delimitação de tema a comparação entre blocos de concreto e tijolos cerâmicos da alvenaria estrutural e de vedação. O problema que motivou a pesquisa foi o fato de que tais unidades construtivas influenciam, ao seu rigor, o custo, qualidade e outras características de obras com alvenaria, logo, é importante verificar o conteúdo comparativo produzido a respeito, pois tal conhecimento auxilia na determinação do material a ser empregado em uma obra. O objetivo geral foi descrever a produção científica nacional oriunda de estudos comparativos sobre blocos de concreto e de cerâmica. A metodologia contou com a busca, no Google Acadêmico, por artigos que trouxessem comparações entre blocos de concretos e cerâmicos, e fossem publicados em periódicos entre 2016-2021. A pesquisa recuperou apenas 4 artigos. Com o resultado da análise de tais obras, concluiu-se que estudos comparativos abordam objetivos diversos, como custos de compra de blocos e de construção, em que blocos de concreto demonstraram mais viabilidade econômica, produções de CO<sub>2</sub>, com emissões de indústrias e transportes, no Sul e Sudeste sendo maiores para os blocos cerâmicos e no Norte, Nordeste e Centro-Oeste, para os blocos de concreto, e vantagens e desvantagens de cada tipo de bloco, com tal definição se tornando impossível, devido a inúmeros fatores envolvidos em obras em cada região do país. A maioria das obras descreve pesquisas práticas, com levantamentos de dados documentais.

**Palavras-chave:** Estudo comparativo. Alvenaria. Bloco de Concreto. Tijolo Cerâmico.

## ABSTRACT

This article is the result of a systematic literature review, descriptive, transversal and quanti-qualitative, whose theme was the comparison between concrete blocks and ceramic bricks for structural and sealing masonry. The problem that motivated the research was the fact that such constructive units influence, in their rigor, the cost, quality and other characteristics of masonry works, therefore, it is important to verify the comparative content produced in this regard, as such knowledge helps in determining of the material to be used in a work. The general objective was to describe the national scientific production arising from comparative studies on concrete and ceramic blocks. The methodology relied on the search, on Academic Google, for articles that brought comparisons between concrete and ceramic blocks, and were published in journals between 2016-2021. The search retrieved only 4 articles. As a result of the analysis of such works, it was concluded that comparative

studies address different objectives, such as costs for the purchase of blocks and construction, in which concrete blocks demonstrated more economic viability, CO<sub>2</sub> production, with emissions from industries and transports, in the South and Southeast being greater for ceramic blocks and in the North, Northeast and Midwest, for concrete blocks, and advantages and disadvantages of each type of block, with such definition becoming impossible, due to numerous factors involved in works in each region of the country. Most of the works describe practical research, with documentary data surveys.

Keywords: Comparative study. Masonry. Concrete block. Ceramic brick.

## 1 INTRODUÇÃO

Este é um artigo resultante de uma pesquisa cujo tema foi a resistência dos materiais, tocante aos elementos construtivos da alvenaria convencional, com uma delimitação de tema sobre estudos comparativos entre blocos de concreto e tijolos cerâmicos da alvenaria estrutural e de vedação.

O problema sobre o qual a pesquisa orbitou, sobre a delimitação de tema supracitada, se encontrou no fato de que é imprescindível verificar como a literatura a respeito se comporta quanto a produção de conhecimento sobre esses elementos importantes da construção civil, uma vez que a qualidade dos mesmos se desdobra no comportamento da estrutura, nos custos da obra, seu ciclo de vida e em outras características do empreendimento. Nesse inteire, emergiu a pergunta norteadora: o que os estudos comparativos entre blocos de concreto e cerâmicos tem apontado? E que tipos de estudos são feitos?

A pesquisa se justifica em razão de um contexto geral, pois compreender a forma como os conhecimentos sobre tijolos de cerâmica e blocos de concreto são produzidos e qual o seu conteúdo é importante por implicar em argumentos e considerações que auxiliem na determinação do material a ser empregado em uma obra, em termos das especificações exigidas e do custo-benefício, pois esses dois produtos, à engenharia civil, possuem características próprias e que devem ser apropriadas pelo estilo da obra, necessidades e desempenho construtivo. À academia a pesquisa sobre a literatura que aborda o tema é importante por aprofundar o saber na área e por debater as características, benefícios e desvantagens de cada um desses tipos de tijolos, no seio acadêmico, a partir da análise de diferentes estudos comparativos.

Para a sociedade, a pesquisa é importante por trazer resultados de estudos, os quais expressam o debate e exposição de ideias e resultados que implicam na dis-

seminação das propriedades desses materiais construtivos e denota a importância desse elemento para uma obra, uma vez que o conhecimento é subsidiário a forma como o mercado oferta e consome esses produtos, demonstrando sua opção por tijolos de cerâmica ou de concreto, ao rigor do público alvo e busca por desempenho.

Dessa forma, o objetivo geral da pesquisa foi descrever a produção científica nacional oriunda de estudos comparativos sobre blocos de concreto e de cerâmica. Portanto, foram objetivos específicos: analisar objetivo da comparação feita, metodologias aplicadas e resultados obtidos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Os blocos de concreto**

Os blocos que são de concreto, comumente, possuem dois furos verticais grandes em sua configuração e são bastante empregados na alvenaria estrutural. Esses blocos são compostos por água e cimento, além de aditivos e outros produtos agregados. Os materiais à fabricação desses elementos construtivos são medidos e combinados de acordo com uma fórmula específica, a qual imprime a sua durabilidade (PINHEIRO, 2018; BARROS, 2017).

Em primeiro lugar, no processo de produção de blocos de concreto, é realizada a mistura dos materiais, sendo-os: cimento, água e agregados – pedrisco, areia natural, areia artificial e até mesmo pó de pedra. Cada um dos tipos de bloco de concreto que são produzidos requer uma receita própria. A combinação dos produtos é feita por meio de uma máquina misturadora, em um processo de prensagem e também de vibração. Depois que a mistura é feita, a massa preparada passa por uma estrutura modeladora, para que seja estabelecido o formato do bloco. Após essa etapa, o bloco é passará pela curagem ou cura, o aquecimento (PRADO NETO; PELUSO; CARVALHO, 2015; SINDUSCON-MG, 2014; REIS, 2016; PINHEIRO, 2018).

Além de resistentes, os blocos de concreto não geram muitos resíduos. De acordo com as normas nacionais, são tipificados em vazado simples, sem função estrutural, de acordo com a com a NBR n. 7173, e vazado com resistência, feitos para alvenaria estrutural, o que é dado pela NBR n. 6136. Há vários tipos de blocos de concreto, com inúmeras e específicas utilidades (SILVA, 2016; REIS, 2016; MACHADO, 2015; BARROS, 2017).

Apesar de baixo custo, pois demandam poucos outros materiais, já que não são necessários vigas e pilares auxiliares, o mestre de obras precisa atentar-se ao projeto e a execução da obra com blocos de concreto, pois devido a sua configura-

ção, não é possível alterar a dimensão de aberturas nas paredes, como vãos, portas, janelas etc. Ainda há os blocos do tipo canaleta, em formato de “u”. Semelhante aos blocos estruturais de concreto, mas distinguindo-se desses, por possuírem os furos internos mais vazados e largos. Tal diferença facilita que passem ferragens, o que os torna blocos mais empregados em amarrações, em lajes e alicerces, gerando sustentação (BARROS, 2017; PINHEIRO, 2018).

As vantagens dos blocos de concreto para as obras configuram inúmeros benefícios, como isolamento acústico, devido aos seus furos verticais que distribuem frequências, e térmico, fácil assistência, maior produtividade e aplicação direta em superfícies. A produtividade desses elementos estruturais de concreto confere facilidade à execução e transporte material. Além, esse produto infere a construção de paredes alinhadas e niveladas com rapidez. Dessa forma, há uma maior otimização e aproveitamento de tempo na execução das obras. Sistemas internos são instalados nas estruturas facilmente, contudo, não há grande possibilidade de cortes e furos, que podem causar rachaduras (REIS, 2018; SINDUSCON-MG, 2014; PINHEIRO, 2018).

## 2.1 Os tijolos de cerâmica

Os tijolos de cerâmica, ou blocos cerâmicos, são itens também muito utilizados no soerguimento de paredes de alvenaria. Possuem diversas variedades, cujas tipologias vão desde tijolos com números de furos distintos a até formas e tamanhos distintos. Esses elementos são mais leves do que os blocos de concreto e o seu emprego inferem em produtividade no processo executivo da obra. O seu material constitutivo infere em conforto acústico e térmico (PILZ et al., 2015; MACHADO, 2015).

De acordo com Azeredo (2015), tijolos cerâmicos são mais baratos e também os preferidos na construção de casas, principalmente em projetos residências populares de programas habitacionais estatais, na alvenaria estrutural e de vedação. Estudos realizados pela indústria de cerâmica e órgãos reguladores, como o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro –, apontaram que os tijolos cerâmicos possuem certas vantagens, em relação aos blocos de concreto, que vão desde a fase de fabricação até a utilização no processo construtivo. Tal tipo de tijolo possui um coeficiente de condutibilidade térmica três vezes menor que o bloco de concreto, proporcionando maior conforto térmico e seu peso por volta da metade dos tijolos feitos de concreto, o que o que promove o transporte e manejo na obra (GONÇALVES, 2016; ARAÚJO; BRITO, 2015).

Ademais, entre suas vantagens, está a baixa absorção de água, o que permite sua disposição direta no solo. Além, é apontado como mais sustentável, principalmente no que se refere a emissão de gás carbônico, que chega a 66% durante seu ciclo de vida, em relação ao bloco de concreto. Outras vantagens desse material construtivo incluem a rapidez que confere à obra, uma economia de até 30% no custo final da construção e menor tempo de assentamento, dispensa na etapa de recorte de paredes, permite que instalações elétricas e hidráulicas sejam feitas em qualquer momento da execução (MAGALHÃES, 2016; GONÇALVES, 2016; PILZ et al., 2015; AZEREDO, 2015).

Ainda, as juntas de dilatação podem ser maiores, com o uso desses tijolos, uma vez que os mesmos se movimentam menos, o que possibilita maior conforto e um ambiente seco, flexibilidade do layout, proteção contra umidade, melhor vedação. As principais características dos tijolos cerâmicos são tangentes a sua função, sendo-as: a utilização em paredes de vedação, usada para suportar o próprio peso das paredes, além de pequenas cargas, e a estrutural, ao suportar as cargas e esforços do edifício (GONÇALVES, 2016; PILZ et al., 2015; MAGALHÃES, 2016).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa que resultou neste artigo foi uma revisão sistemática de literatura, tipificada como transversal, descritiva e quanti-qualitativa, feita na Internet. A plataforma indexadora utilizada para a recuperação de obras foi o Google Acadêmico – com uso do campo de busca avançada. A plataforma Google Acadêmico, da empresa Google LLC, é um buscador de obras da literatura científica *online* gratuito. Com o maior acervo digital da Internet, indexa teses, artigos científicos, resumos, monografias, dissertações e livros de inúmeros bancos de dados (EVEN3, [2021?]).

Os critérios de inclusão foram: ser artigo científico, estar escrito em língua portuguesa, ser publicado no Brasil, conter os descritores da pesquisa eletrônica no título da obra, publicação entre 2016-2021 e fazer alguma comparação entre apenas tijolos cerâmicos e de concreto em uso estrutural ou de vedação. Já os critérios de exclusão foram: abordar outros materiais, resumos, publicações de anais de eventos, obras cujo acesso ao site não ocorreu, Trabalhos de Conclusão de Curso. Os descritores utilizados à pesquisa eletrônica, na plataforma indexadora Google Acadêmico foram: “estudo comparativo”, “bloco de concreto” e “bloco cerâmico”. A análise do conteúdo obras recuperadas se deu por meio de fichamento e leitura analítica.

As informações buscadas nos artigos foram: (i) nome(s) do(s) autor(es) recuperado(s) e (ii) ano de publicação (entre 2016-2021), (iii) tipo de estudo (documental,

de campo, prático, teste comparativo laboratorial, revisão bibliográfica ou estudo com observação *in loco*, em obra em andamento ou executada), (iv) metodologia empregada à pesquisa, (v) objetivo proposto e comparação abordada entre blocos de concreto e cerâmicos e (vi) resultados obtidos. A pesquisa eletrônica na plataforma indexadora empregada foi executada em setembro de 2021.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Das 93 páginas contendo 10.300 resultados no Google Acadêmico, apenas 4 (quatro) obras foram recuperadas, a partir dos critérios de inclusão e exclusão e dos descritores aplicados à busca eletrônica. Os artigos, publicados em periódicos, que foram encontrados, são: Caldas e Sposto (2017), Fernandes et al. (2019), Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016) e Pereira e Lacerda (2017). Os anos 2018, 2020 e 2021 não contaram com obras recuperadas (Quadro 1).

**Quadro 1** - Artigos recuperados pela pesquisa na plataforma indexadora Google Acadêmico, a partir dos critérios de inclusão e exclusão e dos descritores “estudo comparativo”, “bloco de concreto” e “bloco cerâmico” que foram empregados, e informações coletadas.

Autor recuperado /ano	Tipo de estudo	Objetivo e comparação feita entre os tipos de blocos	Metodologia aplicada	Principais resultados
Caldas e Sposto (2017)	Prático documental	Estudar emissões de CO <sub>2</sub> pelo transporte terrestre de quantidades de blocos estruturais cerâmicos e de concreto.  Comparou: emissão de CO <sub>2</sub> no transporte.	Levantamento quantitativo e cálculos comparativos das emissões de CO <sub>2</sub> na indústria e no transporte fábrica-canteiro de obras, de blocos cerâmicos e de concreto em 26 capitais brasileiras, com comparação entre regiões e tipos de blocos.	Capitais localizadas na Região Norte e Sudeste foram as que apresentaram maiores e menores valores, respectivamente, de emissões relacionadas ao transporte para ambos os tipos de componentes. Contudo as emissões totais pelas fábricas foram maiores para os blocos de concreto (22,8 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) o que para os cerâmicos (24,5 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ), na maioria das capitais. Na soma das emissões de indústrias e transportes, no Sul e Sudeste blocos cerâmicos emitem mais CO <sub>2</sub> e no Norte, Nordeste e Centro-Oeste os blocos de concreto são responsáveis pelas maiores emissões de CO <sub>2</sub> .
Fernandes et al. (2019)	Prático documental	Comparar o custo de aquisição entre blocos cerâmicos e de concreto.  Comparou: custo na compra	Levantamento quantitativo dos custos no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI –, quanto aos valores de cada bloco e o quantitativo de argamassa utilizada em seus assentamentos, além de dados técnicos extraídos de artigos.	A confecção de 1 m <sup>2</sup> de alvenaria de bloco cerâmico custa R\$ 28,88 e o 1 m <sup>2</sup> na alvenaria com bloco de concreto obteve custo de R\$ 25,61. É notório que a alvenaria de bloco de concreto demonstrou ser a mais ideal quanto ao custo.
Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016)	Revisão de literatura	Fazer um apanhado sobre os dois tipos de blocos, os diferenciando e destacando suas vantagens e desvantagens.  Comparou: vantagens e desvantagens	Levantamento qualitativo e quantitativo de contributos e considerações de autores.	Efetivamente não há um tipo de bloco que mais eficaz, pois inúmeros fatores determinam tal definição, como grande variação entre regiões do país, qualificação da mão de obra empregada, tipologia da edificação, mercado financeiro e também por meio de uma boa compra.

Pereira e Lacerda (2017)	Prático documental	<p>Comparação de custos construtivos entre a alvenaria em bloco cerâmico e alvenaria em bloco vazado de concreto.</p> <p>Comparou: custos construtivos da alvenaria.</p>	<p>Modelagem computacional de um projeto estrutural, com CAD/TQS, com planta de arquitetura de uma residência unifamiliar de dois pavimentos e a coleta de dados quantitativos de armaduras, fôrmas, volume de concreto, área de alvenaria e entre outros itens, obtidos dos resultados gerados com a análise dos dois sistemas construtivos. Ademais, foram coletados valores orçamentários do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).</p>	<p>A alvenaria com blocos vazados de concreto é financeiramente mais acessível, comparada a prática convencional, pois os resultados indicaram que o bloco vazado de concreto apresentou ser 7,08% mais econômico, em relação ao bloco cerâmico.</p>
--------------------------	--------------------	--	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Caldas e Sposto (2017) realizaram uma pesquisa cujo objetivo foi estudar emissões de CO<sub>2</sub> envolvidas no transporte de blocos estruturais cerâmicos e de concreto. A metodologia teve cunho prático documental, com a metódica coleta de informações e realização de cálculos matemáticos. Com o Google Maps, calcularam a distância entre fábricas de tijolos cerâmicos e blocos de concreto e canteiros de obras. Foram incluídas na pesquisa 26 capitais, exceto Macapá, AP, devido a problemas técnicos (Quadro 1).

Os canteiros de obras eram hipotéticos, representados por universidades públicas (uma em cada cidade e mais próxima da zona central), e foram selecionadas as fábricas partir dos Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), no âmbito do Ministério das Cidades e do Sistema de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SiMaC), que fabricassem blocos cerâmicos e de concreto no tamanho 14 cm x 19 cm x 39 cm (CALDAS; SPOSTO, 2017).

