

REVISTA ELETRÔNICA

# ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO

ISSN 2595-5616

VOLUME 12 • Nº 1 • JANEIRO 2024

Engenharia Civil

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas – FaCET

**UNIG**  
UNIVERSIDADE IGUAÇU

## **Editorial**

A Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação é a concretização de um anseio de uma equipe, que se iniciou nos primeiros resultados das pesquisas do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade do curso de Engenharia Civil. Neste anseio, buscamos continuamente realizar o compartilhamento das iniciativas científicas realizadas com o meio acadêmico e a sociedade, assim como, fortalecer o incentivo ao desenvolvimento de estudos interdisciplinares. Esta edição, contempla os esforços de Grupos de Pesquisa para a difusão do conhecimento de pesquisas científicas direcionadas para desenvolvimento científico e regional.

A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre Engenharia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações com meio ambiente e soluções inovadoras, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas em seu escopo. A Revista visa se tornar um facilitador para os trabalhos científicos das áreas de Engenharia e afins servindo a todos que pretendam aumentar a produção científica com a chancela da UNIG sendo este o papel das Instituições de Ensino, apoiar e colocar à disposição de docentes, discentes e da sociedade as condições para a divulgação das pesquisas e dos trabalhos de importância para sociedade.

**Gisele Dornelles Pires**

Editora chefe

**Fabricio Polifke da Silva**

Editor associado

**ASSOCIAÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DE NOVA IGUAÇU UNIVERSIDADE IGUAÇU –UNIG  
DIRIGENTES- CAMPUS NOVA IGUAÇU**

---

Fábio Raunheitti

**Chanceler “In memoriam “**

Prof. Marcelo Gomes da Rosa

**Reitor**

Paulo César Ribeiro

**Pró-Reitor Acadêmico**

Paula Guidone Pereira Sobreira

**Coordenadora de Extensão e Assuntos Comunitários**

Adalgiza Mafra Moreno

**Coordenadora de Pesquisa**

Claudia Antunes Ruas

**Coordenadora do Núcleo de Educação a Distância**

Nathalia de Oliveira Jorge

**Secretária Geral**

**Universidade Iguaçu**

Av. Abílio Augusto Távora, 2134–CEP 26.260-000

Nova Iguaçu–RJ–Brasil–Tel.:27654051

[www.unig.br](http://www.unig.br)

## **CORPO EDITORIAL**

### **Editora-Chefe**

Gisele Dornelles Pires (UNIG)

### **Editor Associado**

Fabricio Polifke da Silva (UFRJ)

### **Conselho Editorial**

Alexandre Luis Belchior dos Santos (FAU/FISS)

Carlos Eduardo Moreira da Silva (UNIG)

Carlos Rogerio Domingos Araújo Silveira (UNIG)

Claudia Daza Andrade (UFRRJ)

Giana Laport Alves de Souza (UNIG)

Juliana Hermsdorff Vellozo de Freitas (ALERTA RIO)

Ligia Maria Nascimento De Araújo (ANA)

Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva (UENF)

Paula Fernanda Chaves Soares (UFRRJ)

Thábata Teixeira Brito (INCAPER)

Wanderson Luiz Silva (CEPEL)

Wellington Pereira (UNIG)



REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO / Universidade Iguazu, v.12, n.1 (janeiro 2024).

Nova Iguazu – Rio de Janeiro

ISSN 2595-5616

Semestral

## FOCO E ESCOPO

A REVISTA ENGENHARIA, MEIO AMBIENTE & INOVAÇÃO é o periódico oficial da Universidade Iguazu (UNIG), uma publicação semestral gratuita. A Revista esforça-se para publicar estudos de alto padrão científico e que tenham o objetivo de divulgar as produções nas áreas da *Engenharia* com ênfase *Meio ambiente e inovação, Recursos Hídricos, Engenharia, Meteorologia, Sensoriamento Remoto e Defesa Civil*. A revista aborda temáticas concernentes a um abrangente enfoque sobre as inter-relações entre Engenharia, tecnologia e sociedade, seja pela interação, seja pelas relações de trabalho e de educação, seja por sua relação com o processo de desenvolvimento, a partir de resultados de pesquisas e reflexões teóricas e empíricas sobre as áreas temáticas descritas acima.

<b><u>ANÁLISE ESTRUTURAL EM VIGAS E PILARES NA SEDE DA ASSOCIAÇÃO DE MORADORES, CIDADE DOS MENINOS, DUQUE DE CAXIAS –RJ.</u></b>	<b>6</b>
<i>Junior D. F.S.<sup>1</sup> Assis R. P. <sup>2</sup>; Soares P. F. C. <sup>2</sup> Pires G. D. <sup>2</sup></i>	
<b><u>METODOLOGIA DE ANÁLISE DA LOGÍSTICA REVERSA NA COLETA DE RESÍDUO ORGÂNICO: ATENDIMENTO AO RECICLA+ .....</u></b>	<b>17</b>
<i>Pereira T.S.1; Siqueira C. R.D. A.2; Guarido C. E. M.3</i>	
<b><u>MODELAGEM DAS INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO BIM NA SEDE DA ASSOCIAÇÃO DE MORADORES, CIDADE DOS MENINOS, DUQUE DE CAXIAS, RJ .....</u></b>	<b>24</b>
<i>Cunha C.H.S.1; Silva B.L.M.S.2; Pires G.D.2</i>	
<b><u>IMPACTOS E IMPORTÂNCIA DA COLETA SELETIVA NA LIMPEZA URBANA E NA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DA COMUNIDADE .....</u></b>	<b>30</b>
<i>Silva, L. M.<sup>1</sup>; Mello, M.A.G.<sup>2</sup></i>	
<b><u>INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA EMPRESA ALUTECH ALUMÍNIO TECNOLOGIA LTDA.....</u></b>	<b>43</b>
<i>Paula A. dos S. 1; Pires G. D. 2; Guarido C.E.M.3</i>	
<b><u>PROJETO DE MELHORIA E APRIMORAMENTO DA PRENSA DE TIJOLOS ECOLÓGICOS DO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL .....</u></b>	<b>50</b>
<i>Almeida W. C.1; Silva C. E. L. 1; Rodrigues T.V, 1;</i>	
<b><u>ESTUDO COMPARATIVO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS. SEUS BENEFÍCIOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.....</u></b>	<b>58</b>
<i>Oliveira T.F. 1 Mello M. A. G.2</i>	
<b><u>MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BIODIGESTOR PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES PARA OS MORADORES DA CDADE DOS MENINOS .....</u></b>	<b>67</b>
<i>Brito, K. A. de 1 Moreira G. C, 1 Medeiros E. Silva E., 2Silva C. M. S. de P. da, Pires 2G. D., 2 Guarido. C; E.M;</i>	
<b><u>PROJETO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL .....</u></b>	<b>73</b>
<i>Almeida S. C. A. de 1; Silva C. E. do L. da 1; RodrigueT.V1</i>	
<b><u>PROJETO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE .....</u></b>	<b>81</b>
<i>Carlos Eduardo Lourenço da Silva<sup>1</sup>; Sandy Cristina Araújo de Almeida<sup>1</sup>, Telmo Viana Rodrigues<sup>1</sup></i>	
<b><u>TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO PROFUNDA RADIAL. ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DA TÉCNICA EXECUTADA NAS VIAS DE ACESSO AO BAIRRO PONTAL OCEÂNICO NO RECREIO DOS BANDEIRANTES –RJ.....</u></b>	<b>99</b>
<i>Macedo K. K. 1; Souza G.L. A.2; Pires G. D.3</i>	