Os autores supracitados atribuíram como unidade funcional um 1 m<sup>2</sup> de vedação construída, sendo desconsideradas elementos como juntas e os revestimentos de argamassa, uma vez que foi constatado por TCPO, 2012 (apud. CALDAS; SPOSTO, 2017) que os dois sistemas de blocos apresentam o mesmo consumo de argamassa. Para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> feitas pelas indústrias de bloco de concreto e bloco cerâmico os autores utilizaram a equação a seguir, em que *m* = massa (kg), *A* = área (m<sup>2</sup>), *FCO<sub>2</sub>* = fator de emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais da indústria (kgCO<sub>2</sub>/kg) e *ECO<sub>2</sub>I* = emissões de CO<sub>2</sub> na indústria (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).

$$ECO_2I = \frac{m}{A} \times FCO_2$$

Ademais, Caldas e Sposto (2017) para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> do transporte consideraram apenas o emprego de caminhões movidos a diesel. Para tanto, calcularam que a média do fator consumo de combustível é de 0,026 L/t.km. O fator

consumo de combustível foi multiplicado pelas emissões de CO<sub>2</sub> por litro de diesel, de 2,603 kgCO<sub>2</sub>/L, valor do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários do período de 2005-2012, e, ao final foi encontrado um fator inicial de emissões de CO<sub>2</sub> do transporte de 0,068 kgCO<sub>2</sub>/t.km. foi considerado que os caminhões retornassem ao seu ponto de partida com 50% de alguma carga, logo, o fator inicial de emissões de CO<sub>2</sub> do transporte de 0,068 kgCO<sub>2</sub>/t.km foi multiplicado por 1,5, que equivale á massa inicial somada a 50%, o que resultou em um fator final de emissões de CO<sub>2</sub> do transporte (F) de 0,102 kgCO<sub>2</sub>/t.km, valor alcançado pela equação:

$$ECO_2T = Fx \frac{m}{A} x D$$

Em que F = fator final de emissão de CO<sub>2</sub> (0,102 kgCO<sub>2</sub>/t.km), m = massa (t), A = área (m<sup>2</sup>), D = distância da fabrica até o canteiro de obra (km), ECO<sub>2</sub>T = emissões de CO<sub>2</sub> no transporte dos componentes (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Para o cálculo das emissões totais de CO<sub>2</sub> e a participação da fase de transporte, empregou-se a equação:

$$ECO_2TOT = ECO_2I + ECO_2T$$

Em que ECO<sub>2</sub>TOT = emissões totais de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Também foi empregada a equação a seguir, onde P<sub>transporte</sub> é a participação da fase de transporte nas emissões totais de CO<sub>2</sub> (%).

$$P_{transporte} = \frac{ECO_2T}{ECO_2TOT} x 100$$

À preparação da matriz de mensuração da importância da fase de transporte nos estudos de avaliação do ciclo de vida de emissões de CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>) foram utilizadas três variáveis: quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> da indústria (ECO<sub>2</sub>I), distância do transporte percorrida pelo material e massa do material. Foram atribuídos valores de 1, 2 e 3 para cada variável. O critério de escolha desses valores foi realizado de forma a ser o mais simples possível. fábricas de blocos de concreto em relação aos blocos cerâmicos

Os resultados de Caldas e Sposto (2017) apontaram uma maior quantidade de fábricas de blocos de concreto em relação aos blocos cerâmicos, dentre todas as capitais. Ademais, foram encontrados os seguintes valores para o consumo de materiais: 151,93 kg/m<sup>2</sup>, para blocos de concreto, e 90,56 kg/m<sup>2</sup>, para os cerâmicos. E as emissões de CO<sub>2</sub> pelas indústrias, no contexto geral da pesquisa, foi de 22,8 kgCO<sub>2</sub>/

m<sup>2</sup>, para blocos de concreto, e 24,5 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, para blocos cerâmicos. Logo, a que emite mais dióxido de carbono é a fabricação de blocos cerâmicos.

Sobre o transporte de blocos cerâmicos e de concreto, a região Norte foi a que apresentou os maiores valores de emissões, devido às maiores distâncias verificadas. Já a maior quantidade de capitais que apresentaram menores valores de emissão de CO<sub>2</sub> relativa ao transporte se encontra na região Sudeste.

Comparando os dois tipos de blocos, o de concreto demonstrou maiores emissões no transporte, do que a de blocos cerâmicos, nas regiões Norte e Nordeste, enquanto na Sudeste e Sul foi o contrário. Em se tratando do total e todas as 26 capitais, o transporte do bloco de concreto apresentou maiores valores de emissões em 19 capitais, enquanto os blocos cerâmicos para as 7 capitais restantes e isso ocorreu devido as regiões Norte e Nordeste não contarem com muitas fábricas próximas aos canteiros de obras da pesquisa.

Para os médios e máximos valores das emissões totais de CO<sub>2</sub>, somando transporte e fabricação, nas regiões Sudeste e Sul os blocos cerâmicos são mais emissores do que os blocos de concreto, com valores mais elevados. Mas em se tratando dos blocos de concreto, os valores mínimos, médios e máximos de emissões de CO<sub>2</sub> nas regiões Norte e Nordeste e valores médios e máximos da região Centro-Oeste, são muito superiores aos valores dos blocos cerâmicos. Logo, o bloco de concreto é o menos poluente nas regiões Sul e Sudeste e o bloco cerâmico o menos poluente nas demais regiões.

Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016) realizaram uma pesquisa de revisão de literatura. Tais autores, como objetivo, realizaram um apanhado sobre os dois tipos de blocos, os diferenciando e destacando suas vantagens e desvantagens. Tal atividade teve cunho qualitativo e quantitativo, uma vez que buscou quantificar importâncias, complementadas com considerações e contributos de autores (Quadro 1).

Segundo os achados de Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016), não há um tipo de bloco que seja efetivamente mais eficaz, de forma geral, pois inúmeros fatores determinam tal definição, como grande variação entre regiões do país, qualificação da mão de obra empregada, tipologia da edificação, mercado financeiro e também por meio de uma boa compra (Quadro 1).

Fernandes et al. (2019) realizaram, também, uma pesquisa prática-documental, cujo objetivo foi comparar o custo de aquisição entre blocos cerâmicos e de con-

creto. Para tanto, a metodologia aplicada envolveu o levantamento quantitativo dos custos no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI –, com verificação dos valores de cada bloco e o quantitativo de argamassa (de cimento, cal e areia) recomendada para seus assentamentos, além de dados técnicos extraídos de artigos (Quadro 1).

Foi desconsiderado o tempo para execução, assim como o custo com mão de obra. Para a computação dos valores foram considerados as dimensões dos blocos (cerâmico com 9x14x19 e de concreto com 19x19x39), o volume de argamassa para assentamento, o valor médio dos blocos, quantidade de bloco por m<sup>2</sup>, quantidade de argamassa por m<sup>2</sup> construído e o valor total por m<sup>2</sup>. Os resultados obtidos por Fernandes et al. (2019) revelaram que a confecção de 1 m<sup>2</sup> de alvenaria de bloco cerâmico custa R\$ 28,88 e o 1 m<sup>2</sup> na alvenaria com bloco de concreto obteve custo de R\$ 25,61. Dessa forma, foi notório, segundo a pesquisa, que a alvenaria de bloco de concreto se demonstrou como a mais ideal quanto ao custo (Quadro 1).

Pereira e Lacerda (2017), com uma pesquisa prática-documental e com o objetivo de comparar custos construtivos entre a alvenaria com bloco cerâmico e a realizada com bloco vazado de concreto, aplicou uma metodologia que contou com a modelagem digital de um projeto estrutural, com programa CAD/TQS, com a criação de uma planta arquitetônica de uma residência unifamiliar com dois pavimentos. Ademais, realizou a coleta de dados quantitativos de armaduras, fôrmas, volume de concreto, área de alvenaria e entre outros itens, obtidos dos resultados gerados com a análise dos dois sistemas construtivos (Quadro 1).

Os autores confeccionaram planilhas orçamentárias que permitiram as comparações de custos entre a alvenaria com blocos cerâmicos e a com os de concreto. Os valores orçamentários foram extraídos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com referencia em junho/2017 do município de Porto Velho (PEREIRA; LACERDA, 2017).

Com sua pesquisa, Pereira e Lacerda (2017) concluíram que a alvenaria feita com blocos vazados de concreto é financeiramente mais acessível, em comparação a convencional, pois verificaram que o bloco vazado de concreto apresentou ser economicamente 7,08% mais viável, em relação ao bloco cerâmico (Quadro 1).

As comparações entre blocos cerâmicos e blocos de concreto que mais se destacaram, dentre os objetivos verificados, foram as relativas a custos, presentes em duas obras, sendo-as de Pereira e Lacerda (2017), que compararam custos construtivos na alvenaria, e a de Fernandes et al. (2019), que compararam custos de compra.

Os achados de tais autores colocaram o bloco de concreto como mais viável economicamente. Contudo, isso contraria considerações de autores como Azeredo (2015), que coloca o tijolo cerâmico como mais barato.

Ainda, os resultados das pesquisas de Pereira e Lacerda (2017) e Fernandes et al. (2019) consideraram o somente o processo executivo e a rentabilidade econômica do bloco de concreto associada. Autores como Gonçalves (2016) e Araújo e Brito (2015), apontam vantagens relativas a demais considerações que devem ser feitas a pela engenharia civil, que envolvem todo o decorrer da vida útil da edificação, como modificações no projeto original e reformas, isolamentos e expectativas de conforto térmico e acústico etc. que colocam as estruturas de alvenaria com tijolos cerâmicos em vantagem, uma vez que os blocos de concreto não conferem tais vantagens.

Somente os autores Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016) realizaram uma comparação tangente as vantagens e desvantagens entre essas duas tipologias de unidades construtivas da alvenaria. Magalhães (2016) e Azeredo (2015) informam que a maior desvantagem dos tijolos de cerâmica envolve sua baixa resistência, que implica em maiores cuidados no seu transporte e estocagem e conferem maiores desperdícios no canteiro de obra.

Dentre as vantagens alusivas a tais unidades construtivas, está a rapidez que viabilizam ao processo executivo, com menor tempo de assentamento, escusa da etapa de recorte de paredes e confecção de instalações elétricas e hidráulicas em qualquer momento da execução, o que confere economia no custo final da construção (MAGALHÃES, (2016); AZEREDO, 2015). Como vantagem do bloco de concreto, figuram a sua alta resistência e a baixa geração de resíduos. Contudo, posteriormente, ficam inviabilizadas, por exemplo, expansão de abertura de janela, por exemplo, pois não é possível “cortar” essas unidades construtivas de forma eficiente, sem que haja grande possibilidade de danos à estrutura que compõem (PINHEIRO, 2018).

Apenas Caldas e Sposto (2017) debruçaram-se sobre questões ambientais, ao compararem cada tipo de unidade construtiva, no tocante as emissões de CO<sub>2</sub> por caminhões que os transportam entre fábricas e canteiros de obras. Liesenfeld et al. (2017) traz o contributo de que a produção de tijolos implica na emissão de CO<sub>2</sub>, seja na produção ou no transporte, e esse é um gás que altamente poluente, que contribui para o efeito estufa, fenômeno que tem sido associado ao problema ecológico do aquecimento global.

Ademais, a pesquisa de Caldas e Sposto (2017) foi a mais complexa, pois contou com o emprego de equações que compararam a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida

pelos caminhões que trafegam transportando blocos cerâmicos e de concreto entre fábricas e canteiros de obras em 26 capitais. Fernandes, Almeida e Andrade Filho (2016) produziram o único artigo resultante de uma revisão de literatura, que foi encontrado. Segundo Duarte, Carvalho e Souza (2019), essa modalidade de pesquisa, além de fácil e de baixo custo, é importante porquê abastece a literatura de diversas áreas de conhecimento com conteúdo analítico que contribui com a realização de novos trabalhos.

Pereira e Lacerda (2017) foram os únicos a usarem recursos digitais de produção de modelos comparativos, ao usarem o CAD/TQS. Essa é uma de uma série de inovações tecnológicas as quais estão impulsionando o crescimento do setor da engenharia civil, o modernizando e fornecendo agilidade e precisão na produção de cálculos estruturais (MÁXIMO, 2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal conclusão da pesquisa foi alcançada a partir das respostas obtidas para as perguntas norteadoras da pesquisa, “o que em sido comparado entre blocos de concreto e de cerâmica?” e a “quais tipos de estudos são feitos?” e pelos objetivos propostos, o geral, que foi descrever a produção científica nacional oriunda de estudos comparativos sobre blocos de concreto e de cerâmica, e os específicos, que os sendo analisar objetivo da comparação feita, metodologias aplicadas e resultados obtidos.

Dessa forma, tem-se a conclusão de que os estudos recuperados abordam vários assuntos em suas comparações, o que represente um importante contributo. Contudo, a partir do rigor metodológico aplicado pela pesquisa, é ínfima a quantidade de artigos produzida e publicada em periódicos.

Ademais, os achados inferem na demais conclusão de que há vantagens econômicas para o processo executivo de obras de alvenaria no uso de blocos de concreto. E que, dependendo da região do território nacional, a indústria e transporte de blocos de concreto e de cerâmica pode emitir mais ou menos CO<sub>2</sub>, devido a questões de quantidades de fábricas e distanciamento terrestre, relativos a entrega de materiais nos canteiros de obras.

São muitos fatores que extrapolam o momento do processo executivo dificultam a definição efetiva de vantagens e desvantagens entre blocos de concreto e tijolos de cerâmica, pois entre as regiões brasileiras, há muita variação entre mão de obra, condições ambientais, oferta e disponibilidade de materiais. E a pesquisa

descrita neste artigo abre margem para outros estudos, que venham a ser realizados com outros critérios de inclusão e exclusão e descritores e um período maior.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, D.T.R. de; BRITO, W.O. de. Avaliação do ciclo de vida na fabricação de tijolos cerâmicos na cidade de Monteiro-PB. In.: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Porto Alegre, RS, n. 6, 5 p., 2015. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/II-011.pdf>. Acessado em Set de 2021.

AZEREDO, N.G. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas em blocos cerâmicos estruturais através do método de ultrassom na região de Campos dos Goytacazes - RJ**. 2015, 154 fls., tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ. Disponível em: <http://www.uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/Teses-de-Doutorado-2015-NEILA-GONDIM-DE-AZEREDO.pdf>. Acessado em Mar de 2021.

BARROS, Í.V. **Utilização do bloco de concreto em construção de empreendimento: um estudo de caso nas empresas A&B na cidade de Manaus**. 2017, 82 fls., dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Federal do Pará, Belém, PA. Disponível em: <http://ppgpep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2017-PPGEP-MP-IrisVargasBarros.pdf>. Acessado em Set de 2021.

CALDAS, L.R.; SPOSTO, R.M. Emissões de CO<sub>2</sub> referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, SC, v. 17, n. 4, p. 91-108, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/sbRvDzn5LVpV58y3Z64SsHC/abstract/?lang=pt&format=html>. Acessado em Set de 2021.

DUARTE, F.R.; CARVALHO, L.O.R.; SOUZA, T.E.S. **Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância**. Petrolina, PE: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 84 p., 2019. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/noticias/univasf-publica-livro-digital-sobre-metodologia-cientifica-voltada-para-educacao-a-distancia/livro-de-metodologia-cientifica.pdf/view>. Acessado em Set de 2021.

EVEN3. **Google Acadêmico: como acessar, pesquisar e depositar artigos**. [s.l.; n.p.], [2021?]. Disponível em: <https://blog.even3.com.br/google-academico-como-usar/>. Acessado em Set de 2021.

FERNADES, A.V.B.; ALMEIDA, E.S.F.; ANDRADE FILHO, G.S. Alvenaria de bloco cerâmico x bloco de concreto. **Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 2, p. 37-66, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/2623/1704>. Acessado em Set de 2021.

FERNANDES, A.L.B. et al. Estudo comparativo sobre o uso de bloco de concreto estrutural com o bloco cerâmico. **Diálogos: Economia e Sociedade**, Porto Velho, RO, v. esp., n. 1, p. 50-60, 2019. Disponível em: <http://periodicos.saolucas.edu.br/index.php/dialogos/article/view/59/44>. Acessado em Set de 2021.

GONÇALVES, M.F. **Estudo comparativo entre blocos cerâmicos, blocos de concreto e blocos solo-cimento para execução de alvenaria**. 2016, 42 fls., monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, CE. Disponível em: [http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=estudo\\_comparativo\\_entre\\_blocos\\_de\\_concreto .pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=estudo_comparativo_entre_blocos_de_concreto.pdf). Acessado em Set de 2021.

LIESENFELD, K. et al. Panorama das emissões de gases de efeito estufa em olaria. In.: **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA**, Bagé, RS, n. 9, 7 p., 2017. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/98929>. Acessado em Set de 2021.

MACHADO, D.W.M. **Alvenaria estrutural: construindo conhecimento**. 2015, 43 fls., dissertação (Mestrado em engenharia Civil e Preservação Ambiental), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7898/DIS\\_PPGEC\\_2015\\_MACHADO\\_DIEGO.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7898/DIS_PPGEC_2015_MACHADO_DIEGO.pdf?sequence=1). Acessado em Set de 2021.

MAGALHÃES, C.F.B. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica nova São José de Itacoatiara/AM: um estudo de caso**. 2016, 69 fls., dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade Federal do Pará, Belém, PA. Disponível em: <http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2016-PPGEP-MP-CileneFariasBatistaMagalhaes.pdf>. Acessado em Set de 2021.