## ANÁLISE ESTRUTURAL EM VIGAS E PILARES NA SEDE DA ASSOCIAÇÃO DE MORADORES, CIDADE DOS MENINOS, DUQUE DE CAXIAS –RJ.

Junior D. F.S.<sup>1</sup>; Assis R. P. <sup>2</sup>; ; Soares P. F. C. <sup>2</sup>; Pires G. D. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno Graduação Engenharia Civil- <sup>2</sup> Docentes Engenharia Civil

<sup>1,2</sup> Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ  
-ronalassis@gmail; delfim000@gmail.com,, pfernanda07@gmail.com ; gdornele@gmail.com

**Resumo** - Recentemente nota-se uma crescente demanda por projetos de reforços e recuperação estrutural de vigas e pilares de concreto armado. É importante ressaltar que com o passar do tempo, alguns fenômenos naturais podem intervir na saúde de pilares e vigas que estão expostos. Este trabalho objetivou-se em identificar através de inspeções quais elementos estruturais apresentavam necessidade de intervenções concernentes a reforço estrutural e apresentar o método a qual viesse a ser realizada tal recuperação. Dentre os métodos analisados e existentes escolheu-se para a demanda apresentada, na sede da Associação de Moradores e Amigos da Cidade dos Meninos (AMACM), Duque de Caxias – RJ, na área da brinquedoteca o método de reforço com o encamisamento, que consiste basicamente em envolver a seção existente com concreto novo e a armadura necessária para o reparo. Esta técnica é bastante utilizada por ter um custo mais acessível, tanto dos materiais quanto da mão de obra, podendo ser realizada, também, com concreto projetado. Uma das desvantagens e principal quanto a tal método e reforço dar-se-á quanto à interferência arquitetônica, já que se têm o aumento da seção dos elementos reforçados. A área mencionada foi a escolhida, pois localiza-se à direita do salão principal com área de aproximadamente 77,92 m<sup>2</sup> e compõe parte dos ambientes que apresentam necessidades pontuais em sua manutenção, porém esse ambiente em particular, fará parte de um projeto social para integração e capacitação da comunidade local. Recomenda-se que seja realizado estudos futuros quanto a sondagem do solo existente nessa área afim de auxiliar a tomada de decisão dos reforços estruturais necessários em outras áreas prioritárias.

Palavras-chave: Reforços estruturais; Encamisamento; Patologia das Construções

**Abstract** - Recently, there has been a growing demand for reinforcement projects and structural recovery of reinforced concrete beams and columns. It is important to highlight that over time, some natural phenomena can affect the health of exposed pillars and beams. This work aimed to identify, through inspections, which structural elements required interventions regarding structural reinforcement and present the method by which such recovery would be carried out. Among the analyzed and existing methods, the method of reinforcement with jacketing, which consists basically involving surrounding the existing section with new concrete and the reinforcement necessary for the repair. This technique is widely used as it has a more affordable cost, both in terms of materials and labor, and can also be carried out with shotcrete. One of the main disadvantages of this method and reinforcement will be architectural interference, as there is an increase in the section of the reinforced elements. The mentioned area was chosen, as it is located to the right of the main hall with an area of approximately 77.92 m<sup>2</sup> and makes up part of the environments that present specific maintenance needs, however this particular environment will be part of a social project for integration and training of the local community. It is recommended that future studies be carried out regarding the survey of the existing soil in this area to assist in decision-making regarding the necessary structural reinforcements in other priority areas.

Keywords: Structural reinforcements; Jacketing; Construction Pathology

### 1 Introdução

Manifestações patológicas em estruturas podem ser consequências de diversas fontes, entre elas a falha na concepção de projeto ou ainda a má utilização ou escolha de materiais de construção.

Recentemente nota-se uma crescente demanda por projetos de reforços e recuperação estrutural de vigas e pilares de concreto armado. É importante ressaltar que com o passar do tempo, alguns fenômenos naturais podem intervir na saúde de pilares e vigas que estão expostos.

Segundo Pina (2013) patologias são danificações que surgem nas construções civis, por diversos motivos. Podem ser definidas como um grupo de manifestações que ocorrem no decorrer da efetuação da obra, podendo ainda ser adquiridas no decorrer do tempo, as quais venham causar prejuízos ao desempenho que se espera das edificações, e também de seus componentes.

Ainda que um bom projeto tenha sido cumprido e esteja em concordância com o que preconiza as normas técnicas regulamentadoras e a execução tenha respeitado todas as diretrizes propostas, mesmo assim, não será garantia ilimitada de que ao longo do tempo e do uso, a funcionalidade da estrutura de esteja de acordo para com o motivo a qual tenha sido dimensionada deixe de sofrer agressão dos agentes patológicos, especialmente intempéries como umidade, vento e calor intenso. A não periodicidade de vistoria e manutenção preventiva da edificação como regulagem de impermeabilização de lajes, checagem da integridade superficial dos pilares, vigas, elementos de concreto e paredes podem comprometer seu bom uso, conforto e capacidade resistiva.

Dessa maneira as estruturas das construções sofrem deformações e danos, necessitando, por vezes de intervenções necessárias, visando aumentar a sua durabilidade sendo necessária a realização de recuperação ou reforço nesses elementos construtivos. A recuperação acontece quando tais elementos apresentam a necessidade de fazer reparos que porventura possam vir a apresentar modificações por meio de ações físicas, químicas ou aumento em solicitações (REIS, 2003).

## 2 MATERIAIS E METODOS

O estudo teve como objetivo identificar através de inspeções quais elementos estruturais apresentavam necessidade de intervenções concernentes a reforço estrutural e apresentar o método a qual viesse a ser realizada tal recuperação ou reforço nas dependências da AMACM (Associação de Moradores e Amigos da Cidade do Meninos) situada no município de Duque de Caxias, RJ.

Para o estudo de caso foi realizada inspeção predial no local, através de uma vistoria detalhada das condições da edificação e sua estrutura. Esta inspeção foi classificada como “inspeção nível 01”, que é representada pela análise expedita, de acordo com a Norma de Inspeção Predial do IBAPE (2012) e a NBR 5674 (2012). Dentre os métodos analisados e existentes de recuperação e reforços de estrutura de concreto armado escolheu-se para a demanda apresentada, na sede da Associação de Moradores e Amigos da Cidade dos Meninos (AMACM), Duque de Caxias – RJ, na área da brinquedoteca, o método de reforço com o encamisamento, que consiste basicamente em envolver a seção existente com concreto novo e a armadura necessária para o reparo. O aço é o material responsável para resistir aos esforços de tração que ocorre através da expansão lateral do pilar antigo (EDWARDS (1998), apud SUDANO (2010)

### 2.1. Inspeção Predial

De acordo com o IBAPE (2012), a inspeção predial é uma análise das condições técnicas, de uso e de manutenção de uma edificação e pode ser feita de forma isolada ou combinada. É um mecanismo de suma importância e essencial para auxiliar e averiguar as condições de conservação de edificações, além de ser capaz de atestar se os procedimentos adotados para a manutenção são satisfatórios ou

não. É importante salientar que tal inspeção fornece subsídios para confecção e orientação de um plano de trabalho destinado à manutenção (ABNT, 2013).