MÁXIMO, **Evoluções e inovações tecnológicas nos softwares de cálculo estrutural**. 2019, 75 fls., monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), João Pessoa, PB. Disponível em: <https://bdtcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/08/TCC-DE-RAFAEL-MOTTA-GUEDES-PEREIRA-M%C3%81XIMO.pdf>. Acessado em Set de 2021.

PEREIRA, A.G.; LACERDA, B.M. Comparação de custos de uma estrutura em concreto armado com sistema de vedação: blocos cerâmicos × blocos vazados de concreto. **Revista FAROCIÊNCIA**, [s.l.], v. 5, 10 p., 2017. Disponível em: [https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/265/pdf\\_36](https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/265/pdf_36). Acessado em Set de 2021.

PILZ, S.E. et al. Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 comercializados em Santa Catarina. **Revista de Engenharia Civil IMED**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 19-26, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/233174946.pdf>. Acessado em Set de 2021.

PINHEIRO, G.S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré-dimensionamento**. 2018, 78 fls., monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024413.pdf>. Acessado em Set de 2021.

PRADO NETO, Á.P. do; PELUSO, E.O.; CARVALHO, V.T.A. de. **Alvenaria estrutural: empreendimento Flora Park II**. 2015, 59 fls., monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ALVENARIA\\_ESTRUTURAL\\_EM-PREENDIMENTO\\_FLORA\\_PARK\\_II.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ALVENARIA_ESTRUTURAL_EM-PREENDIMENTO_FLORA_PARK_II.pdf). Acessado em Set de 2021.

REIS, W.C. dos. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados**. 2016, 85 fls., monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA. Disponível em: <http://www.arquitetura.uema.br/wp-content/uploads/2018/08/UEMA-AU-TCC-2016-REIS-Alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-vazados.pdf>. Acessado em Set de 2021.

SILVA, J.B. da. **Avaliação do desempenho de blocos de concreto estrutural dosados com politereftalato de etileno (PET) micronizado**. 2016, 152 fls., tese (Doutorado em Engenharia de processos), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/952/1/JOS%C3%89%20BEZERRA%20DA%20SILVA%20%E2%80%93%20TESE%20%28PPGEP%29%202016.pdf>. Acessado em Set de 2021.

SINDUSCON-MG. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Bloco vazado de concreto para alvenaria estrutural**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: Sinduscon-MG, 44 p., 2014. Disponível em: [http://www.sinduscon-mg.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Blocos\\_de\\_Concreto\\_para\\_Alvenaria\\_Estrutural.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Blocos_de_Concreto_para_Alvenaria_Estrutural.pdf). Acessado em Set de 2021.

## CAPÍTULO 4

---

# OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS NA UTILIZAÇÃO DE PRÉ-MOLDADOS COMPARAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS E AS ESTRUTURAS MONTADAS IN LOCO

*COST OPTIMIZATION IN THE USE OF PRECAST  
COMPARISON OF COSTS AND BENEFITS OF PRE-  
MOLDED STRUCTURES AND STRUCTURES MOUNTED  
IN LOCO*

Carolina Jati Bezerra<sup>1</sup>

Jaíza Maia da Silva<sup>2</sup>

Allan Dallen Almeida de Sousa<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.4

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-3701-7952>. carolinajaty98@gmail.com.

<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-9583-2237>. jaiza\_maia@hotmail.com.

<sup>3</sup> Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-4309-468X>. allandallen1@gmail.com.

## RESUMO

Os sistemas construtivos, utilizando o concreto pré-moldado mostraram uma alta capacidade de racionalização, velocidade de execução do trabalho, redução do desperdício de material e utilização de mão de obra mais qualificada, uma construção mais qualificada e um melhor acabamento no final. Esse trabalho tem como objetivo apontar as características de custo do uso de sistemas pré-moldados na obra em relação ao *in loco*. Os elementos pré-moldados para a construção de pilares, vigas e lajes podem fornecer velocidade de execução da obra, reduz o retrabalho e elimina improvisos que podem causar atrasos e erros nas previsões de orçamento. Este trabalho foi originado, devido a crescente necessidade de utilização de diferentes tecnologias construtivas que visam a diminuição de mão de obra e aceleração do processo construtivo, a ausência de dados orçamentários quanto a aplicação de estruturas pré-moldadas em edificações residenciais. Expõe os conceitos de modelagem estrutural em concreto armado moldado *in loco* e concreto pré-moldado, suas vantagens e desvantagens e orçamento de obras. Desta forma, pode-se julgar que o método de construção proposto é viável e traz benefícios consideráveis comparado aos métodos tradicionais, pois traz indicadores de qualidade e economiza tempo de implementação, demanda de trabalho, ou seja de mão de obra, meio ambiente e financeiro. No entanto, conclui-se que é a sua produção em massa, a implementação se torna mais viável financeiramente.

**Palavras-chave:** Redução de desperdício. Custos. Sistema construtivo.

## ABSTRACT

The constructive systems, using precast concrete, showed a high rationalization capacity, speed of work execution, reduction of material waste and use of more qualified labor, a more qualified construction and a better finish at the end. This work aims to point out the cost characteristics of the use of precast systems in the work in relation to the *in loco*. Precast elements for the construction of columns, beams and slabs can speed up the work, reduce rework and eliminate improvisations that can cause delays and errors in budget forecasts. This work was originated, due to the growing need to use different construction technologies that aim to reduce labor and speed up the construction process, the absence of budget data regarding the application of precast structures in residential buildings. It exposes the concepts of structural modeling in reinforced concrete cast in place and precast concrete, their advantages and disadvantages and construction budget. In this way, it can be judged that the proposed construction method is viable and brings considerable benefits compared to traditional methods, as it brings quality indicators

and saves implementation time, labor demand, ie labor, environment and finance . However, it is concluded that its mass production, the implementation becomes more financially viable.

**Keywords:** Waste reduction. Costs. Constructive system.

## 1 INTRODUÇÃO

Na vida do ser humano, existe uma necessidade de construir, que ocorre desde os primórdios, quando o objetivo da construção era só a proteção do homem contra-ataques de animais, aos dias atuais, onde o ser humano busca conforto, estabilidade ou lucratividade, o que conseqüentemente aquece a economia, com a circulação da moeda, e aumentando a riqueza nacional.

Conforme dados do Governo Federal, a construção civil é responsável por movimentar mais de 70 setores da economia, e em 2017 já chegou a ser responsável por 6,2% do PIB do país, representando 34% do total da indústria brasileira.

O setor da construção civil, é um setor que mesmo em momentos de crise no país, é incentivado a crescer, não se referindo a diminuição de custos ou de impostos, mas sim pela quantidade da demanda que sempre é constante.

No entanto, a construção civil possui um grande índice de desperdício de materiais, gastos desnecessários e uma alta geração de resíduos nos canteiros de obras. A falta de precisão de medição nos canteiros de obras é um grande fator que contribui para o desperdício.

Os responsáveis pela obra devem sempre buscar restringir os custos, e, portanto, é de extrema importância, a realização de um planejamento adequado do orçamento da obra. Dessa forma, é necessário fazer uma análise técnica e detalhada de todas as etapas executivas do empreendimento, o levantamento dos quantitativos dos insumos e mão de obra e a cotação dos preços unitários.

No setor da construção civil como embasamento para o aprimoramento das suas técnicas utilizadas no seu ramo, vem se reconstruindo de novas tecnologias que têm o intuito de facilitar e acelerar os meios de produção, e conseqüentemente baratear os processos construtivos. Uma nova tecnologia que surgiu com os anos, é o concreto pré-moldado.

Comparando com os métodos tradicionais de construção, os elementos pré-moldados além de terem maior qualidade, por já virem da indústria com o concre-

to dentro dos parâmetros da ABNT, tornam a obra mais prática, mais eficiente, mais sustentável, e naturalmente mais limpa.

Na escolha de utilização de pré-moldados, o engenheiro poderá adquirir inúmeras vantagens, que podem evitar futuras dores de cabeças ao responsável da construção, pois haverá uma redução no tempo de entrega da obra, poderá diminuir os problemas de atraso com a meteorologia, e diminuir gastos com mão de obra, pelo fato dos processos de fabricação serem industrializados, portanto também evitando gastos e desperdícios com formas, ferro, pregos e entre outros materiais.

O objetivo deste estudo é utilizar o concreto pré-moldado como objeto de estudo, para fazer uma comparação de custos e benefícios, na adoção dessa técnica em relação às peças de concreto montadas de canteiro de obra, através de demonstrativos de um estudo de caso.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Os atrasos de cronogramas já são comuns na construção civil, por inúmeros fatores, seja por questões climáticas, tempo de cura do concreto, atraso na entrega de materiais, mão de obra desqualificada entre outros. E a cada adiamento da entrega da obra, gera prejuízos financeiros ao engenheiro responsável. Portanto, para otimização de gastos, os empresários vêm em busca de novas técnicas construtivas para realização de obras com maior rapidez, menor custo e com um menor impacto no meio ambiental.

Nos dias de hoje, ainda se é muito utilizada a técnica convencional de construção, seja por comodidade, falta de conhecimento, ou simplesmente falta de planejamento para o investimento, as peças pré-moldadas é uma tecnologia que surgiu para revolucionar, acelerar e otimizar os gastos com os desperdícios nas obras. Porém apesar de ser uma técnica que vem sendo desenvolvida há bastante tempo, segundo DEBS (2000), o concreto pré-moldado possui pouca exploração no Brasil, por motivos como instabilidade econômica, que no qual dificulta o planejamento e os investimentos em longo prazo, a falta de conhecimento de alternativas em concreto pré-moldado, escassez de oferta de equipamentos, e indisponibilidade comercial de dispositivos para realizar as ligações e o manuseio dos elementos.

Com isso, esse estudo busca avaliar e analisar os custos e benefícios entre o método de utilização de peças de concreto pré-moldadas nas construções, e o método convencional, com base em evidências qualitativas e fatos orçamentários quantitativos em um estudo de caso aplicado em um projeto habitacional. E dessa forma

ampliar o conhecimento acadêmico sobre as vantagens da adoção das novas tecnologias desenvolvidas no mercado da construção.

## 2.1 História do Concreto Pré-moldado no Mundo

Para VASCONCELLOS (2002), não é possível especificar a data de início em que começou a pré-moldagem. O nascimento do concreto armado começou com a pré-moldagem de elementos, fora de seu local de uso. Portanto, pode-se dizer que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, a carência em reconstruir diferentes tipos de edificações e a ausência de materiais, promoveu a Europa para a construção utilizando pré-fabricados devido à necessidade de reconstruir rapidamente hospitais, escolas, edifícios, pontes, etc. Sua velocidade de construção e a racionalização das etapas de construção foram decisivas.

## 2.2 Métodos de Construção

Considerando a indústria de pré-moldados, existem muitas formas de métodos construtivos distintos, no entanto, com determinadas semelhanças e particularidades que se completam.

A fim de maximizar as principais vantagens do concreto pré-moldado, é necessário estar atento quanto à formulação do projeto, para cada tipo de projeto, para cada tipo de edificação, são usados procedimentos diferentes. As principais características que são observadas na fase de projeto preliminar são: tipologia, comprimento do vão, sistema de contraventamento, altura, número de pavimentos, tipo de fundação, entre outros.

De acordo com VAN ACKER (2002, p. 11), “os projetistas devem, desde o início do projeto, considerar as possibilidades, as restrições e as vantagens do concreto pré-moldado, seu detalhamento, produção, transporte, montagem e os estados limites em serviço antes de finalizar um projeto de uma estrutura pré-moldada”.

## 2.3 Concreto Montado *in loco*

Há muito tempo, o concreto armado é um dos materiais mais comumente utilizados em edificações. Isso se deve à facilidade de produção e baixo custo, não demandada por trabalhadores qualificados, modelo fácil de moldar do ponto de vista estrutural, e principalmente para resistir aos requisitos estruturais do edifício, como qualidade, segurança e durabilidade. (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2010 página 20).

A mistura de agregado grosso e agregado fino, cimento e água produzirá essencialmente um concreto com boa resistência à compressão. No entanto, na estrutura, existem vários tipos de solicitações, por exemplo, o concreto é muito suscetível à tração e requer materiais e suplementos que podem atender a esse requisito, é o caso do aço de boa qualidade a resistência à tração é mais fácil de deformar do que o concreto, então surge o concreto armado. (REGO, 2002, p.63).

O método convencional de concreto armado moldado in loco ainda é o método mais comumente utilizado nas edificações, ele consiste basicamente em corte e armação das ferragens, preparação e montagem das formas, preparação e lançamento do concreto, por fim retirada das formas.

## 2.4 Concreto Pré-moldado e Pré-fabricado

O concreto pré-moldado foi desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial e continua a ser amplamente utilizado na Europa e nos Estados Unidos. Mas no Brasil, mesmo com alguns motivos, como o sistema tributário, falta de mecanização, etc., ainda atrapalham a industrialização do setor através da pré-moldagem ou pré-fabricação do concreto armado. (ORDÓNEZ; DONIAK 2010, p. 23).

Este é um processo de otimização voltado para o setor de construção civil. A característica da pré-moldagem é identificada como o processo de construção em que a obra, ou parte, é moldada fora do seu ambiente de aplicação definitiva. “A pré-moldagem geralmente é relacionada a dois outros termos: a pré-fabricação e a industrialização da construção”. (EL DEBS, 2002, p. 5).

Segundo o mesmo autor, a pré-fabricação é um método de construção industrial. O método de obtenção de elementos por meio da produção em massa, ou seja, o método de produção em larga escala. Apesar de trazerem aspectos semelhantes, pré-moldagem e pré-fabricação ainda têm conceitos diferentes, mas relacionados entre si. Geralmente, pode-se dizer que a aplicação de pré-moldados à produção em massa leva ao aparecimento de pré-fabricados, que por sua vez é uma forma de buscar a industrialização da construção.

A industrialização de um edifício inclui todas as suas partes, independentemente dos materiais utilizados. Por outro lado, a pré-moldagem e a pré-fabricação são semelhantes porque são elementos acessórios de concreto, usados no fechamento ou em estruturas.

De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2001), é classificado elemento pré-moldado aquele realizado fora do local de aplicação definitiva na estrutura, com controle

de qualidade menos rigoroso, e estes devem ser inspecionados individualmente, ou por lotes, através de inspetores do próprio construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, dispensando-se a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

## **2.5 Diferença entre Pré-moldado e Pré-fabricado**

A norma brasileira NBR 9062 explica a diferença entre pré-moldado e pré-fabricado:

Pré-moldado são componentes produzidos sob condições controladas menos rigorosas ao controle de qualidade e classificados como pré-moldados que devem ser verificados individualmente ou por lotes, através do próprio inspetor do construtor, da fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas, abandonando a existência de laboratórios e outras instalações semelhantes.

Pré-fabricado são elementos que são produzidos de forma semelhante em uma fábrica ou instalação analogamente adequada aos recursos suficientes para produção e que disponham de pessoal, organização de laboratórios e outras instalações permanentes para controle de qualidade, devidamente verificado pela fiscalização do proprietário.

## **2.6 Vantagens e Desvantagens do Método de Utilização de Peças Pré-moldadas**

O uso de peças pré-moldadas permite organizar a fase de construção, resultando em uma execução mais rápida, portanto, a execução do trabalho requer mão de obra reduzida, por ser um material produzido fora do destino, por isso a pré-fabricação apresenta menor quantidade de desperdício, porque não requer muitos materiais armazenado no canteiro de obras. (SENDEN, 2015).

Normalmente observam-se obras executadas em sistemas tradicionais, nestes sistemas, eles utilizam concretagem local, muitos suportes de escoras de madeira. No entanto, quando se fala em pré-moldagem, deve ser feita fora do local de uso final, a madeira usada para suporte e produção de formas é bastante reduzida, visto que essas peças chegam até a obra quando atingem seu ponto de cura.

Como desvantagens dos métodos tradicionais de construção, seu peso próprio elevado pode ser destacado, o que limita seu uso em determinadas situações e aumenta seus custos. Embora o custo de aquisição de matéria-prima seja menor, o processo de implementação no canteiro de obras é muito lento, se for relacionado

aos métodos industrializados é necessário a utilização de escoramentos e formas, que devem permanecer no lugar até que o concreto seja derramado e obtenha força e resistência suficiente.

## **2.7 Materiais de Construção**

Materiais são substâncias que podem ser usadas diretamente ou indiretamente para inúmeros propósitos. Metais, cerâmicas, polímeros, semicondutores, pode-se citar vidro, fibra, madeira, areia, pedra e diversos outros materiais compósitos. Sua produção e processamento têm como objetivo a produção de produtos acabados sugam uma alta porcentagem de oportunidades de emprego, representando grande parte do PIB de um país (CAIADO, 2014).

## **2.8 Desperdícios de Materiais de Construção**

Além da produtividade, outro aspecto que se destaca é o desperdício de materiais. SOUZA et al. (1998, p. 64) alertou que o termo é afetado por uma série de discussões, fundamentalmente porque tem um significado negativo e porque implica na avaliação, às vezes subjetiva, ou pode não se basear em critérios pré-definidos. Eles enfatizam “as perdas de materiais podem ter origem em diferentes momentos dentro da vida útil de um empreendimento. Simplificadamente, pode-se distinguir três grandes fases do empreendimento: concepção, execução e utilização”.