Para Souza e Ripper (1998), a manutenção de uma estrutura é entendida como o conjunto de atividades necessárias para garantir o seu desempenho satisfatório ao longo de um período de tempo, ou seja, um conjunto de rotinas destinadas a prolongar a vida útil da obra, a um preço compensador.

A NBR 5674 define manutenção como o conjunto de atividades realizadas para preservar ou restaurar a capacidade funcional de uma edificação e seus componentes para atender às necessidades e segurança dos usuários (GONÇALVES, 2015).

Segundo Souza e Ripper (1998), os problemas patológicos causados por falta de manutenção ou mesmo manutenção inadequada estão enraizados no desconhecimento técnico, incompetência, desleixo e problemas econômicos.

A manutenção regular evita problemas patológicos graves e/ou até danos estruturais. Meios inadequados de trabalho durante o uso podem ser divididos em duas categorias: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou inesperadas (SOUZA; MURTA, 2012).

Inicialmente, realizou-se o levantamento de informações através de revisão bibliográfica, processo essencial para formação do conhecimento que foi empregado na etapa de elaboração da ferramenta proposta.

## **2.2. Patologias recorrentes à deterioração do concreto armado**

Os principais processos que levam as estruturas as respectivas anomalias segundo Ripper e Souza (1998) são os processos físicos de deterioração do concreto, tais como: a fissuração relacionada à deficiência de projeto, contração plástica, assentamento do concreto/perda de aderência; movimentação de escoramentos e /ou fôrmas; corrosão das armaduras. Quanto à desagregação do concreto e quanto ao desgaste do concreto.

### **2.2.1. Fissuração**

Segundo Cánovas (1988), são patologias que além do próprio risco que trazem para a segurança da estrutura, também acabam por ser uma porta aberta para a ocorrência de corrosões das armaduras, já que acabam por desproteger o aço.

Fissuras, trincas e rachaduras representam problemas patológicos comuns em edificações e podem ser identificados em elementos como alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos e outros, frequentemente resultantes de tensões nos materiais. Quando os materiais são submetidos a tensões superiores à sua resistência, ocorre uma falha que se manifesta como uma abertura, cuja classificação varia de acordo com a espessura, podendo ser denominada fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (OLIVEIRA, 2013).

### **2.2.1.1. Contração plástica**

Segundo Trindade (2015) em estruturas de concreto armado, a contração plástica é geralmente a causa primária geradora de fissuras em elementos estruturais, devido à ocorrência logo após a concretagem. Tal processo consiste na redução de volume devido à superioridade da taxa de perda da água em relação à taxa de água que foi exsudada, causada pela rápida evaporação da água que está na superfície da mistura antes mesmo do endurecimento da pasta de concreto.

Segundo Amaral (2011), geralmente sua ocorrência se dá em grandes áreas superficiais, como é o caso das lajes.

### **2.2.1.2. Assentamento do concreto/ Perda de aderência**

Segundo Souza e Ripper (1998), esse tipo de fissuração que se forma devido ao assentamento do concreto, acarreta o efeito parede, que consiste em um vazio que é formado na parte inferior da barra de aço, assim causando uma perda de aderência e fissuras.

É importante destacar que, além da perda de aderência, esta patologia também permite a entrada de agentes nocivos às armaduras, facilitando a corrosão.

### **2.2.1.3. Movimentação de formas e escoramentos**

Conforme menciona Trindade (2015), as formas no que delimitam a geometria dos elementos estruturais podem sofrer deslocamentos por diversas causas: escoramento mal travado, dimensões e volumes muito grandes para formas de compensado, sendo mais adequado o uso de formas metálicas. Devido a isso, poderá ocorrer fissuração da peça ou uma deformação acentuada da mesma, com uma conseqüente perda de resistência mecânica.

### **2.2.1.4. Corrosão das armaduras**

A corrosão dos aços tem sido umas das principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado, trazendo grandes danos e prejuízos.

Segundo Souza e Ripper (1998) a corrosão das armaduras caracteriza-se como sendo a deterioração da camada passivante localizada ao redor da superfície das barras. Sendo esta película formada pelo impedimento da dissolução do ferro, devido à alta alcalinidade da solução aquosa existente no concreto.

Ainda de acordo com Souza e Ripper (1998, p. 68), a corrosão das armaduras é um processo que avança de sua circunferência para o seu interior, havendo troca de seção de aço resistente por ferrugem. Este é o primeiro aspecto patológico da corrosão, ou seja, a diminuição de capacidade resistente da armadura, por diminuição da área de aço.

Segundo Teixeira (2023) à medida que o processo de corrosão das armaduras avança de sua superfície para o interior, ocorre uma substituição da seção de aço, que é resistente, por uma camada de ferrugem. Essa é a primeira manifestação patológica do processo de corrosão, caracterizada pela diminuição da área de aço que a armadura originalmente possuía capacidade de resistir

Marcelli (2007) destaca que desta forma a resistência mecânica do aço é reduzida, pois em elementos estruturais cujo processo corrosivo do aço já esteja ocorrendo a parte afetada poderá aumentar volumetricamente em até oito vezes, produzindo assim tensões no concreto que esse não resiste,

aparecendo assim pequenas fissuras ao longo de toda área afetada da armadura, sendo essa mais próxima da superfície do elemento.

Segundo Fusco (2013) é importante destacar que além do dano causado pela patologia no que diz respeito à resistência mecânica da estrutura, ainda há o agravante de facilitar a penetração de outros agentes nocivos, que podem prejudicar ainda mais as armaduras e o concreto.

### **2.2.2. Desagregação do concreto**

Souza e Ripper (1998) entendem a desagregação do concreto, como a separação física do mesmo em fatias, de modo que a estrutura acaba por perder a capacidade resistente a esforços na região desagregada. Como consequência, tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam.

Destaca Trindade (2015) que inúmeros são os fatores que venham ou possam causar essa ação no concreto, que são: a movimentação das formas, a fissuração, a corrosão do concreto, os ataques biológicos e o fenômeno da calcinação, fenômeno esse que ocasiona a perda de resistência e mudança de cor do concreto, onde tal ação ocorre quando esse concreto encontra-se na presença de fogo e inicia-se então o processo de desintegração do mesmo a uma temperatura em torno de 600<sup>o</sup> C.

### **2.2.3. Desgaste do concreto**

O desgaste da superfície do concreto pode ocorrer geralmente, por abrasão, erosão, e cavitação, em vigas e pilares.

Segundo Silva (2011), a abrasão consiste no desprendimento do material superficial devido ao arraste, fricção ou atrito causado pela passagem de pessoas, veículos, ou até mesmo por partículas carregadas pelo vento.

A erosão, segundo Trindade (2015), se dá pelo movimento de fluídos ar ou água, os quais agem sobre a superfície do concreto de modo a desgastá-la devido à colisão que esta sofre das partículas em suspensão.

Quanto à ação da cavitação o processo consiste na formação de bolhas de vapor quando a água está em alta velocidade na ordem de 12m/s. Estas bolhas quando entram em regiões de maior pressão implodem e se impactam, deixando um aspecto corroído na superfície e um efeito mais nocivo quanto maior for o número de bolhas e menores forem.

### 3. APRESENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

O município de Duque de Caxias, onde se situa a Cidade dos Meninos, faz parte da região comumente chamada de Baixada Fluminense, Macrorregião Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, que se caracteriza pela grande concentração de pobreza e de carência de infraestrutura urbana.

Segundo Soares et.al. (2022), a Cidade dos Meninos está na Zona rural do município e é um local que tem sofrido as consequências da contaminação ambiental e humana por um Hexaclorociclohexano (HCH), que trata-se de um orgânico composto do grupo de hidrocarbonetos de alta relevância no impacto ambiental por ser altamente tóxico, por meio século. Tendo essa região uma necessidade de ser assistida interdisciplinarmente no que diz respeito à serviços ecossistêmicos, contribuindo assim significativamente para ações de solidariedade social nas áreas de educação, saúde e meio ambiente, que colaborarem para potencializar esforços para reduzir o impacto do HCH na vida desta população.

A área da Cidade dos Meninos é uma área do Governo Federal que está sobre a responsabilidade da Superintendência de Patrimônio da União, ligado ao Ministério de Previdência Social do Brasil, assim como várias áreas da Baixada Fluminense que existem conflitos fundiários instituídos pelo processo de urbanização e metropolização.

Para realização desse estudo foram realizados um total de três vistorias à sede da referida associação de moradores, em três datas distintas para conhecer a região e seus moradores bem como compreender suas demandas e prioridades, mapear a área a ser recuperada e catalogar os problemas patológicos presentes e analisar o quanto esses afetam as estruturas da edificação.

Logo após, foi constatado que ocorreram aparições de trincas, fissuras, recalques, algumas flechas exageradas, problemas quanto à distribuição de cargas, entre outras.

Nesse processo de vistorias das manifestações existentes no local e da necessidade apresentada para a utilização do espaço da sede, foi escolhida a área denominada de brinquedoteca para que fossem apresentadas possibilidades de intervenção quanto às manifestações patológicas ali identificadas.

A área em questão localiza-se à direita do salão principal com área de aproximadamente 77,92 m<sup>2</sup> e compõe parte dos ambientes que apresentam necessidades pontuais em sua manutenção, porém esse ambiente em particular, fará parte de um projeto social para integração e capacitação da comunidade local.

#### 3.1. Manifestações patológicas da brinquedoteca

Dentre as manifestações encontradas nessa área tem-se: Saponificação, recalque diferencial uniforme, deficiência das armaduras e deslocamentos.

Foi objeto desse estudo o pilar central do espaço, vide figura 1, onde apresentava deslocamento em seu cobrimento além de deformidade na área circulada, assim como uma viga estrutural, vide figura 2, que apresentava também deslocamento de seu revestimento.

Possíveis causas foram constatadas nessas duas estruturas, a primeira relacionada ao pilar já mencionado apresentava perda de resistência devido à falha nas armaduras, possivelmente relacionada à umidade o que gerou a corrosão das armaduras desse elemento, tais falhas descritas apresentavam perdas de seção longitudinal além de deformidade.

Figura 1- Pilar Central da brinquedoteca Figura 2- Viga Central da brinquedoteca Fonte: Sá (2022)



Concernente ao segundo elemento estrutural estudado (viga) constatou-se o deslocamento de seu revestimento, perda de resistência devido à falha nas armaduras, possivelmente relacionada à umidade, além de apresentar uma fissura horizontal longa e contínua em todo seu comprimento.

### 3.2. Sugestões propostas às estruturas da brinquedoteca

#### 3.2.1. Pilar Central

O aumento da seção transversal de uma estrutura consiste em um método mais simples do que aqueles que necessitam da adição de outro material como, por exemplo, o reforço com perfis metálicos, chapas de carbono, tirantes, etc. Nesse método o elemento estrutural será reforçado com o próprio concreto e armaduras. Deste modo o processo em si acaba sendo vantajoso do ponto de vista econômico.

Segundo Takeuti (1999), esta técnica quando aplicada de maneira adequada principalmente em pilares e vigas, traz uma boa eficiência, porém como trata-se de uma técnica cujas dimensões da estrutura serão aumentadas, o aspecto arquitetônico pode sofrer alterações. Outra desvantagem dar-se-á em relação ao tempo de cura do concreto, ou seja, deverá ser respeitado o tempo necessário para que o concreto atinja a resistência esperada, de modo a não utilizar o reforço até que esse tempo seja cumprido.

Cánovas (1988) indica que para pilares a espessura adicional de concreto não seja menor do que 10 centímetros, podendo ser de mais ou menos 6(seis) centímetros quando se dispõe de superplastificantes e se limita o tamanho do agregado em 20 milímetros.

A figura 1 apresentada acima refere-se a um pilar estrutural localizado na área denominada brinquedoteca dessa associação de moradores onde tal estrutura apresentava deslocamento em seu cobrimento, além de um embarrigamento na área destacada.

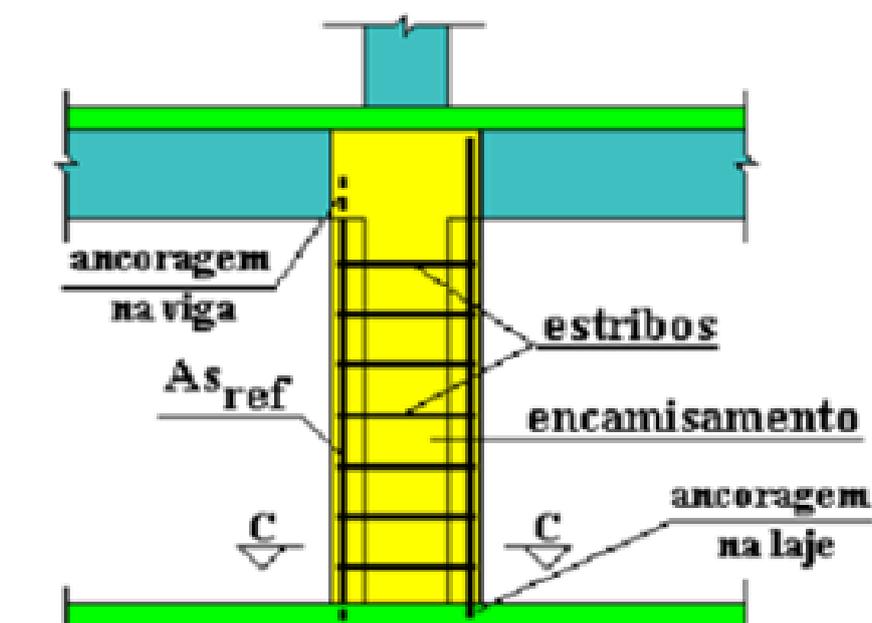
Segundo destaca Sá (2022) a ocorrência da primeira patologia possa ter acontecido devido a problemas decorrentes à umidade ascendente e o embarrigamento devido à perda de seção das armaduras após a ação constante da água, onde a mesma passou a apresentar corrosão desse elemento construtivo.