## **2.9 Orçamento de Obras**

De acordo com SAMPAIO (1989, p.17), “Orçamento é o cálculo dos custos para executar uma obra ou um empreendimento, quanto mais detalhado, mais se aproximará do custo real.”

Conforme TISAKA (2011) apontou que, ao fazer o orçamento, deve incluir todos os serviços a serem executados na obra, incluindo a quantidade física e composição de custos do projeto de pesquisa, cada unidade de serviço, leis sociais e taxas suplementares, apresentados na planilha.

### *2.9.1 Atributos do orçamento*

Para CORDEIRO (2007), a formulação do orçamento exige a necessidade de planejar, compreender e entender as possibilidades e limitações técnicas, que vai do cálculo de custos de uma série de tarefas contínuas e ordenadas, da seguinte maneira, as informações obtidas podem nortear a formulação do orçamento.

### 2.9.2 Custos Diretos e Custos Indiretos

Os custos diretos e indiretos são os custos relacionados com a execução dos serviços definidos no orçamento do projeto e os custos de distribuição do departamento de gestão central da empresa, bem como despesas, seguros, impostos e etc.

O cálculo deve ser feito com a maior precisão possível para que o custo da obra possa ser visualizado durante a fase de planejamento.

Custos diretos é tudo o que está diretamente relacionado com a execução de serviços na construção civil. São todos os custos associados à produção de insumos, consistindo em custos de mão de obra, material e equipamento.

Já o custo indireto refere-se a todo custo que não pode ser visualizado no canteiro de obras por não ter relação direta com a execução do serviço. Embora os custos indiretos não estejam incluídos na obra, sua definição é necessária porque afetam o custo total de execução.

### 2.9.3 Etapas da Orçamentação

O orçamento de construção é projetado para fazer um estudo cuidadosamente dos preços de todos os insumos na obra, a fim de reduzir a incerteza da tomada de decisão e analisando a viabilidade, o valor econômico da empresa e a taxa de retorno do investimento.

Para iniciar um orçamento, é necessário compreender pelo menos duas condições, que irão determinar as regras da obra: **Projeto (execução)**: Irá fornecer plantas, diagramas, cortes, vistas, elevações, fachadas etc. Esse projeto é muito importante, porque a pesquisa quantitativa parte dele; **Especificações**: irá levar às especificações técnicas, o memorial descritivo, etc. O projeto fornece informações sobre as características dimensionais, enquanto as especificações fornecem informações qualitativas, como tolerâncias, normas, curvas granulométricas etc. **Levantamento de quantitativos**: Nesta fase, aumentará o número de cada serviço que será usado. É importante conhecer o estágio de cada análise quantitativa que será utilizada; **Composição do custo unitário (custo direto)**: Esta é uma das partes mais difíceis do orçamento do projeto. Nesta etapa, terá que aumentar o custo de um item de cada serviço para posteriormente ser multiplicado pelo valor proposto na etapa anterior.; **Custo Indireto**: Custo de natureza gestão/fiscalizatória, além de gastos correntes como água, eletricidade e material de escritório.

Se não houver relação de venda, o orçamento termina aqui; se existir, é necessário somar os impostos incidentes sobre a operação de venda e somar o lucro que se deseja obter no final da obra.

#### *2.9.4 Impostos*

De acordo com a definição de MATTOS (2006), encargos sociais e trabalhistas são definidos de acordo com o percentual a ser aplicado na mão de obra. Envolvendo impostos recolhidos em relação a hora trabalhada e aos benefícios a que os trabalhadores têm direito, e que são pagos pelo empregador.

#### *2.9.5 Lucratividade de Impostos*

A composição de custos, ajuda e contribui para a análise de lucratividade, das informações sobre o projeto, bem como determinação do preço de venda e BDI aplicado uniformemente a todos os serviços para garantir o retorno investimento.

De acordo com MATTOS (2006), quando o orçamento é acertado, a construtora define e considera os seguintes fatores, como a lucratividade que você deseja alcançar no trabalho e risco do empreendimento de competição.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia deste trabalho é qualitativa, utilizando referências bibliográficas de artigos e livros publicados. Também foi realizado um estudo de caso com projeto próprio para comparar os métodos de construção de estruturas montadas em in loco e estruturas de concreto pré-moldado.

Esses procedimentos, além de realizar muitos estudos bibliográficos para definir, qualificar e refinar, também fazem uma comparação de custos entre as duas técnicas construtivas analisadas na pesquisa.

Foi realizada a análise desses valores encontrados na comparação de custos e a viabilidade econômica de implantação do sistema construtivo proposto para o estudo de caso. Esta pesquisa está fundamentada no referencial teórico vigente, sendo possível articulá-la com diretrizes técnicas.

No projeto objeto de estudo foram analisadas somente as áreas de estruturas - pilares e vigas (estrutura pré-moldada de concreto), não analisando os serviços complementares, tais como: instalações elétricas, hidrossanitárias, cobertura, impermeabilizações, acabamentos, entre outros. Foi utilizado o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices) de setembro de 2021 referente ao estado do

Pará como base para a taxação de preços, e utilizou alguns softwares de engenharia para dimensionar o projeto.

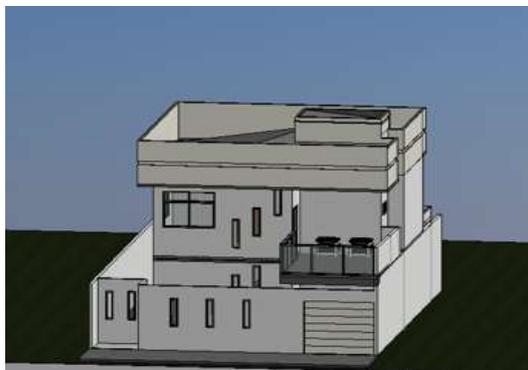
### 3.1 Variáveis de Estudo

Será apresentado abaixo que a pesquisa pode ser dividida em algumas etapas principais, que foram a formulação do orçamento da estrutura montada in loco, análise dos valores recebidos da empresa de pré-moldados, comparação orçamentária entre os métodos construtivos.

### 3.2 Projeto Arquitetônico

O projeto, que será utilizado como objeto de estudo de caso, foi produzido pela própria autora, desenvolvido no software Revit. O terreno tem 11 metros de largura por 16 metros de comprimento, com área total de 176m<sup>2</sup>, sendo que a residência possuirá 88.21 m<sup>2</sup> no pavimento térreo e 73.09 m<sup>2</sup> no superior de área construída, com o total. Para a composição deste trabalho, serão considerados os projetos em fase de anteprojeto, e a execução do projeto dependerá da definição do método construtivo da estrutura. Aqui nas figuras 1 e 2 estão alguns detalhes da arquitetura do projeto.

**Figura 1** – Fachada 3D da residência.



Fonte: JATI, Carolina (2021).

**Figura 2** – Detalhe do fundo da edificação em 3D.



Fonte: JATI, Carolina (2021)

No pavimento térreo existe uma vaga para garagem coberta por uma laje do pavimento superior, o térreo é composto por um quarto, um banheiro, uma sala, uma cozinha, uma área de serviço e uma área livre. A escada é interna com 19 degraus, 1m de largura, e dá acesso ao pavimento superior. O pavimento superior é composto por 2 quartos, um banheiro comunitário, uma suíte e uma varanda em cima da garagem. Como observa nas figuras 3: layout térreo, 4: layout superior, 5: posição do telhado a seguir:

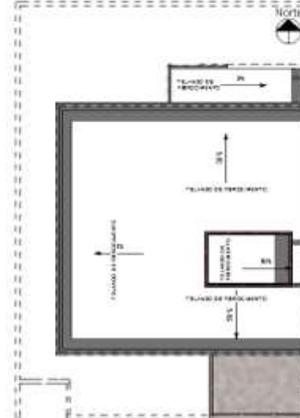
**Figura 3** - Layout térreo.



**Figura 4** - Layout superior.



**Figura 5** - Posição do telhado.



Fonte: JATI, Carolina (2021).

Fonte: JATI, Carolina (2021).

Fonte: JATI, Carolina (2021).

O corte demonstra a posição da escada na residência que liga um pavimento ao outro a figura 6

**Figura 6** - Corte da residência.



Fonte: JATI, Carolina (2021).

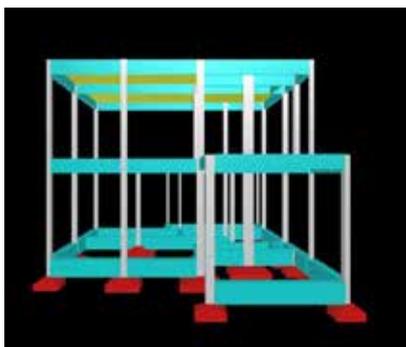
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Portanto se fez a conferência dos custos e benefícios em comparação das peças de concretos montadas no canteiro de obras com o valor orçado dos pré-moldados, tendo como parâmetros, a viabilidade, a economia e o tempo para a execução, e quais fatores levaram para a diminuição desses custos e na preferência de um dos métodos como o mais viável. Serão apresentadas as tabelas comparativas do custo dos dois sistemas construtivos estudados para que posteriormente se torne possível as análises orçamentárias.

## 4.1 Projeto Estrutural

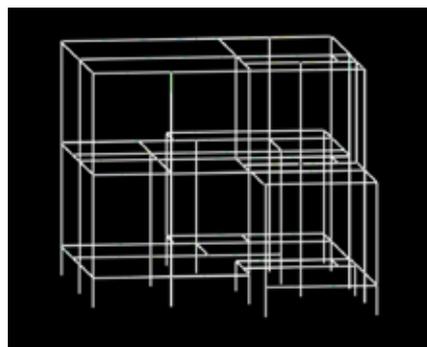
O projeto estrutural foi desenvolvido através do software Eberick, onde se pode dimensionar todas as peças estruturais que compuseram o projeto, as figuras 7 e 8, ilustram imagens capturadas no software do modelo 3 D.

Figura 7 - Representação gráfica 3D.



Fonte: JATI, Carolina (2021).

Figura 8 - Representação gráfica 3D.



Fonte: JATI, Carolina (2021).

Dessa forma foi gerado o resumo dos materiais pelo Eberick, conforme a tabela 01 para que se pudesse gerar um orçamento para os custos das peças que compõem a estrutura.

Tabela 1 - resumo dos materiais

		Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total
Peso total + 10 % (kg)	CA50	1155.2	590.0	485.6	314.3	2545.0
	CA60	290.0	138.6	84.3		512.9
	Total	1.2	728.6	569.9	314.3	3057.9
Volume concreto (m³)	C-25	23.9	6.2	23.3	7.5	60.9
Área de forma (m²)		275.2	109.2	154.6	18.2	557.2
Consumo de aço (kg/m²)		60.4	117.5	24.5	42.0	50.2

Fonte: Autora, (2021)

## 4.1 Quanto ao montado in loco

Para formulação dos preços, se considerou o SINAPI, como referência para a realização de um orçamento que precifica apenas a estrutura da residência em relação ao resumo de matérias obtido pelo Eberick. A tabela 02, revela o valor total de cada categoria. O detalhamento dos valores se encontra em anexos e apêndices.

**Tabela 2 - Valores Dos Custos**

	CUSTO TOATAL
FUNDAÇÃO	
sapatas	8.097,92
SUPERESTRURA	
pilares	22.730,01
vigas	66.231,21
lajes	60.215,09
TOTAL	157.274,23

**Fonte:** Autora, (2021).

Portanto o valor total do custo direto da obra montada in loco é de 157.274,23. Para apurar os custos indiretos, foi estabelecido um cronograma de trabalho. De acordo com o cronograma detalhado, a implantação dessa estrutura in loco demandará o equivalente a 85 dias corridos de obras. Somando 17,5% dos dias perdidos por chuvas, a duração do custo (dias) da tarefa de projeto periódica de implantação da estrutura moldada in loco será de:  $85 \times 1.175 / 5$ , uma média de 140 dias.

## 4.2 Quanto aos pré-moldados

em relação a precificação dos pré-moldados, foi entrado em contato com empresas da região em busca de um orçamento detalhado, mas como a obra não vai ser realizada, não foi possível obter esse orçamento, mas foi possível verificar a média da fabricação das peças verticais e horizontais, que inclui vigas, pilares, fundações para residências de circunstância normais com até 7 metros de altura, conforme a área quadrada da residência. O valor médio estipulado pelas empresas de fabricação de pré-moldado da cidade de Santarém-Pá é de 700 reais, com entrega de até 90 dias.

Para a composição dos demais valores de lajes pré-moldadas, se consultou a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), e o SINAP. Conforme a tabela 03.

**TABELA 3**

ORÇAMENTO PRÉ MOLDADO					
CODIGO DA COMPOSICAO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UNIDADE	CUSTO		TOTAL
92727	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPa, PARA LAJES PRÉ-MOLDADAS COM JERICAS EM ELEVADOR DE CABO EM EDIFICAÇÃO DE MULTIFAVIMENTOS ATÉ 16 ANDARES, COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M <sup>2</sup> - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF 12/2015	M3	627,26	9,5	5958,97
101963	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAÇA) = (8+4) . AF 11/2020	M2	164,92	161,3	26.601,60
ADAPTADO	FUNDAÇÃO, PILARES E VIGAS	M2	700	161,3	112910
101791	FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO FORÇALITE, EM MADEIRA, PARA PÉ-DIREITO DUPLA. AF 08/2002	M	27,47	161,3	4.430,91
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	16,59		5.972,40
87242	CAPIFITEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	26,8		7.488,50
				TOTAL	163161,872
				TAXA DE ACESSORIA	11.925,42
				TOTAL	175.287,29
				Lucratividade e impostos	29535,96904
				PREÇO TOTAL DE VENDA	194.823,28

Fonte: Autora, (2021).

Levando em consideração que o valor inclui entrega e montagem, o preço final estipulado pelos autores, para a mesma estrutura em pré-moldado equivale a 204.023,20 mil no mercado dos pré-moldados.

### 4.3 Quanto a comparação de custo e benefícios

Subtraindo o tempo de noventa dias da estrutura pré-moldada, a estrutura moldada no local, leva mais de 50 dias para a sua execução. Com estes dados é possível calcular o custo de gestão da obra local durante este período e obter o custo incorrido pelo período extra de obra. Como se observa na tabela 04.

**TABELA 4**

FCI.818.01 - CUSTOS DE COMPOSIÇÕES ANALÍTICO							
EMISSÃO:16/10/2021 00:40:54				DATA DE RT: 15/10/2021			
ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 116,32%(HORA) 71,26%(MÊS)							
ABRANGENCIA: NACIONAL				DATA REFERENCIA TECNICA:			
15/10/2021 LOCALIDADE : BELEM				DATA DE PREÇO			
REFERÊNCIA DE COLETA: MEDIANO							
CODIGO	DESCRICAO DA COMPOSICAO	UNIDADE	CUSTO	PREÇO UNITARIO	MATERIAL	DIA	CUSTO TOTAL
93565	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	16.362,16	16.142,51	219,65	1,7	27815,672
94295	MESTRE DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MES	4.859,64	4.552,60	307,04	1,7	8261,388
						Total	36077,06

Fonte: Autora, (2021).

Dessa forma, durante o período a mais de trabalho a obra poderá possuir um custo 36.077,06 mil como custo indireto, totalizando 193.351,29, para a obra montada in loco. Percebe-se que no final dos dois métodos construtivos não tem uma variação enorme de preço, com uma diferença de 10.671,91, isso porque as lajes com um volume de concreto diferente, já que a montada in loco se utilizou a de concreto armado e a pré-moldada se utilizou a treliçada. E ainda sim o método de construção in loco se tornou mais barato. Mas o que vale é a pergunta: a qualidade é a mesma?

Pois nos pré-moldados, além dos produtos serem muito mais viáveis do ponto de vista técnico, são também uma escolha muito econômica que pode garantir vantagens como rapidez, qualidade e durabilidade. O pré-moldado é um material de construção feito através do concreto em um molde. Ainda na forma, esse concreto vai se solidificar na área controlada para garantir a qualidade da peça. Depois de preparado, é levado ao canteiro de obras para uso. Em comparação com o concreto comum preparado diretamente no canteiro de obras, ele oferece um processo mais rápido, seguro e acessível.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com tudo se conclui que as obras pré-moldadas em relação às montadas in loco, não são necessariamente mais baratas, mas existe uma redução do tempo de execução da obra; economia nos gastos com mão de obra; menor desperdícios de materiais, já que os pré-fabricados de concreto praticamente não produzem resíduos; diminuição do entulho gerado; ganho em qualidade devido à padronização das peças produzidas em ambiente industrial.

As obras montadas in loco se mostraram mais baratas que as pré-moldadas, porém pelo tempo de execução, as pré-moldadas se tornam mais atrativas.

Esse trabalho revelou através de parâmetros e médias a diferença de custo de dois métodos construtivos para a mesma edificação, e poderá servir como demonstrativo para decisões construtivas. Já que um método se destaca pelo tempo e outro pelo custo, cabe ao cliente decidir o que para ele vale mais, tempo ou dinheiro?

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9062; **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118; **Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

CAIADO, A. R. **Contribuição ao Estudo da Rotulagem Ambiental dos Materiais de Construção Civil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo/USP. 2014.