Dessa maneira a intervenção sugerida para o reforço foi o do aumento de seção com concreto armado, como menciona Cánovas (1998), por tratar-se de um sistema muito empregado, devido suas vantagens, principalmente econômicas e de fácil execução, em relação a outros sistemas de reforço.

Se o reforço a realizar-se com concreto for adequadamente construído, a eficiência e garantia que oferecerá é superior, em muitos casos, a dada por outros métodos.

O reforço estrutural de um pilar pode ser assim chamado de encamisamento de concreto, que consiste na colocação de uma camada adicional de concreto armado em um elemento estrutural já existente. Esse elemento estrutural pode ter suas dimensões resistentes alteradas para elevar sua capacidade resistente, com o objetivo de produzir um elemento monolítico entre a estrutura existente e a nova camada, conforme ilustra Figura 3.

Figura 3 - Reforço do pilar original envolvido por concreto armado em todas suas faces



Fonte: Araldi (2013)

A execução deste método deve ser feita inicialmente apicoando a superfície da estrutura, limpando os restos e o pó que sobrar de maneira a deixar o mais limpo possível. A seguir é adicionada uma resina epóxi com função de gerar uma boa união entre a camada antiga e a camada nova de concreto. Outra boa maneira de aumentar a aderência seria eliminar alguns trechos de concreto com profundidade entre 3 e 4 centímetros de modo a produzir assim reentrâncias no mesmo, o que facilitaria a ligação entre o pilar e o reforço. Em casos de sismos, onde a capacidade resistente do pilar pode chegar a ser reduzida para até 10%, o escoramento é executado e o concreto deteriorado retirado. Novas barras de aço de mais ou menos 10 milímetros são adicionados à estrutura, mas separadas das antigas por meio de barras que terão objetivo de ligar e transmitir esforços entre ambas. São colocados estribos de 8 milímetros de diâmetro, afastados 5 centímetros da parte danificada e 10 centímetros do restante.

O aumento que o pilar terá de espessura será em torno de 7 a 10 centímetros no caso de ser adicionada apenas uma camada. No caso de duas camadas, o aumento será de 10 a 15 centímetros. Segundo Araldi (2013), uma maneira de aumentar a aderência entre a camada antiga e a camada a ser adicionada de concreto, seria usar adesivos epóxis.

### 3.2.2. Viga Central

Concernente ao aumento da seção transversal da viga, vide figura 2, o processo de execução ocorre da mesma maneira que foi explicado para o pilar. O concreto antigo deve ser apicoado para garantir uma maior aderência do concreto a ser adicionado. Almeida (2005) lista duas maneiras de aumentar a seção quando o reforço ocorre devido ao momento fletor:

- Apicoar o concreto na face inferior até encontrar os estribos e soldar as novas barras a ele, posteriormente as formas são montadas e o novo concreto adicionado.
- Abrir sulcos na viga na região tracionada e inseri-los ao lado dos originais. Os espaços devem ser preenchidos com argamassa epóxi. Para aumentar a resistência ao esforço cortante, sulcos devem ser abertos e estribos adicionados, sendo posteriormente preenchidos por argamassa epóxi.

Souza e Ripper (1998) apresentam outra maneira de aumentar a seção de uma viga para reforçá-la, se dá pelo aumento da altura da viga na sua face superior conforme mostra Figura 3, o que causa um aumento no braço de alavanca do momento resistente, assim como a capacidade portante.

Figura 3 - Aumento da viga na face superior.



Fonte: Disponível em: <https://docplayer.com.br/59500664-Recuperacao-de-estruturas.html>

Existem alguns aspectos os quais se deve levar com consideração para a execução de um método de reforço estrutural, que são eles: a concepção original da edificação, bem como a história da mesma, as falhas ou novos requisitos e também materiais e mão de obra disponíveis, contudo, o projeto deverá ser atribuído a profissionais devidamente adequados a trabalhos deste tipo (SOUZA; RIPPER, 1998), apud PIRES (2022).

## 4 CONCLUSÕES

Diante do estudo e levantamento dos diversos tipos de manifestações patológicas que surgem e agem nas estruturas de concreto armado, pode-se nortear as devidas propostas de intervenções quanto aos reforços estruturais da área especificada do local.

Dentre as diversidades de causas e origens a qual possam ocasionar os problemas patológicos nas estruturas, destacou-se nesse estudo as relacionadas ao processo físico de deterioração do concreto descritas na fissuração relacionados à deficiência de projeto, na contração plástica, no assentamento do concreto ou perda de aderência, na movimentação de escoramentos e /ou fôrmas, na corrosão das armaduras, ou quanto à desagregação e desgaste do concreto.

Foi entendido também que o diagnóstico da situação em cada caso é de suma importância para a compreensão das causas e efeitos que caracterizam um problema patológico, bem como que cada manifestação patológica tem a sua configuração particular, sendo importante o conhecimento técnico para que se possa obter um diagnóstico correto.

É de suma importância para determinação de um diagnóstico é entender o porquê e como surgiu dada manifestação patológica com base nas inspeções realizadas in loco, a fim de que após essas sejam analisadas, o tipo de tratamento seja definido de forma responsável e eficaz.

O estudo de caso apresentado teve como objetivo principal identificar após as devidas inspeções quais eram os elementos estruturais que apresentavam necessidades de intervenções concernentes ao tratamento, recuperação ou reforço estrutural. No local foram encontradas algumas áreas com manifestações patológicas, porém foi escolhida uma área específica da referida associação de moradores, aqui denominada como brinquedoteca, pois tratava-se de uma área prioritária à comunidade local, pois localiza-se à direita do salão principal com área de aproximadamente 77,92m<sup>2</sup> e compõe parte dos ambientes que apresentam necessidades pontuais em sua manutenção, porém esse ambiente em particular, fará parte de um projeto social para integração e capacitação da comunidade. Nesse local foram identificadas as necessidades de intervenções em uma viga principal e no pilar central, onde a primeira estrutura apresentava deslocamento em seu cobrimento, além de fissuração longitudinal, já a segunda apresentava deslocamento quanto a seu cobrimento e deformação estrutural relacionada à perda de sua resistência. Após a identificação e diagnóstico feito pelo corpo técnico foram definidos os procedimentos que pudessem ser adotados quanto à recuperação e reforço tanto da viga quanto do pilar. Assim definiu-se a utilização do método de reforço com o encamisamento, que consiste basicamente em envolver a seção existente com concreto novo e a armadura necessária para o reparo.