CORDEIRO, F. R. F. S. **Orçamento e controle de custos na construção civil**. 2007. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: Eesc/usp, 2000. 441 p.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2002.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: Pini, 2006.

SAMPAIO, F. M. **Orçamento e custo da construção**. Brasília: Hemus, 1989.

SENDEN, Henry Osório Teixeira. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2015. 55 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

SOUZA et al. **Arquitetura de Terra: Alternativa Sustentável para os Impactos Ambientais Causados pela Construção Civil**. 1998.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Trad. de Marcelo de Araújo Ferreira. FIP: 2003.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: Pré-fabricação, Monumentos, Fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo, 2002.

## APÊNDICES/ANEXOS

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 116,32% (HORA) 71,26% (MÊS)

REFERÊNCIA DE COLETA: MEDIANO - *IN LOCO*

CODIGO DA COMPOSIÇÃO	DESCRICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO	UNIDADE	CUSTO MÃO DE OBRA	CUSTO MATERIAL	CUSTO EQUIPAMENTO	CUSTO OUTROS	CUSTO TOTAL	QUANTIDADE	VALOR A R\$
<b>SAPATAS</b>								TOTAL	8097,916
96556	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	M3	156,48	58,44	3,55	2,58	590,61	7,5	4429,575
96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	M2	91,93	19,58	0,04	1,02	196,88	18,2	3583,216
92794	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,20	11,35	0,00	0,00	11,35	7,5	85,125
95445	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRIBO CONTÍNUO HELICOIDAL. AF_09/2021	KG	0,38	10,43	0,00	0,00	10,43	0	0
<b>PILARES</b>								TOTAL	2273,012
95952	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M3					101,01	109,2	1103,0292
92720	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	19,59	57,36	0,07	0,09	573,81	6,2	3557,622
92794	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO	KG	0,20	11,35	0,00	0,00	11,35	590	6696,5

	LAJES. AF_12/2015								
95445	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRIBO CONTÍNUO HELICOIDAL. AF_09/2021	KG	0,38	43	0,00	0,00	10,43	138,6	1445, 598
VIGAS								TOT AL	6623 1,205
92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	39,3 0	13 0,4 4	0,00	0,22	130,6 6	275,2	3595 7,632
92724	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MAIOR QUE 20 M <sup>2</sup> - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	18,3 3	55 5,1 2	0,07	0,08	555,2 7	23,9	1327 0,953
92793	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	KG	0,37	12, 10	0,00	0,00	12,1	1155, 2	1397 7,92
95445	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRIBO CONTÍNUO HELICOIDAL. AF_09/2021	KG	0,38	10, 43	0,00	0,00	10,43	290	3024, 7
LAJES								TOTA L	60215 ,092
92482	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m2					263,0 9	154,6	4067 3,714
92804	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	0,07	9,8 0	0,00	0,00	9,8	485,6	4758, 88
92800	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM LAJE. AF_12/2015	KG	0,97	10, 65	0,00	0,00	10,65	84,3	897,7 95
92729	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM JERICAS EM ELEVADOR DE CABO EM EDIFICAÇÃO DE ATÉ 16 ANDARES, COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M <sup>2</sup> - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/	m3					595,9 1	23,3	1388 4,703





## CAPÍTULO 5

---

# COMPARATIVA ENTRE SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING E SISTEMA CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO ALIADO A BLOCOS CERÂMICOS

Marcos Antonio Barros Ataide<sup>1</sup>  
Marlyson José Silveira Borges<sup>2</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.5

<sup>1</sup> Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, marcoantoniobarros881@gmail.com  
<sup>2</sup> Centro Universitário da Amazônia-UNAMA. silveira-borges@hotmail.com

## RESUMO

Sabemos que a maior parte das construções no nosso país é feita de uma forma mais artesanal, utilizando ferramentas de trabalho e um grande número de materiais no canteiro de obras, porém com um método mais industrializado como o light steel framing tem-se mais praticidade, pois não precisa de uma vasta mão de obra, o material já vem industrializado. O método construtivo convencional além de utilizar um grande número de material, demanda muito tempo. Já o método construtivo em light steel framing além de ter um benefício em relação a isso por ser industrializado, demanda bem menos tempo do que o convencional, pois é utilizado máquinas na montagem do material, aproveitando mais deste. Segundo Caio Pereira (2019, p. 1), o light steel framing é um sistema construtivo industrializado e altamente racionalizado, e também é formado por estruturas de aço galvanizado. O fechamento da estrutura é feito por placas que podem ser cimentícias, de madeira, drywall, etc. a estrutura é composta por fechamento externo, isolantes termos acústicos, e fechamento interno. Construções em light steel framing não necessitam de água no canteiro de obra, se tornando uma construção a seca. No nosso país um método construtivo bem tradicional são as estruturas em concreto armado aliado a bloco cerâmicos, porém esse é um método que desperdiça muito material, e também leva bastante tempo para a conclusão da obra, causa grande dano ao meio ambiente com os resíduos que são jogados na natureza, esses são um dos motivos que nosso país necessita adotar com mais força o método construtivo em light steel framing. Além disso tudo, para Hass e Martins (2011, p. 9) com a tamanha demanda que temos hoje na construção civil, há uma necessidade muito grande de construir com menos desperdício e menos tempo, pois vivemos em um tempo acelerado, e que tem-se uma grande preocupação com o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Construções; light steel framing; convencional.

## ABSTRACT

We know that most of the constructions in our country are made in a more artisanal way, using work tools, and a large number of material on the construction site, but with a more industrialized method such as light steel framing, there is more practicality, as it does not need a vast workforce, the material is already industrialized. The conventional construction method, in addition to using a large number of material demands a lot of time, now the construction method in light steel framing, in addition to having a benefit in this regard as it is industrialized, it takes much less time than the conventional one, as it is used machines in the assembly of the material, making more use of the material. According to Caio Pereira (2019, p.1),

light steel framing is an industrialized and highly rationalized constructive system, and it is also formed by galvanized steel structures. The closing of the structure is done by plates that can be cement, wood, drywall, etc. the structure is included by external closure, acoustic term insulators, and internal closure. Light steel frame constructions do not reference water at the construction site, becoming a dry construction. In our country, a very traditional construction method is reinforced concrete structures combined with ceramic blocks, but this is a method that wastes a lot of material, and it also takes a long time to complete the work, causing great damage to the environment with the waste that are thrown in nature, these are one of the reasons that our parents need to adopt more forcefully the construction method in light steel structure. In addition to all that, for Hass and Martins (2011, p. 9) with the great demand we have today in civil construction, we have a great need to build with less waste and less time, as we live in an accelerated time, and that has become a great concern for the environment.

**Keywords:** Constructions; light steel framing; conventional.

## 1 INTRODUÇÃO

Na época em que estamos vivendo tudo caminha muito rápido e tudo é observado, a agilidade e entrega de serviços e se aquele trabalho irá poluir ainda mais a natureza, existe hoje uma exigência de adaptação dos serviços muito grande, e na construção civil não é diferente, a industrialização dos serviços e preocupação com meio ambiente é necessária. Nos países onde o método construtivo é industrializado o Light steel framing é largamente utilizado, países como Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Canadá, Japão. Nesses países já se utiliza o sistema há mais de 30 anos, e já vem ganhando espaço no nosso país.

Nosso país tem uma cultura com pouco desenvolvimento, estamos em crescimento tecnológico, porém temos que avançar muito ainda. Se quisermos nos desenvolver da forma que a sociedade está buscando. Vivemos no século da modernidade, e tudo está se adaptando e evoluindo conforme as necessidades atuais.

A construção civil do nosso país vem em constante crescimento e necessitamos de um método construtivo mais evoluído e industrializado, o sistema de construção convencional aliado a blocos de concreto em muito nos ajudou, e ajuda até agora, porém está chegando a vez do método construtivo em Light steel framing ganhar mais espaço.

No momento devemos nos preocupar com os resíduos que poluem nosso meio ambiente e com o avanço do mercado, pensando assim, iremos falar entre os dois métodos construtivos, o convencional aliado a blocos de concreto do nosso país, e o Light steel framing.

## **2 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL EM CONCRETO ARMADO ALIADO A BLOCOS CERÂMICOS**

### **2.1 Aspectos gerais**

Esse é o padrão das grandes construções no Brasil, esse sistema tem como papel isolar e fechar a edificação. O aço e o concreto constituem o que chamamos de concreto armado, na qual esses dois materiais apresentam boa aderência, e também coeficiente de dilatação térmica praticamente igual. A União dos dois não é por acaso, é devido o concreto possuir baixa resistência à tração, sendo função do aço, absorver os esforços, retração e cisalhamento que atuam nos elementos de concreto (Araújo; Rodrigues; Freitas, 2000, p. 90).

Uma característica muito forte do sistema construtivo convencional aliado a blocos de concreto, é que ele é totalmente artesanal, por causa disso ele acaba gerando um grande desperdício de materiais, causando uma demora maior na sua finalização. Esse sistema construtivo necessita de uma mão de obra maior, pela sua produção ser bem lenta, temos muita demanda no país além de problemas habitacionais, portanto, fica difícil suprir tudo isso apenas com tecnologias artesanais. Existe também uma grande quebra de tijolos e rasgos de paredes para receber tubulações e instalações elétricas e hidráulicas, causando muito entulho e gasto de materiais.

Segundo Hass e Martins (2011, p. 13) o motivo principal disso tudo é que todas as etapas da construção são feitas *in loco*, ou seja, no próprio local, tornando a construção do projeto ainda mais demorada, existe muita ineficiência pela falta de mão de obra, o que gera muito desperdício. Construções *in loco* são conhecidas como as construções mais econômicas do país, e com uma quantidade de mão de obra muito grande, porém com o tempo esse método apresenta muitas falhas e falta de eficiência, existe alguns motivos de isso acontecer, um deles é o fato de que a construção é feita de maneira artesanal, e faltar capacitação aos operários, a questão do meio ambiente também pode ser citada, pois sabemos que hoje no mercado necessitamos de métodos construtivos mais racionais e tecnológicos, dificilmente os materiais desse método construtivo tem algum reaproveitamento após sua vida útil, pois sua produção é extremamente nociva ao meio ambiente.

## 2.2 Light steel framing

Light steel framing significa estrutura de aço leve, é um método construtivo de concepção racional, usando perfis de aço galvanizado formados a frio, que são utilizados para construções de painéis estruturais e não estruturais, ele é um sistema industrializado e permite que a construção seja feita a seco e em curto prazo, o light steel framing pode ser denominado como sistema autoportante em aço de construções a seco (CRASSTO, 2005).

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012) o light steel framing é utilizado por três métodos construtivos: o método por painéis; método por construção modular e método stick.

Método por painéis têm algumas vantagens, as principais são: a montagem; o alto controle na produção de cisternas; uma considerável redução da mão de obra e também um grande aumento de precisão das dimensões, pelo fato das condições de montagem na fábrica serem mais propícias, pois elementos como painéis, treliças de telhado, contraventamentos e lajes, terem a possibilidade de serem pré-fabricados fora do canteiro de obra e montados no local.

Já o método por construção modular é basicamente constituído por unidades complementares, que podem ser entregues no local da obra, e essas unidades já são pré-fabricadas, e já vêm com todos os acabamentos internos preparados, como revestimentos, louças sanitárias, instalações hidráulicas e elétricas, bancadas e outras.

Já no método stick ballon os painéis são bem grandes, e vão além de um pavimento, pois a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes.

No método stick platform temos algumas coisas para relatar, os pisos e painéis são constituídos sequencialmente, um pavimento de cada vez, as estruturas dos painéis não são contínuas. Uma função dos montantes é servir de apoio para as vigas de piso, de uma forma que permita que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, assim surgiu o conceito de estrutura alinhada, ou in-line framing.

## 2.2 Fundações

Segundo Terni, Santiago e Pianheri (2008), como o light steel framing é uma estrutura leve as construções podem ser mais simples do que as demais. Nesse caso se tem uma preocupação com tempo de conclusão, mantendo assim a característica desse método. Tempo reduzido de construção, radier e sapatas corridas são desta-

ques nesse método construtivo (OLIVEIRA,2012). O radier é um tipo de fundação superficial, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno, na qual toda superfície se apoia, e as sapatas corridas são um tipo de elementos contínuos que acompanham a linha das paredes nas quais as cargas são transmitidas para a sapata por metro linear.

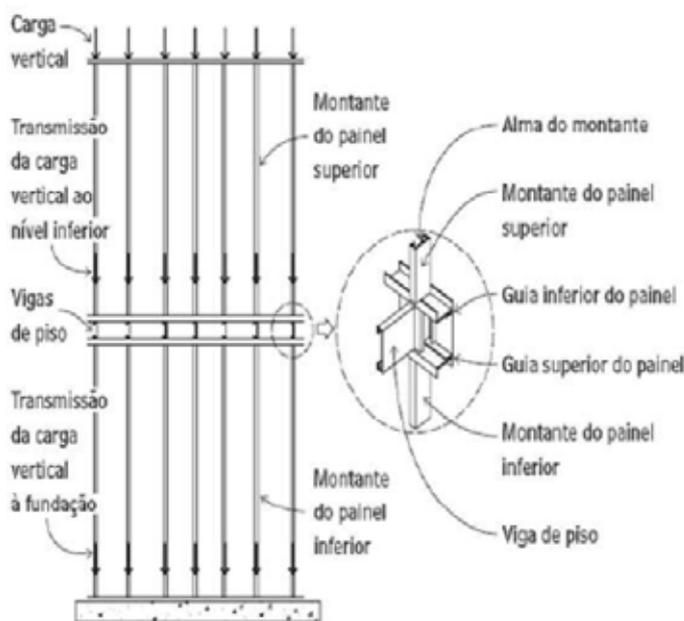
Uma vantagem ainda, é que por utilizar uma estrutura leve, exige-se bem menos da fundação do que as demais construções. Porém, já que a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis da estrutura, tem que ter um alinhamento contínuo na fundação, suportando os painéis em toda a sua extensão. A determinação da fundação vai depender da topografia e tipo de solo da construção, profundidade do solo e sua firmeza, e nível do lençol freático. Com a sondagem de terreno são obtidas essas informações (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

### **2.3 Paineis estruturais**

Os painéis estruturais de uma edificação em light steel framing podem não apenas compor as paredes de uma edificação, como também podem funcionar como o sistema estrutural da mesma. Os painéis podem ser estruturais ou autoportantes podendo se auto sustentar - suportam a carga da estrutura e sustentando as cargas da edificação - e não estruturais, quando fazem apenas o fechamento externo, ou divisória interna, sendo assim sem função estrutural (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), os montantes que fazem parte dos painéis, transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas estando duas seções em coincidência de um nível ao outro, dando origem ao conceito de estrutura alinhada.

**Figura 1** - Transmissão da carga vertical a fundação



**Fonte:** Santiago; Freitas; Crasto (2012)

Santiago, Freitas e Crasto (2012) afirmam que os montantes têm distância entre 400 ou 600 milímetros, se determina isso pelas solicitações que cada perfil será submetido.

Existe uma união entre os montantes em seus extremos inferiores pelas guias, e a função dessa união é fixar os montantes para constituir um quadro estrutural. O comprimento das guias define a largura do painel, e o comprimento dos montantes define a altura do mesmo.

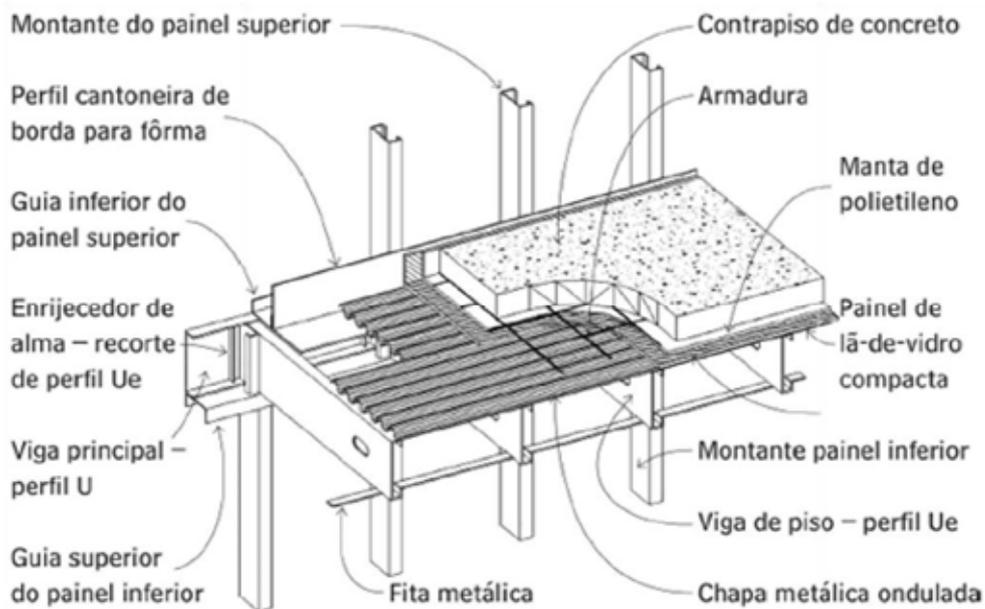
## 2.4 Lajes

Para Rodrigues (2006), o mesmo conceito estrutural do light steel framing que é utilizado para dividir as cargas dos perfis, também se usa para os elementos que suportam as lajes e coberturas, já que seus elementos trabalham bi apoiados e tem como função, sempre que possível, transferir suas cargas continuamente, ou seja, sem elementos de transição até as fundações.