Tal estudo corroborou ainda mais a necessidade de se evitar as manifestações patológicas nos elementos estruturais e a técnica a qual foi indicada para tais intervenções foi escolhida por ter um custo mais acessível, tanto dos materiais quanto da mão de obra, podendo ser realizada, também, com concreto projetado. Recomenda-se que seja realizado estudos futuros quanto a sondagem do solo existente nessa área, a fim de auxiliar a tomada de decisão dos reforços estruturais necessários em outras áreas prioritárias.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. F. *Análise experimental estática e dinâmica da rigidez de ligações viga-pilar de elementos de concreto submetidos à danificação progressiva até a ruptura*. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- ARALDI, Evandro. *Reforço de Pilares encamisamento de concreto armado: eficiência de métodos de cálculo da capacidade resistente comparativamente a resultados experimentais*. Porto Alegre, 2013. 121 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674/2012: *Manutenção de edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- CÁNOVAS, M. F. *Patologia e Terapia do Concreto Armado*. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.
- FUSCO, Pericles. *Técnica de armar as estruturas de concreto*. São Paulo: Pini, 2013. 392p.
- GONÇALVES, Eduardo Albuquerque. *Estudo de Patologias e suas causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações*. 2015. 174 folhas. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

- HELENE, P. (2005). *Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto*. RedRehabilitar, editores. São Paulo – SP.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (IBAPE). *Norma De Inspeção Predial Nacional*. IBAPE NACIONAL, São Paulo, 2012.
- MARCELLI, M. *Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras*. São Paulo: Pini, 2007.
- PINA, G. L. de. *Patologias nas habitações populares*. 2013. 102 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- PIRES, D.S.S. *Patologias em estruturas de concreto armado. Estudo de caso: Manifestação Patológica na estrutura de uma igreja, Jardim Canaã, Nova Iguaçu – RJ*. 2022. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Iguaçu, RJ, 2022
- REIS, A.P.A., (2003) *Reforço de vigas de concreto armado submetidas a pré carregamento e ações de longa duração com aplicação de concretos de alta resistência e concretos com fibras de aço*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP
- SÁ, B.C.B. *Patologias das edificações. Estudo de caso: Recuperação Estrutural da AMACM, Duque de Caxias – RJ*. 2022. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Iguaçu, RJ, 2022.
- SILVA, Cristina Vitorino da. *Contribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos*. 2011.
- SOARES, P.F.C.; MORENO, A.M.; ORSINI, M, PIRES, G.D et.al. “The exposure to hexachlorocyclohexane in the human organism and in the environment: Transformative actions,” *International Journal of Development Research*,12, (07), 57722-57725
- SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: Pini, 1998.
- SOUZA, Marilsa Inês; MURTA, Mirna Moreira. *Patologias, recuperação e reforço estrutural em concreto armado*. 2012. 51 folhas. Instituto Doctum de Educação de Tecnologia, Caratinga, 2012.
- SUDANO, A.L. *Desenvolvimento de estratégias híbridas de reforço de pilares de concreto armado por encamisamento com compósitos de alto desempenhos*. 2010. Doutorado em Engenharia das Estruturas. Universidade de São Paulo. 2010
- TAKEUTI, A. R. *Reforço de Pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho*. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999
- TEIXEIRA, D.H. *Patologias provenientes da umidade na construção civil. Estudo de caso: Análise de patologias em uma residência no município de Mesquita/RJ*. 2023. Trabalho de conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Iguaçu, RJ, 2023.
- THOMAZ, Ércio. *Trincas Em Edifícios - Causas, Prevenção e Recuperação*. 2. ed. São Paulo: Pini, 1989. ZANELLA, Profa. Liane Carly Hermes. *Metodologia da Pesquisa*. 2. ed. Florianópolis: reimpressão, 2013.
- TRINDADE, Diego dos Santos. *Patologias em Estruturas de Concreto Armado*. 2015. 88 folhas. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.
- ZUCCHI, Fernando Luiz. *Técnicas para o Reforço de Elementos Estruturais*. Rio Grande do Sul, 2015.

## METODOLOGIA DE ANÁLISE DA LOGÍSTICA REVERSA NA COLETA DE RESÍDUO ORGÂNICO: ATENDIMENTO AO RECICLA+

Pereira T.S.<sup>1</sup>; Siqueira C. R.D. A.<sup>2</sup>; Guarido C. E. M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluna Graduação de Engenharia de Produção <sup>2,3</sup> Professor de Engenharia de Produção

<sup>1,2,3</sup> Grupo Engenharia de Produção – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

209020989@aluno.unig.edu.br<sup>1</sup>, 0144100@professor.unig.edu.br<sup>2</sup>, 0149013@professor.unig.edu.br<sup>3</sup>

**Resumo** – A logística reversa tem crescido no Brasil, pelo fato de ser um diferencial perante os concorrentes e por haver leis que regulamentam o retorno dos materiais (insumos e resíduos) ao seu local de origem. O Recicla+, programa criado no ano de 2022 pelo Governo Federal tem o objetivo de facilitar o processo de logística reversa das empresas e aumentar sua colaboração com as cooperativas de catadores. O programa é uma alternativa para as empresas que têm dificuldade de estabelecer um sistema próprio de coleta de seus resíduos. Este trabalho realizado na empresa Equilibrium rações animais, localizada em Duque de Caxias, mapeou o processo de roteirização do transporte da empresa, para atendimento a logística reversa dos resíduos orgânicos coletados da Rede Atacadão. Para tanto, utilizou-se a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), por meio do Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Pareto. Os resultados, após o mapeamento e quantificação dos resíduos gerados por cada Unidade, mostraram o desconhecimento de funcionário em quais resíduos poderiam ser reaproveitados, falta de funcionário para executar as tarefas, sem procedimento documentado quanto a forma de acondicionamento, pesagem, emissão do manifesto de resíduo de transporte, dentro outros. Após todas as ações implantadas, todas as Unidades passaram a coletar os resíduos e houve um aumento considerável em todas elas.

**Palavras Chaves:** *Logística reversa, Resíduos Sólidos, Qualidade.*

**Abstract** - Reverse logistics has grown in Brazil, due to the fact that it sets us apart from competitors and because there are laws that regulate the return of materials (inputs and waste) to their place of origin. Recicla+, a program created in 2022 by the Federal Government, aims to facilitate the reverse logistics process for companies and increase their collaboration with collector cooperatives. The program is an alternative for companies that have difficulty establishing their own waste collection system. This work carried out at the company Equilibrium animal feed, located in Duque de Caxias, mapped the company's transport routing process, to meet the reverse logistics of organic waste collected from the Atacadão Network. To this end, the DMAIC tool (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) was used, using the Cause-and-Effect Diagram, Pareto Diagram. The results, after mapping and quantifying the waste generated by each Unit, showed the employee's lack of knowledge about which waste could be reused, lack of employee to perform the tasks, no documented procedure regarding how to package, weigh, issue the manifest transport waste, among others. After all the actions implemented, all Units began to collect waste and there was a considerable increase in all of them.

**Key Words:** *Reverse logistics, Solid Waste, Quality.*

## 1 Introdução

Ao longo do tempo o conceito de logística reversa vem evoluindo, antes se definia logística reversa como sendo o tratamento de bens do consumidor para o produtor, através de um canal de distribuição, fazendo com que os produtos e as informações sigam na direção oposta das atividades logísticas tradicionais (MOTTA, 2011).