Santiago, Freitas e Castro (2012, p. 54) afirmam que a laje pode ser do tipo seca ou do tipo úmida. Lajes do tipo úmidas tem a característica de utilizar uma chapa metálica e ondulada aparafusada às vigas, é preenchida com concreto que serve como base ao contra piso, já nas lajes do tipo seca são utilizadas placas rígidas OSB, ou cimentícias aparafusadas à estrutura de piso.

A seguir na figura 2, é apresentada uma laje do tipo úmida, que é constituída por uma chapa ondulada de aço aparafusada às vigas de piso, que serve de forma para a camada de concreto que formara a superfície do contra piso, essa camada de concreto simples tem entre 4cm à 6cm. A laje úmida apresenta também uma armadura em tela que é soldada para evitar fissuras que acontecem devido à retração durante a cura do concreto, além disso é posto painéis de lã de vidro compactada sobre a chapa de aço para proporcionar um conforto acústico.

**Figura 2** - Desenho esquemático de laje úmida



Fonte: Santiago; Freitas; Crasto (2009)

Nessa proxima figura será mostrado uma laje tipo seca, quando as placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso.

**Figura 3** - Laje tipo seca



Fonte: disponível em [www.st.eco.br](http://www.st.eco.br)

## 2.5 Coberturas

Para Crasto (2005) a cobertura do telhado é uma parte que tem como função a proteção do edifício de ações chuvosas, porém também tem uma função estética caso o proprietário queira. Existem variações nesses telhados, desde simples, cobertas, planas, até projetos com maior complexidade.

Scharff (1996) ressalta que a solução mais padrão e comum para as edificações residenciais são coberturas que estruturadas por treliças e tesouras, são capazes de cobrir grandes vãos, sem necessidade de apoios intermediários. O autor ressalta ainda que, as treliças de aço estão substituindo gradativamente as treliças de madeiras no Brasil por causa da grande resistência estrutural do aço e da sua leveza, além de ser um material incombustível.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 70) as treliças podem vir pré-fabricadas ou também serem montadas no canteiro de obra, são normalmente constituídas por elementos estruturais que vêm formados por perfis de seção Ue, de modo a formar uma estrutura estável.

## 2.6 Fechamento vertical e acabamento

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No sistema light steel framing os componentes devem ser constituídos por elementos leves, que se compactam com o conceito da estrutura dimensionada para suportar vedações com baixo peso próprio, uma característica do sistema light steel framing é de a obra ser limpa, esta é uma diferença em comparação ao sistema construtivo convencional aliado a blocos de concreto. Por isso a busca desses materiais, de fechamento e acabamento, tem que proporcionar uma obra limpa, com redução das etapas de execução que utilizam argamassa ou eliminação dessas etapas e similares a elas (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Além do mais, os componentes empregados na execução das vedações, têm que atender a alguns critérios estabelecidos pela norma ISO 6241:1984, que assegurem a satisfação quanto as exigências dos usuários, e a habitabilidade da construção. Um dos requisitos fundamentais dessa norma é a segurança estrutural, a segurança ao fogo, a estanqueidade, o conforto térmico e acústico, conforto tátil e visual também tem grande importância para a aplicação de um sistema de fechamento, além da durabilidade e economia.

## 2.6 Ligações e montagem

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 96) existe muitas variedades de ligações e conexões para estruturas de aço e seus componentes. Existe dois tipos de parafusos que são as ligações mais utilizadas no sistema light steel framing, são estes: os parafusos autoatarraxantes e auto perfurantes, que existem em uma serie de tamanhos disponíveis, que vão do nº6 ao nº14, existe um cuidado para manter características similares a estrutura galvanizada e proteger de corrosão, por isso eles são recobertos com proteção em zinco. Segundo os autores, os parafusos autoatarraxantes apresentam dois tipos de ponta: ponta broca e ponta agulha, a ponta a ser utilizada é definida pelo tipo de chapa de aço a ser perfurada. Recomenda-se o parafuso ponta broca para ligações onde os perfis são estruturais e têm conexões de várias camadas de materiais, já em placas menos espessas geralmente usa-se o parafuso ponta agulha.

O tipo da cabeça do parafuso é determinado pelo tipo de material a ser fixado, que pode ser do tipo lentilha, sextavada e panela, para ligações entre perfis de aço, e do tipo trombeta para fixação de placas de fechamento a estrutura de aço.

## 2.7 Montagem

O Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA) mostra que a sequência executiva de uma edificação em light steel framing segue praticamente a mesma de uma edificação em um método convencional, exceto algumas peculiaridades próprias.

Primeiro temos a execução das fundações, elas são executadas da forma convencional e necessitam de uma ótima impermeabilização para que seja evitado problemas futuros, precisam estar bem niveladas e no esquadro.

A montagem dos painéis estruturais vêm em seguida, os painéis são ancorados nas fundações, esse processo começa com a colocação do primeiro painel exterior de um dos cantos da construção, logo após, tem a colocação de um painel perpendicular, depois que é verificado o esquadro, continua a ancoragem dos demais painéis.

Após isso tem a montagem da cobertura e da subcobertura, em telhados estruturados com caibros, a execução da cumeeira é o primeiro passo, e então fixar os caibros na cumeeira com parafusos estruturais. Nos telhados que são estruturados com tesouras, elas podem ser içadas em conjunto e distribuídas sobre os painéis portantes, após esse processo há uma distribuição, onde são fixadas com enrijecedores de alma e com parafusos estruturais. Depois que é montada a estrutura

procede-se a colocação das telhas e instalações das esquadrias, faz-se a execução do fechamento externo, ele é fixado nos painéis com uso de parafusos, vale ressaltar a importância das juntas de dilatação. Também tem instalações elétricas e hidráulicas, isolamento térmico, fechamento interno, da forma que o fechamento externo é fixado com painéis que usam parafusos. Assim acontece com o fechamento interno, e por fim acabamento.

## 2.8 Metodologia

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foi elaborado um estudo detalhado de caráter exploratório envolvendo autores diferentes sobre o tema abordado.

Esse tipo de pesquisa possibilitou no entendimento a respeito de qual método construtivo é mais qualificado no mercado atual, e qual é o mais vantajoso entre os dois abordados.

Para enfatizar o assunto e tornar claro o que buscávamos, foram analisados artigos científicos de referências nacionais e internacionais, pesquisas e dissertações nacionais, disponibilizadas na internet, por meio dos endereços eletrônicos de grandes referências sobre o comparativo entre os métodos construtivos em light steel framing e o método convencional aliado a blocos de concreto.

## 2.9 Considerações finais

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 16), por se tratar de um processo com alto nível de industrialização frente ao sistema construtivo convencional, o sistema em light steel framing é o mais utilizado em países de primeiro mundo, porém, o déficit de mão de obra especializada e capacitada no mercado é uma desvantagem do sistema, além de falhas na elaboração do projeto, decorrentes a sua execução, são as impraticidades do sistema, e isso pode tornar com que seja menos vantajoso e mais oneroso, sendo ideal fazer uma prévia de todas as etapas da construção e também o treinamento da equipe de trabalho. Os autores ressaltam que para se obter o máximo de eficiência e vantagens na utilização do sistema LSF, deve-se ter um preparo maior nos profissionais, e os projetos detalhados e integrados, para minimizar perdas e prazos na construção.

## REFERÊNCIAS

BITENCOURT, K.C.F.M. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e light steel frame: um estudo de caso em residência unifamiliar**, Tubarão, Santa Catarina, 2017.

**DOGONSKI, B.L. Estudo da viabilidade técnica e econômica do método construtivo light steel frame em habitações sociais, 2016 - Universidade regional do noroeste do estado do rio grande do Sul.**

**MASO, J.B. Analise comparativa entre o sistema construtivo light steel framing e alvenaria estrutural, Palhoça, Santa Catarina, 2017.**

## CAPÍTULO 6

---

# ANÁLISE SISMOGRÁFICA DOS DESMONTE DE ROCHAS NO ESTÁDIO GOVERNADOR CARLOS WILSON CAMPOS, VISANDO SUA AFERIÇÃO

*SEISMOGRAPHIC ANALYSIS OF ROCK DISASSEMBLY  
AT THE GOVERNADOR CARLOS WILSON CAMPOS  
STADIUM, AIMING THEIR ASSESSMENT*

Rafael Franco e Silva<sup>1</sup>  
Márcio Luiz S. C. Barros<sup>2</sup>  
Cecília Costa Holanda<sup>3</sup>

DOI: 10.46898/rfb.9786558892670.6

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Minas - DEMINAS/UFPE, rafaelfrancosil@gmail.com, 6539208318010622  
<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Minas - DEMINAS/UFPE, mlbaros@ufpe.br, 9359442968222654  
<sup>3</sup> Departamento de Engenharia de Minas - DEMINAS/UFPE, ceciliaholandar@gmail.com, 3345920598050175

## RESUMO

O Desmonte de rocha é uma atividade essencial para a extração de minérios, mas esta atividade quando se encontra próximo dos centros urbanos gera desconforto a população vizinha ao empreendimento. Todo desmonte de rochas quando executado gera as ondas primárias P, ondas secundárias S, e as ondas de superfície R e L, além da sob pressão atmosférica. Essas ondas que são geradas no momento do desmonte de rochas não devem ultrapassar os valores da tabela 3, além de frequências abaixo de 4 Hz deve ser usada como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6mm (de zero a pico). Bem como os valores de sob pressão atmosférica não devem ultrapassar 134 db, evitando assim danos estruturais e desconforto à comunidade vizinha. Assim vemos que os desmontes de rochas executados na arena PE, foram bem executados e atendendo os parâmetros da NBR 9653/2005, ficando apenas 1 desmonte fora dos padrões desejados já que o mesmo também foi realizado sua medição a apenas 3 m da fonte.

**Palavras-chave:** Desmonte de rochas. Sismografia. Vibração. Arena Pernambuco.

## ABSTRACT

Dismantling of rock is an essential activity for the extraction of ores, but this activity when it is near the urban centers generates discomfort to the population neighboring to the project. Every rock stripping when executed generates the primary waves P, secondary waves S and the surface waves R and L, in addition to the atmospheric pressure. These waves that are generated at the time of rock removal should not exceed the values in table 3, besides frequencies below 4 Hz should be used as a limit of the criterion of peak particle displacement of maximum 0.6 mm (from zero to peak). As well as the values of atmospheric pressure should not exceed 134 db, thus avoiding structural damage and discomfort to the neighboring community. Thus we see that the rock clearings executed in the PE arena were well executed and meeting the parameters of NBR 9653/2005, leaving only 1 dismantling out of the desired standards, since it was also measured only 3m from the source.

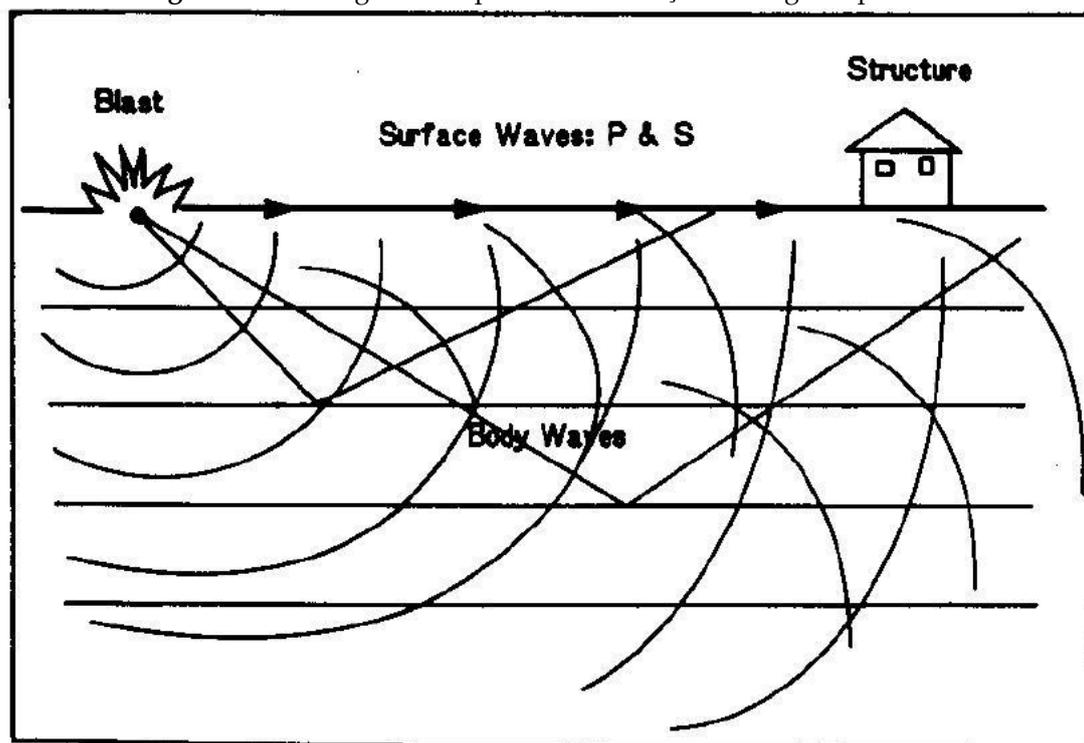
**Keywords:** Dismantling of Rocks. Seismography. Pernambuco Arena. Vibration.

## 1 INTRODUÇÃO

O desmonte de rochas com uso de explosivos produz vibrações no terreno onde está sendo executado o desmonte, estas vibrações são chamadas de ondas, elas se propagam no interior do maciço rochoso e em superfície, podendo causar danos ao meio ambiente ou as edificações que estiverem situadas nas próximas do

local onde foi executado o desmonte de rochas com uso de explosivos. Estas vibrações que são resultado do desmonte de rocha por explosivo são nomeadas de: onda primária (compressão, longitudinal) ondas P; onda secundária (transversal, cisalhamento) ondas S; e outro tipo de onda que se propaga na superfície que são chamadas de ondas Rayleigh (ondas R); bem como ondas Love (ondas L), pode ver a propagação destas ondas na Figura 1. (BARROS, 2018)

Figura 1 - Ondas geradas a partir de detonação de cargas explosivas.



Fonte: (Barros et al. 1990)

Desta forma, temos que constantemente monitorar tais efeitos, do desmonte de rochas com uso de explosivo através de medições sismográficas, para prevenir danos ao meio ambiente e demais edificações que por ventura estejam próximas da área onde estão ocorrendo o desmonte de rochas com uso de explosivo, e assim proporcionar maior segurança às operações de desmonte de rochas. Entrando devemos observar as normas vigentes. (BARROS, 2018)

De forma a evitar problemas no entorno de qualquer empreendimento, que utilize técnicas de desmonte de rochas com explosivos, se faz necessário monitorar e avaliar esses desmontes. Neste trabalho vemos como isso pode ser realizado de forma prática.

No item a seguir vemos toda a teoria que vai embasar esta análise, no item 3 a metodologia utilizada para avaliar esses desmontes, no item 4 vemos os resultados

e possíveis avaliações do mesmo e por fim o que concluímos diante destes resultados.

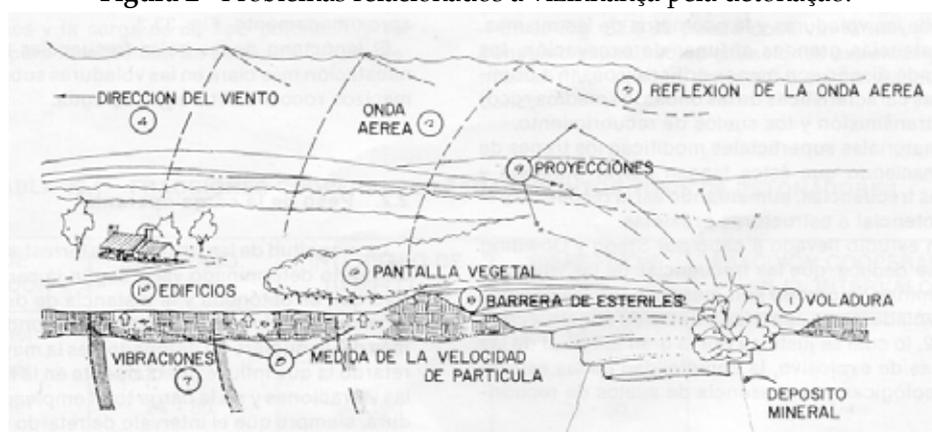
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O monitoramento sismográfico é de suma importância para o controle ambiental do desmonte de rocha por explosivo, pois é através dele que averiguamos a carga máxima por espera, se os retardos e os métodos de iniciação estão sendo bem executados com relação à norma citada. (BRITANITE, 2010)

O plano de fogo deve ser executado de modo a minimizar ao máximo os danos ambientais no local de trabalho, com isso se faz necessário alguns cuidados na perfuração de rochas, pois a mesma sendo bem executada minimiza os danos como ultra lançamentos, ré pé na bancada, vibração excessivas, overbrake e underbrake, ejeção do tampão, poeira, uma pilha mal fragmentada e próxima da bancada, dificultando o processo seguinte de carregamento do material desmontado para o britador. Se nossa pilha estiver mal fragmentada teremos de usar fogo secundário ou rompedores hidráulicos, para assim particionar os blocos fora de especificação. (BARROS, 2018)

Depois de tomar todos os cuidados para minimizar o impacto ambiental, quando formos executar o nosso desmonte de rocha por explosivo temos que observar também as condições atmosféricas, pois se estivermos em um momento de inversão térmica nosso sopro de ar como mostrado na figura 2 será mais acentuado, podendo fazer com que o resultado do nosso sismograma seja muito elevado e desta forma ultrapassando o valor permitido pela norma. (JIMENO et. al., 1994)

**Figura 2** - Problemas relacionados à vizinhança pela detonação.



Fonte: (Jimeno et al., 1994).