Para Souza e Fonseca (2017), a logística reversa é definida como sendo o segmento de cadeia de suprimento tratando o processo logístico dos produtos que foram vendidos sobre duas formas, sendo a primeira, referente do fluxo de retorno do produto, que se dá através de problema de qualidade, já a outra forma refere-se aos produtos que destinaram a venda ou reciclagem. Em 14.04.2022 foram publicados no Diário Oficial da União os Decretos n. os 11.043/22 e 11.044/22, os quais instituem, respetivamente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos e o Certificado de Crédito de Reciclagem, o Recicla+.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) é uma espécie de instrumento da Lei n.º 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e que tem por objetivo diagnosticar a situação atual dos resíduos no país, além de propor metas de redução e reciclagem desses resíduos para um horizonte de 20 anos.

O Decreto n.º 11.044/22 institui o Certificado de Crédito de Reciclagem, o Recicla+ o qual possui como objetivos, dentre outros, promover o aproveitamento de resíduos sólidos e seu direcionamento para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas ou formas de recuperação energética, além de incentivar a utilização de insumos com menor impacto ambiental e estimular desenvolvimento, produção e consumo de produtos derivados de materiais reciclados.

A Equilibrium rações animais produz rações para suínos e aves, a partir de resíduos de avarias de alimentos. A empresa coleta os resíduos de avaria da Rede Atacadão, por meio do contrato firmado de venda e compra de mercadorias impróprias para consumo humano. Essas avarias são coletadas de 14 (catorze) unidades da rede, espalhadas pela grande Rio de Janeiro, contemplando as unidades de Nova Iguaçu e Duque de Caxias.

A programação de entregas e o planejamento da roteirização da frota de veículos são atividades inerentes à gestão logística. A roteirização de transporte e a escolha dos veículos adequados ao transporte das mercadorias devem condizer com a gestão do transporte. A Equilibrium possui licença de transporte junto ao INEA, Certidão Ambiental CA nº IN010828, atentando a inexigibilidade de licenciamento ambiental para a atividade de coleta e transporte de resíduos para a reciclagem (papel, plástico, papelão e resíduos orgânicos para fabricação de ração/alimento animal).

O objetivo deste trabalho foi analisar e mapear o processo de roteirização do transporte destinados a retirada dos resíduos e à entrega das rações, comercializados pela empresa. O intuito foi quantificar os resíduos por unidade e determinar a frequência de coleta; garantir as condições sanitárias entre o armazenamento e a chegada a Equilibrium, utilizando a ferramenta DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

## 2 MATERIAIS E METODO

Para mapeamento e roteirização das 14 Unidades da rede Atacadão, os resíduos foram quantificados, a partir de abril de 2023, por unidade. A partir destes dados, aplicou-se a metodologia DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. A sigla se refere a um método usado como um roteiro para orientar o desenvolvimento de processo. A aplicação visou identificar as causas raízes e propor ações que pudessem reduzir a rejeição das avarias na etapa de segregação e aumento do volume de coleta, visto que a grande parte era direcionado para compactadora e, posteriormente, destinado ao aterro sanitário.

A escolha do método DMAIC, por ser um método estruturado, as cinco fases norteiam da melhor forma todas as etapas e atividades necessárias na abordagem, almejando realizar a melhoria de processos. Seu objetivo foi inserir melhoria na empresa, mapear os desvios, identificar quais foram os pontos mais críticos, realizar medições e obter informações, propondo a solução e o controle delas (GIMENEZ; MACRI, 2021). Seu desenvolvimento foi inspirado no ciclo PDCA, o qual também foi amplamente utilizado para realização de manutenções, melhorias, projetos de inovação de produtos, processos e serviços. Vale destacar o fato de que no PDCA, considera-se mais tempo no processo de planejar, enquanto o DMAIC segrega o planejar do PDCA em definir, medir, analisar e o início da etapa melhorar.

## 3 RESULTADOS

Primeiramente foi feito o mapeamento de todas as unidades (Figura 1), visitas a cada uma delas, para informar, acompanhar e levantar quais os resíduos eram avariados (impróprio para consumo humano) e se todos eram possíveis de se reaproveitarem.



Figura 1 – Mapa da grande Rio de Janeiro com todas as Unidades Atacadão e Equilibrium identificadas  
Fonte: Google, 2023.

Os resíduos foram segregados em resíduos úmidos e resíduos secos, visto que os resíduos úmidos ficam armazenados em câmaras frias e devem atender a legislação da Vigilância Sanitária. Para tanto, as unidades receberam 04 (quatro) bombonas de 240 L identificadas e numeradas, conforme Figura 2, para acondicionamento deles e rastreabilidade. O responsável pelo setor recebeu a instrução que após cheios, deveriam entrar em contato com a empresa, para sua retirada.



Figura 2 – Contentores para acondicionamento dos resíduos secos e resíduos úmidos, respectivamente. Fonte: O Autor, 2023.

No ato do recolhimento, cada bombona foi pesada, descontado o peso do contentor, registrado o peso líquido no Manifesto de Transporte de Resíduo (MTR), e entregue ao motorista da empresa, conforme determina a legislação do Instituto Estadual do Ambiente – INEA.

A partir de abril os resíduos coletados foram sumarizados, por peso e respectiva Unidade de recolhimento, para mapeamento de quanto cada Unidade gerava mensalmente, para que no estudo de logística se priorizasse as Unidades com maior geração. A tabela 1 mostra o volume recolhido, para o mês de abril, de cada Unidade Atacadão.

Unidades Atacadão	Quantidade de resíduo mês de abril (toneladas)	
	Secos	Úmidos
67	8,1370	4,0930
291	0	0
174	0,7755	0,2870
294	0,2580	0,1130
210	0,8930	0
63	0,1610	0
275	0,3190	0,1360
249	0	0
65	0,5050	0
136	0	0
162	2,7543	0
278	0	0
247	0,8605	0,2085
719	6,1285	0,7110

Tabela 1 – Quantidade de resíduos gerados por Unidade Atacadão no mês de abril de 2023. Fonte: O Autor, 2023.

Este mapeamento seguiu nos meses posteriores, quando em julho tivemos resultados suficientes para compor o diagrama de Pareto, de forma a ordenar as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, visto que algumas Unidades não recolhiam os resíduos.

A figura 2 apresenta o Gráfico de Pareto com o mapeamento dos resíduos, por Unidade Atacadão.