Quando um explosivo é detonado em um furo, uma onda de choque é gerada na rocha adjacente. À medida que esta onda de choque se move a partir do furo,

gera ondas sísmicas pelo movimento de partículas. A velocidade das partículas é medida para determinar a magnitude da vibração da detonação. A máxima vibração da partícula pode ser estimada usando a equação da figura 3. (JIMENO et. al., 1994)

**Figura 3** - Equação para prevê a velocidade máxima de partícula do desmorte.

$$V = K \left( \frac{D}{Q} \right)^B$$

V = Máxima velocidade da partícula (mm/s)  
 K = Coeficiente numérico relativo à rocha e ao local  
 D = Distância da carga (m)  
 Q = Carga instantânea máxima (kg)  
 B = Constante relativa à rocha e ao local de valor aproximado (-1,6)

Fonte: (BRITANITE, 2010)

Fatores do estado de confinamento K típico:

Baixo confinamento	500
Confinamento normal	1.140
Confinamento alto	5.000

Na tabela 1, vemos o comparativo dos valores das velocidades de ondas Vp e seus possíveis danos a estruturas, pois de acordo com estas velocidades é que podemos indicar se o desmorte com explosivos está sendo bem executado ou não.

**Tabela 1** - Velocidade de partículas X danos causados, no desmorte de rochas com explosivos.

Vp (mm/s)	Características das oscilações
2	Notadas só por instrumentos
2 a 4	Imperceptíveis
4 a 8	Perceptíveis por pessoas que saibam da detonação
8 a 15	Tremor das Vidraças
15 a 30	Danos pequenos (queda de reboco)
30 a 60	Fendas em rebocos
60 a 120	Fendas, queda de reboco e rachadura nas paredes.
120 a 240	Danos consideráveis (fendas em pilares e paredes)
240 a 480	Danos destrutivos (grandes fendas nas paredes, esfoliação a alvenaria, queda de paredes).
>= 480	Danos irreparáveis / colapso.

Fonte: (BRITANITE, 2010)

Impacto de ar é uma onda de choque transportada pelo ar que resulta da detonação de explosivos. A severidade de um impacto de ar depende da carga do explosivo, da distância e, especialmente, do confinamento dos explosivos, como podemos observar na figura 4 a seguir. (BRITANITE, 2010)

**Figura 4** - Equação capaz de prever a pressão atmosférica do desmonte de rochas.

$$P = K \left( \frac{D}{Q} \right)^B$$

P = Pressão (kPa)  
 K = Estado de confinamento  
 D = Distância da carga (m)  
 Q = Carga instantânea máxima (kg)  
 B = Constante relativa à rocha e ao local de valor aproximado (-1,2)

Fatores do estado de confinamento (K) típicos

Não confinado	185
Totalmente confinado	3,3

Fonte: (BRITANITE, 2010)

Na tabela 2 em questão, vamos apresentar os possíveis danos causados pela sobre pressão atmosférica, servindo de base para avaliar a qualidade do desmonte de rochas que está sendo realizado pela empresa.

**Tabela 2** - Pressão acústica X danos causados, por ruídos diversos.

	Db	Pa.	
Detonação / explosão	180	21.000	Abalos estruturais
Show de Rock	160	2.100	Quebra de todos os vidros
Sirene de ataque aéreo	140	210	Algumas quebras de vidros
<b>Limite</b>	<b>134</b>	<b>100</b>	Nível de ausência de danos
Decolagem de avião	120	21	Início do desconforto (vidros trepidam)
Britadeira trabalhando	100	2,1	Limite do sopro de ar da detonação
Caminhão	80	0,21	
Trânsito	60	0,021	
Conversação normal	40	0,0021	
Murmúrio	20	0,00032	
Sons da natureza	0	0,00002	Limite de audição
		1	

Fonte: (BRITANITE, 2010)

### 3 METODOLOGIA

Foram analisados alguns sismogramas e planos de fogo executados, observando as operações de desmonte de rocha por explosivo, o método de iniciação, o tipo de explosivo utilizado, observando em conjunto se está de acordo com a bibliografia pesquisada.

Para aferirmos os valores de sob pressão atmosférica e a vibração do terreno, foi instalado o sismógrafo nas dependências do estádio com distâncias regular ao local onde será feito o desmonte de rocha confinado, e fora das dependências do estádio em um mesmo local para poder se manter o padrão de aferição.

As medições foram feitas condicionadas à programação das operações de desmonte de rochas da empresa responsável. O trabalho de campo foi desenvolvido segundo a sequência:

1. Observação da área onde será executado o desmonte de rochas, observando se o plano de fogo, amarração e carga explosiva estavam sendo seguidos segundo o plano teórico.
2. Fixação e preparação da estação sismográfica: nesta etapa foi selecionado o mesmo local usado em medições anteriores para melhor precisão, bem como uniformizar resposta da estação sismográfica;
3. Medições: O registro dos dados foi realizado com um sismógrafo de engenharia da marca GeoSonics Inc. MicroSeis II SN 7025, no modo Tiro "Trigger". Os dados obtidos foram de velocidade de partículas ( $V_p$  em mm/s), frequência de vibração (Hz) e nível de ruído do som (dB).

Os equipamentos utilizados em nosso trabalho de sismografias são sismógrafos geosonics, compostos pelo sismógrafo, um geofone para se medir as vibrações e o microfone para medir o sopro de ar que será gerado pela detonação. Também utilizamos como acessórios uma câmera fotográfica para registrar o local onde está sendo feita a sismografia, o local onde será executado o desmonte de rochas por explosivo e uma edificação próxima do local da sismografia, como observado na figura 5 e um GPS de mão para que possamos saber a distância exata de onde está sendo executado o desmonte de rochas por explosivo e o local da medição sismográfica.

**Figura 5** - Sismógrafo instalado para executar a medição na comunidade vizinha, onde existem reclamações dos desmonte de rochas.



Os critérios de avaliação e os limites de segurança que estão presentes na NBR 9653 que consta no item 4 desta norma iniciaram falando do item 4.1 onde fala que os ultras lançamentos não devem sair da área da mina. Com relação à pressão acús-

tica, a norma diz no item 4.2 que a mesma não poderá ser maior do que 100 Pa, que corresponde a um nível de pressão acústica de 134 dBL pico. Quando se trata das vibrações a norma é bem clara no item 4.3 com relação à velocidade que será medida das partículas, como pode ser observada na tabela 2.

**Tabela 3** – Limites de velocidade de vibração de partículas de pico por faixas de frequência, para evitar danos a estruturas.

Faixa de frequência	Limite de Velocidade De vibração das partículas de pico
4 a 15 Hz	15 mm/s aumentando linearmente até 20 mm/s
15 a 40 Hz	Maior que 20 mm/s e aumentando linearmente até 50 mm/s
Maior de 40 Hz	50 mm/s

Fonte: ABNT NBR 9653/2005

*Nota - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser usado como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico).*

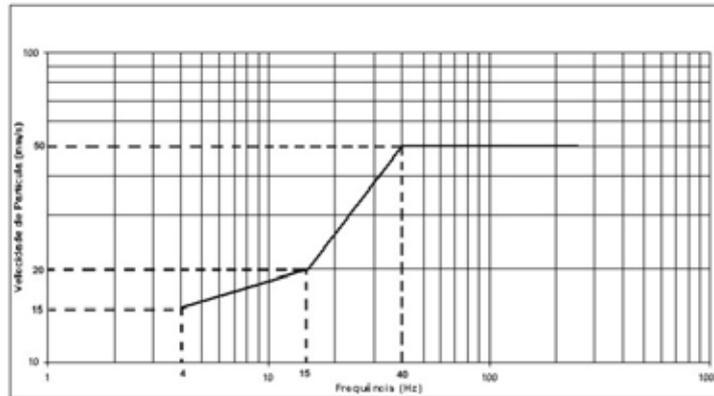
A norma também diz como deve ser os procedimentos de averiguação dos sismógrafos, a forma como dispor o equipamento (os sensores e sismógrafos), quais devem ser as características dos equipamentos a serem utilizados, os relatórios de sismografia, transdutores de velocidade, as recomendações ambientais e como se deve atuar em situações excepcionais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

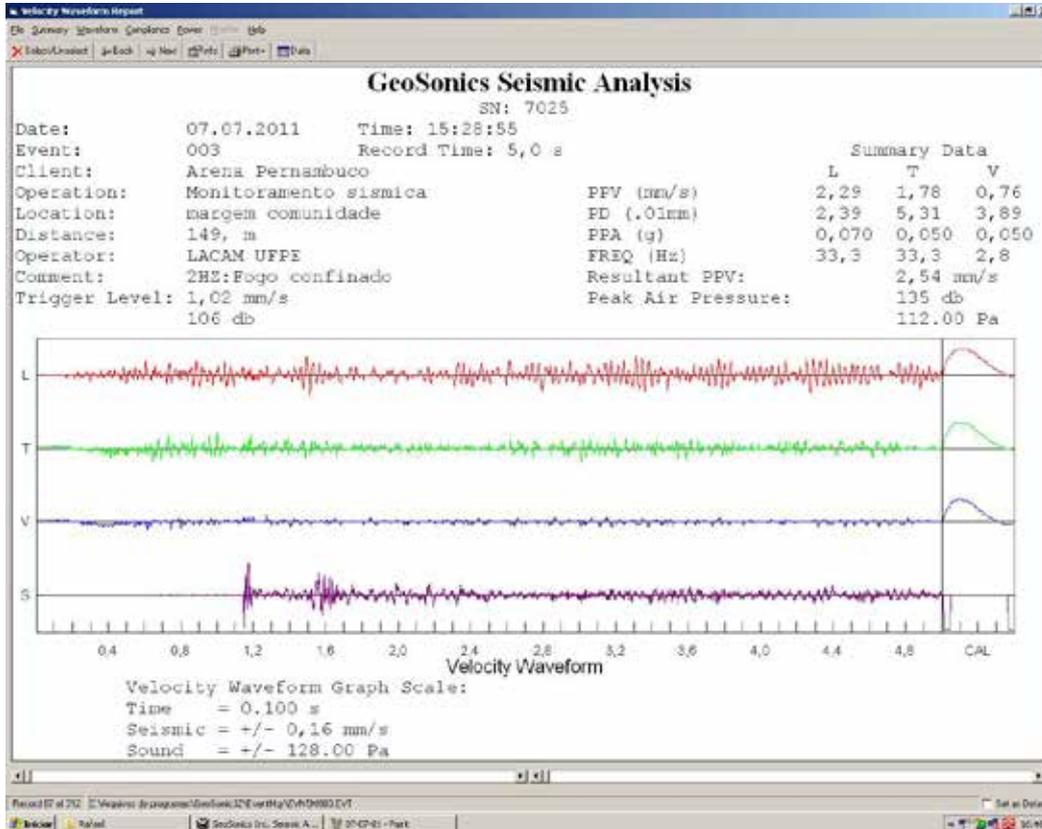
Diante de tudo que foi observado, vamos analisar alguns sismogramas de modo a verificar a execução dos desmontes de rochas por explosivos. Este tipo de desmonte de rocha por explosivo no qual faremos a análise é um desmonte confinado sendo sempre amarrado com cordel detonante, desta forma obteremos alguns parâmetros no qual não faremos comparações e sim implicações onde poderia ser melhorado em sua metodologia adotada.

Na figura 8 temos o modelo de plano de fogo utilizado pela empresa para execução deste trabalho, bem como podemos observar os sismogramas das figuras 7, 9, 10 e 11, e fazermos o comparativo dos valores obtidos de frequência e velocidade máxima no gráfico 1.

**Gráfico 1** - Valores de frequência e a velocidade máxima da partícula. Fonte: ABNT NBR 9653/2005



**Figura 7** – Medição sismográfica realizada a uma distância de 149 m do desmorte de rochas.



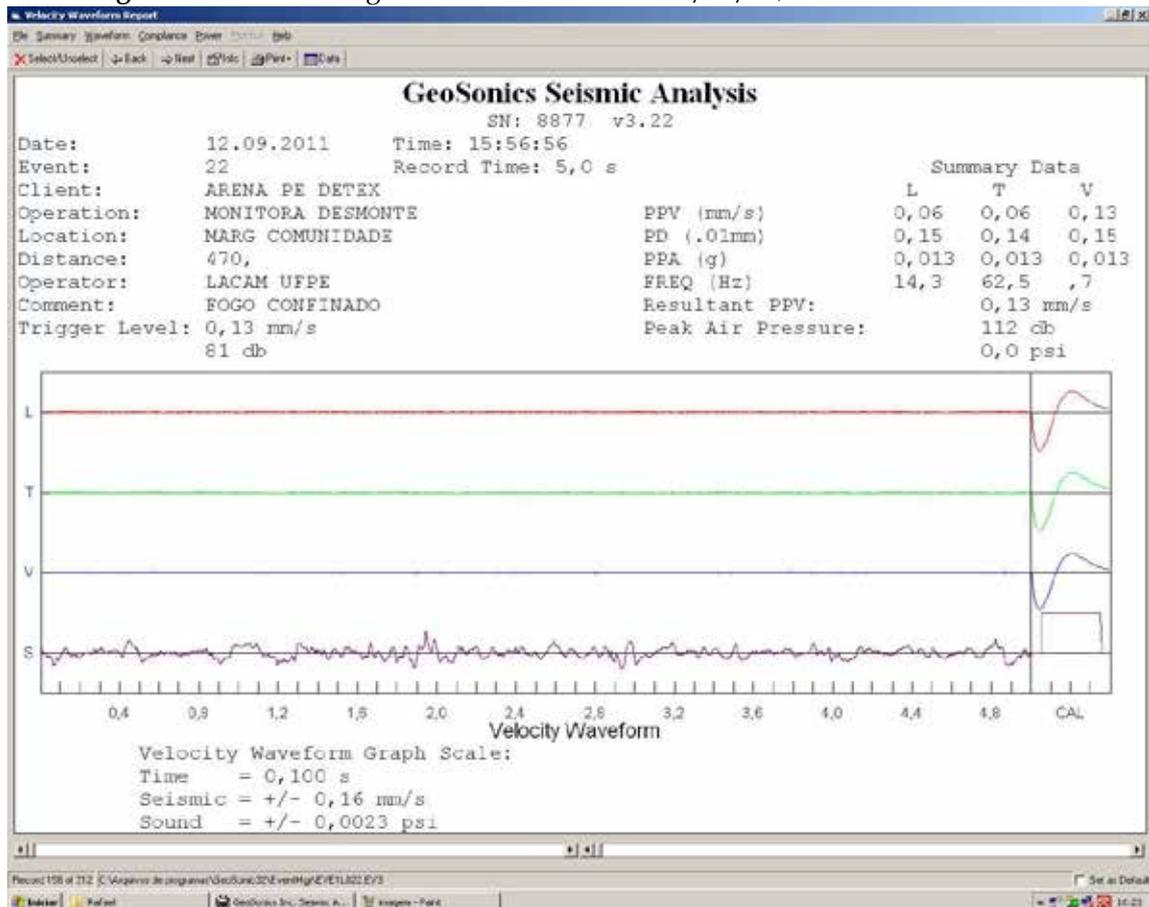
No sismograma do dia 07/07/2011, onde os dados foram capturados a 149 m do ponto onde se realizou o desmorte de rochas, podemos observar que o plano de fogo foi bem elaborado já que os retardos trabalharam de forma eficiente não prejudicando o desmorte da rocha. Com uma frequência para as partículas L e T de 33,3 e V de 2,8, observamos no gráfico 1 que as velocidades das respectivas partículas não chegaram perto do seu limite, logo podemos afirmar que neste desmorte analisado não causaram danos às estruturas vizinhas.

Já no que diz respeito a sob pressão atmosférica a mesma atingiu o valor de 135 db ultrapassando o limite de 134 db, quando isso acontece já começa a ter problemas de quebra de vidros, esse valor acima do limite permitido se deve a inversão térmica que ocorria no momento deste desmonte, corroborando com a literatura, assim como a utilização de cordel detonante também contribuiu para esse valor.

**Figura 8** – Modelo de plano de fogo utilizado pela empresa no desmonte de rochas.

DETEX		MEMORIAL DESCRITIVO RELATORIO DE PLANO DE FOGO		Nº DO DOCUMENTO	
				34	
				FOLHA	
				5 de 6	
CLIENTE	CONTRATO	OBRA			
CNO		ARENA PERNAMBUCO			
Localização do fogo	OBRA ARENA PERNAMBUCO				
Altura da Rocha:	1,13 m				
Tipo de Rocha:	GRANÍTICA				
N.º de furos de 3":	221,00 Unid				
Nº de filas:	11 Unid				
Ângulo da Furação	15,00 graus				
Profundidade média:	1,13 m	sub furação:	0,50	m	
Carga de fundo (tipo):	Gelatinosa				
Quantidade:	1,256	KG	Média		
Altura da carga em metros:	0,510	m	Média		
Espaçamento :	2,00 m				
Afastamento:	1,50 m				
Carga Total:	277,63 kg				
Razão de carga (Kg/m <sup>3</sup> )	0,370				
Tampão:	Argiloso				
Comprimento (m):	1,12 m				
carga por espera:	8,16 kg				
Volume de Rocha:	750,60 m3				

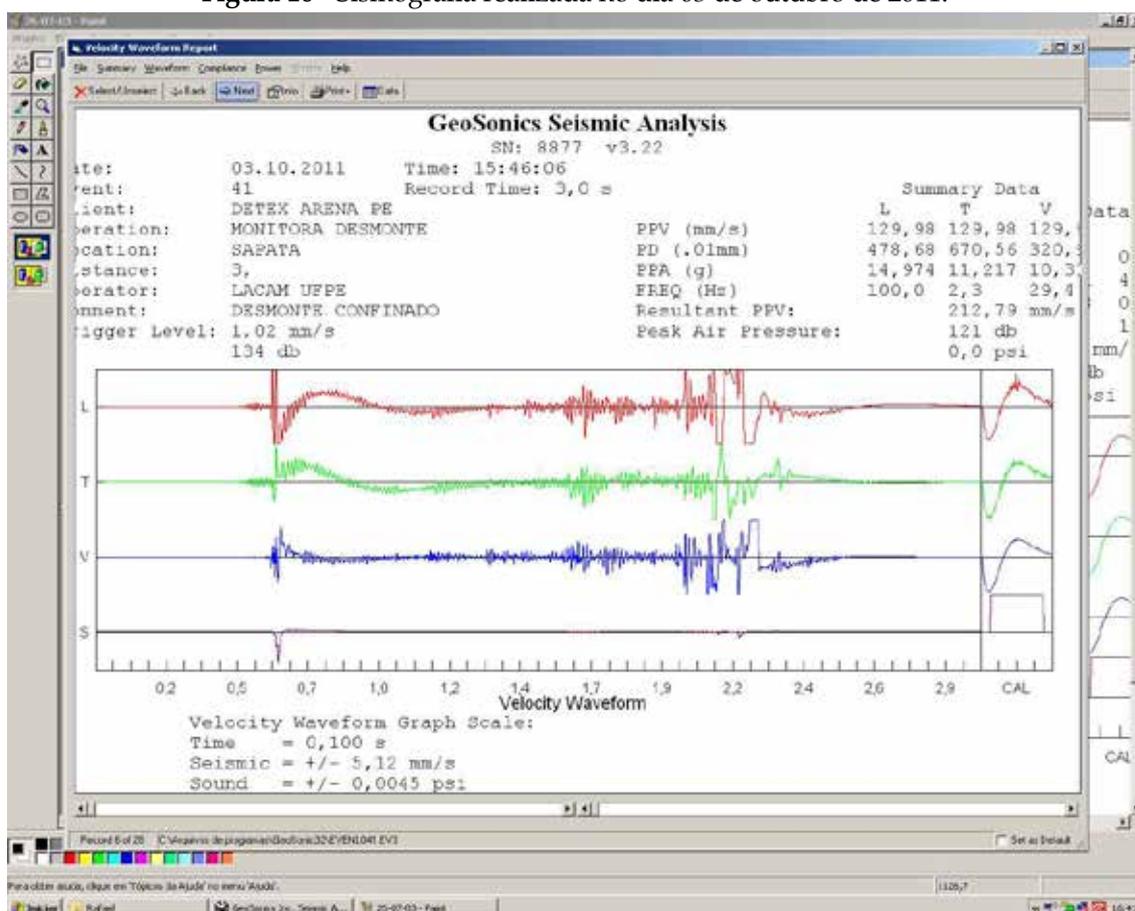
Figura 9 - Dados sismográficos coletados no dia 12/09/11, a uma distância de 470.



Nesta análise do dia 12/09/2011, onde os dados foram capturados a 470m do ponto onde se realizou o desmonte de rochas, podemos observar que o plano de fogo foi bem elaborado já que os retardos trabalharam de forma eficiente não prejudicando o desmonte da rocha. Com uma frequência para as partículas L de 14,3, T de 62,5 e V de 0,7, observamos no gráfico 1 que as velocidades das respectivas partículas não chegaram perto do seu limite, logo podemos afirmar que neste desmonte analisado não causaram danos às estruturas vizinhas.

Já no que diz respeito a sob pressão atmosférica a mesma atingiu o valor de 112 db, onde a mesma se mantém abaixo do limite de 134 db, não ocasionando nem um dano a vizinhança local, apesar de ser utilizado cordel detonante neste desmonte observamos que o mesmo não interferiu na qualidade do mesmo, já que todos os parâmetros se mantiveram dentro do exigido por norma.

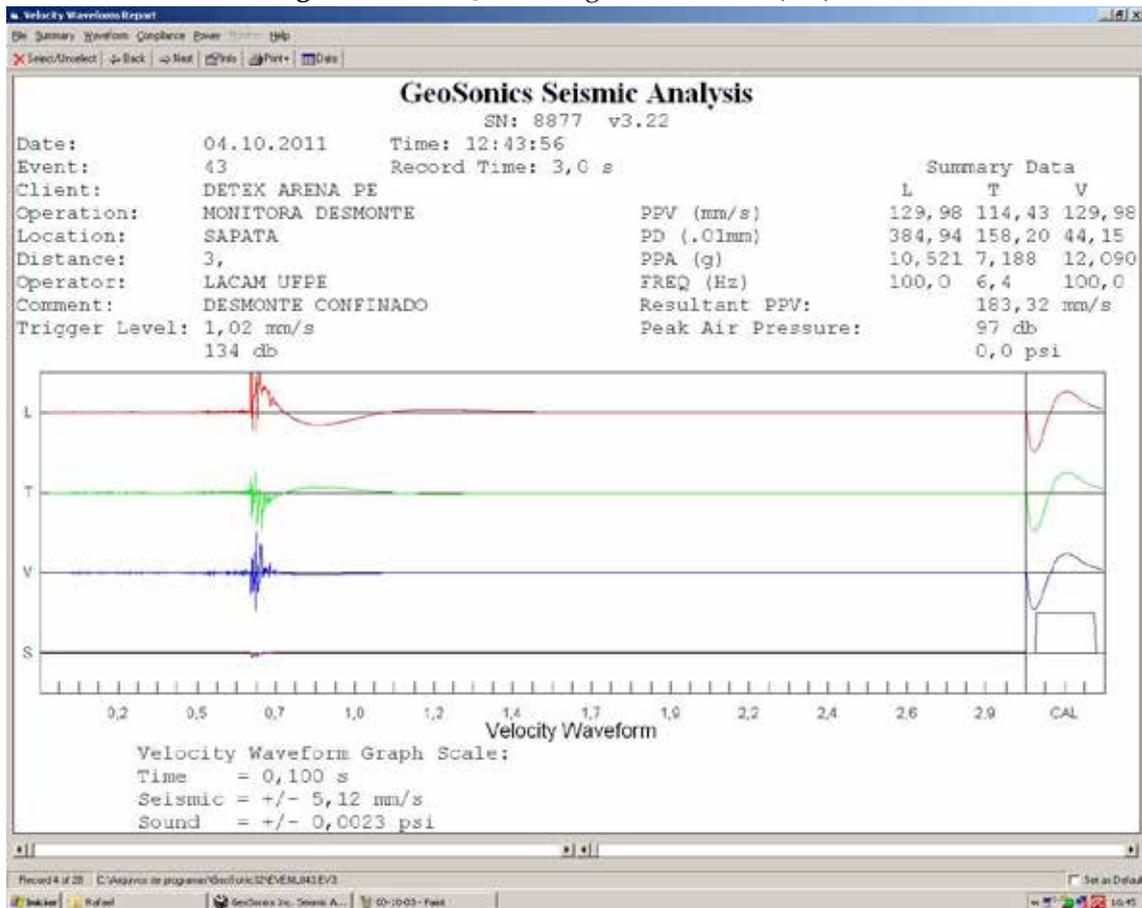
Figura 10 - Sismografia realizada no dia 03 de outubro de 2011.



Nesta análise do dia 03/10/2011, onde os dados foram capturados a 3m do ponto onde se realizou o desmonte de rochas, neste caso observamos que os retardos não foram bem utilizados podendo ter prejudicado a eficiência do desmonte da rocha. Com uma frequência para as partículas L de 100,0, T de 2,3 e V de 29,4, observamos no gráfico 1 vemos que as velocidades das respectivas partículas ultrapassaram os valores aceitáveis, podendo o mesmo ter prejudicado as estruturas vizinhas ao local do desmonte.

Já no que diz respeito a sob pressão atmosférica a mesma atingiu o valor de 121 db, onde a mesma se mantém abaixo do limite de 134 db, não ocasionando nem um dano a vizinhança local, apesar de ser utilizado cordel detonante neste desmonte observamos que o mesmo não interferiu na qualidade do mesmo, já que todos os parâmetros se mantiveram dentro do exigido por norma.

Figura 11 - Medição sismográfica do dia 04/10/11.



Nesta análise do dia 04/10/2011, onde os dados foram capturados a 3m do ponto onde se realizou o desmonte de rochas, neste caso observamos que os retardos não foram bem utilizados podendo ter prejudicado a eficiência do desmonte da rocha. Com uma frequência para as partículas L de 100,0, T de 6,4 e V de 100,0, observamos no gráfico 1 vemos que as velocidades das respectivas partículas ultrapassaram os valores aceitáveis, podendo o mesmo ter prejudicado as estruturas vizinhas ao local do desmonte.

Já no que diz respeito a sob pressão atmosférica a mesma atingiu o valor de 97 db, onde a mesma se mantém abaixo do limite de 134 db, não ocasionando nem um dano a vizinhança local, apesar de ser utilizado cordel detonante neste desmonte observamos que o mesmo não interferiu na qualidade do mesmo, já que todos os parâmetros se mantiveram dentro do exigido por norma.

#### 4.1 Explosivos, acessórios e sistemas de iniciação a serem empregados

Diante dos dados obtidos, observamos que a escolha dos explosivos para a execução do desmonte de rochas confinado está de acordo com o que se pede nas normas, assim como a utilização de cordel detonante e seus respectivos retardos,

ficando prejudicado em alguns momentos o tempo de retardo entre furos ou linhas, fazendo com o fogo não acontecesse de forma contínua, mas a carga máxima por espera de explosivo foi adequada na maioria das vezes, reduzindo os efeitos da vibração e não afetando as edificações nas proximidades.

Com a utilização do cordel faz com que o valor medido de sopro de ar tenha um valor maior no sismograma, mas se o mesmo fosse substituído por tubo de choque (sistema não elétrico) estes valores seriam menores. O tipo de explosivo e a forma que ele é iniciado também vão afetar os valores obtidos de frequência e velocidade de partícula. Se os retardos utilizados são utilizados de modo errado, pode afetar todo o trabalho causando sérios danos às estruturas próximas e problemas judiciais para a empresa que está executando tal trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a coleta de dados e sua análise, podemos dizer que em sua maioria o empreendimento não está causando impactos nas edificações do seu entorno, já que os desmontes obedecem às normas estabelecidas pela ABNT. No caso do desmonte no entorno da sapata, que a medição foi realizada com muita proximidade, o valor da medição desrespeitou a norma, mas logo este problema foi corrigido. Desta forma as edificações não foram afetadas, se as mesmas estão de acordo com as normas da construção civil. Este trabalho de sismografia pode isentar o empreendimento de quaisquer problemas futuro com a comunidade, mas como também pode demonstrar sua culpa em tal ocorrido, então a empresa que está solicitando este trabalho deve observar os sismogramas e executar melhorias em seu desmonte de rocha por explosivo, para evitar que ocorram danos nas estruturas de seu entorno.

Apesar de não haver reclamações da comunidade vizinha ao empreendimento, o mesmo deve sempre observar as boas práticas de trabalho e incentivar a reciclagem de seus trabalhadores, e quando necessário busca consultores externos para se manter competitiva e sempre atendendo as normas e legislação.

Os órgãos regulamentadores sempre devem observar que onde tem um empreendimento mineiro, deve-se evitar a liberação das áreas circunvizinhas para a construção de outros empreendimentos. Evitando problemas futuros, com relação ao ultra lançamento, tremores e sob pressão atmosférica.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

---

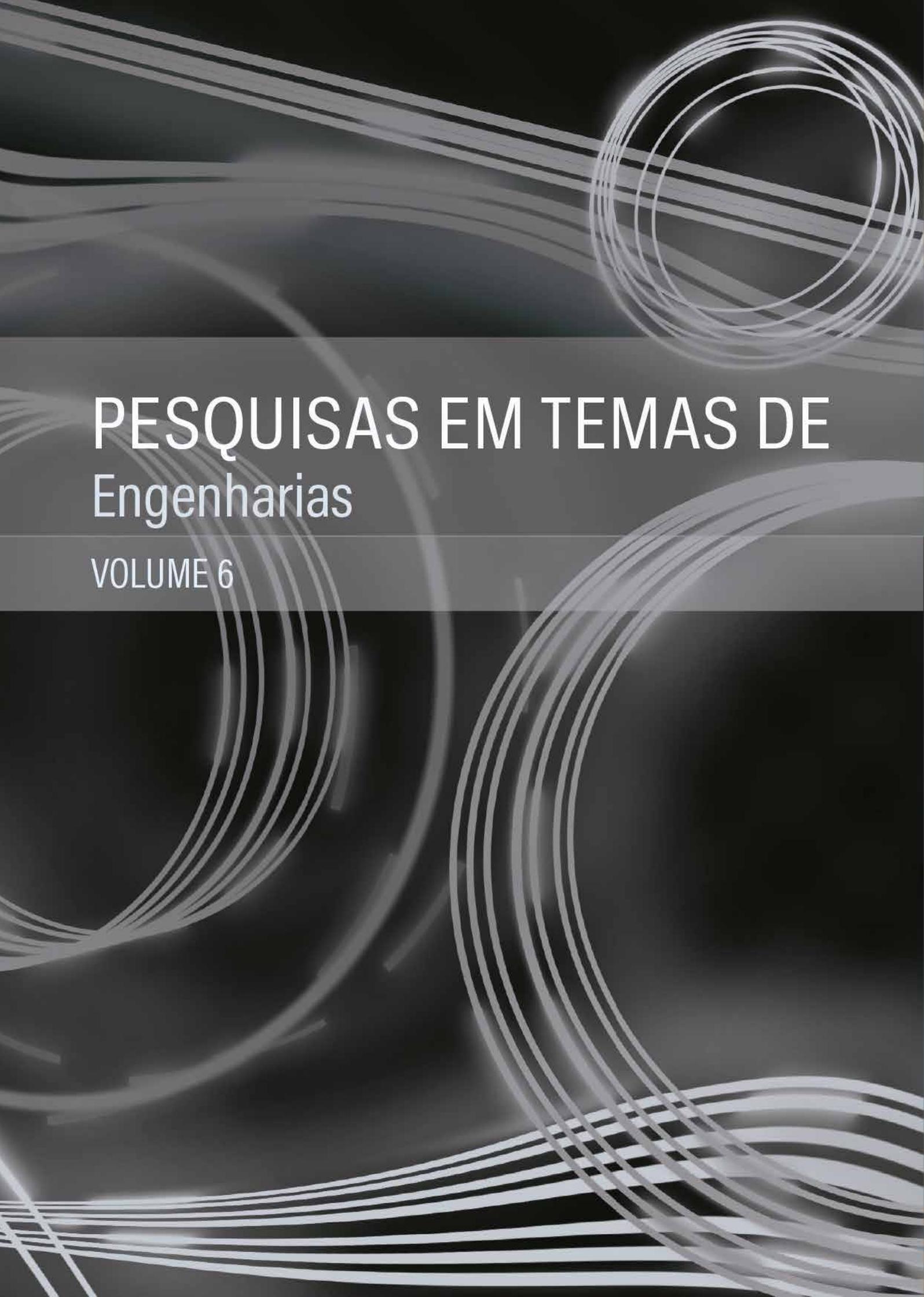
BARROS, M. L. S. C., FREITAS, E. J. G., FERRAZ, J. A. S., LUSTOSA, F. Uma contribuição ao controle de vibração nas pedreiras. *In*: Seminário Regional de Engenharia Civil. 1990, Recife. pp. 555-566.

BARROS, M. L. S. C. Modelo de Aferição da Velocidade de Partículas Através de Parâmetros Energéticos. Mauritius, Novas Edições Acadêmicas, 2018.

BRITANITE. Guia de utilização de produtos. Quatro Barras, 2010. pp. 94

JIMENO, C. L.; JIMENO, E. L.; FRANCISCO, J. A. C. Manual de Perforacion y Voladura de Rocas. 2. ed. Madrid, Instituto Geologico y Minero de España, 199





PESQUISAS EM TEMAS DE  
Engenharias

VOLUME 6

# PESQUISAS EM TEMAS DE Engenharias

VOLUME 6

RFB Editora  
Home Page: [www.rfbeditora.com](http://www.rfbeditora.com)  
Email: [adm@rfbeditora.com](mailto:adm@rfbeditora.com)  
WhatsApp: 91 98885-7730  
CNPJ: 39.242.488/0001-07  
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