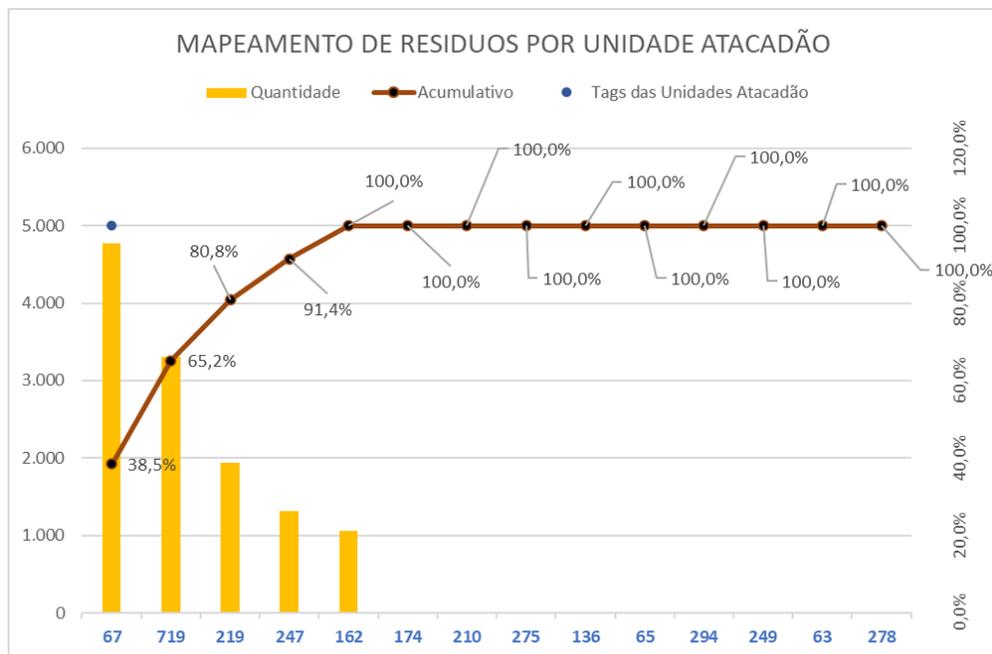


Figura 2 – Gráfico de Pareto para mapeamento dos resíduos, por Unidade Atacadão FONTE: autor

A partir destes resultados, passamos a identificar os problemas, por meio da metodologia DMAIC, logo foram observados:

**Definir:** ao mapear e quantificar os resíduos, buscou-se entender o motivo da variação de volume. Das 14 Unidades, duas não segregavam os resíduos. O somatório de 08 Unidades não chegou a 10% do total, e apenas 04 foram as de maior volume.

**Medir:** dados quantitativos permitiram fazer a comparação, e possibilitou verificar a baixa eficiência de 10 Unidades.

**Analisar:** mediante os resultados, cada uma das 10 Unidades foi visitada, auditada e elencada os motivos da baixa eficiência. Ocorrências como falta de funcionário para segregar os resíduos, desconhecimento dos procedimentos de como executar a separação, quais resíduos deveriam ser acondicionados, gerência aguardando ordem do corporativo para executar a tarefa, dentre outros motivos pormenores.

**Melhorias:** mediante cenário apresentado, foi feito um procedimento documentado contendo: segregação e acondicionamento dos resíduos; ações de coleta e transporte interno; armazenamento de resíduos interno; diretrizes de destinação e disposição final; responsabilidades; diretrizes da logística reversa; programa de educação ambiental. Foi entregue a cada Unidade os resíduos que a empresa Equilibrium poderiam reaproveitar na ração animal, treinamento e conscientização de cada funcionário envolvido na tarefa.

**Controle:** A partir do mês de setembro iniciou-se o controle e monitoramento do desempenho. Como ferramenta de gestão, foi criado um *checklist* para fazer o controle das tarefas que compuseram o plano e cartas de controle para ajudar a quantificar esse progresso. Quinzenalmente foram feitas reuniões, para divulgação da evolução dos resultados e metas, dirimir dúvidas e algum treinamento que se fosse necessário.

Tão logo colocado em prática estas ações, em setembro observamos uma grande melhora no volume de resíduo recolhido, conforme tabela 2.

Unidades Atacadão	Quantidade de resíduo mês de setembro (tonelada)	
	Secos	Úmidos
67	5,7200	4,8950
719	5,4490	4,1515
219	4,9225	4,3515
247	4,8568	3,9368
162	4,1557	4,0123
174	2,9345	3,1025
210	2,5883	2,3356
275	2,7098	2,6531
136	2,4020	2, 7788
65	2,3057	2,4252
294	1,6512	1,7069
249	2,8915	3,1250
63	2,1360	2,2460
278	2,1675	1,3420

Tabela 2 – Quantidade de resíduos secos e úmidos coletados no mês de setembro, por Unidade Atacadão, em ordem decrescente.

O treinamento e conscientização dos funcionários contribuiu para maior volume de coleta. Observa-se que em todas as Unidades houve coleta, o que a tempo não acontecia em algumas Unidades. Os responsáveis mapearam os resíduos gerado, entendendo a importância da segregação e acondicionamento, facilitando no tempo de coleta, uma vez que os contentores estavam pesados, registrados no MTR.

Cada Unidade passou a ser visitada duas vezes na semana, priorizando as de maior volume, por exemplo as Unidades de Nova Iguaçu e Pilares (67 e 719), respectivamente. A próxima etapa do estudo será a definição das rotas, considerando o trânsito variável ao longo da semana, uma vez que há Unidades distantes, como Santa Cruz, Campo Grande, além de próximo a zona portuária, que demanda um tempo elevado para acesso.

#### 4 CONCLUSÕES

O estudo foi pautado na elaboração de um projeto de melhoria o qual visa a aplicação da metodologia DMAIC, com o foco em identificar causas raízes que ocasionavam baixo volume de coleta e até o não recolhimento por parte das Unidade Atacadão.

Como critério de estruturação das etapas que auxiliaram a mapear e identificar as possíveis soluções dos desvios utilizou-se o método DMAIC. Todas as etapas do método citado foram aplicadas, em que boa parte dos problemas estava no desconhecimento do funcionário em quais resíduos poderiam ser reaproveitados, falta de funcionário para executar a tarefa, forma de acondicionamento e procedimento de pesagem e emissão do manifesto de resíduo.

Sugere-se que este trabalho continue sendo acompanhado até a completa realização das ações mapeadas e que periodicamente seja refeito o ciclo DMAIC. Desta maneira é possível controlar os desvios mapeados e garantir uma melhoria contínua no processo de coleta e logística.

## 5 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Decreto nº 11.044, de 11 de abril de 2022. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem - Recicla+. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/d11044.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.044%2C%20DE%2013,de%20Cr%C3%A9dito%20de%20Reciclagem%20%2D%20Recicla%2B](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11044.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.044%2C%20DE%2013,de%20Cr%C3%A9dito%20de%20Reciclagem%20%2D%20Recicla%2B). Acesso em: 26/11/22.
- BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.043-de-13-de-abril-de-2022-393566799>. Acesso em: 26/11/22.
- CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; BATALHA, Mário Otávio. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. *Gestão & produção*. v.13, n.3, set/dez. 20016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v13n3/05> Acesso em: 26/11/22.
- GARCIA, Manuel. *Logística Reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor*. XIII SIMPEP, São Paulo, nov. 2006. Disponível em: [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/1146](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1146) Acesso em: 26/11/22.
- GIMENEZ, A. Z.; MACRI, R. de C. V. Projeto de Aplicação da Metodologia DMAIC visando a Maximização da Produção de Açúcar. *Ciência & Tecnologia*, v. 13, n.1, p. 213-225, 2021.
- MOTTA, Wladimir Henriques. *Logística reversa e a reciclagem de embalagens no brasil*. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Agosto/2011. Disponível em: [http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg7/anais/t11\\_0350\\_2125.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg7/anais/t11_0350_2125.pdf) Acesso em: 26/11/22.
- SINNECKER, Cesar Alberto. *Estudo sobre a importância da logística reversa em quatro grandes empresas da região metropolitana de Curitiba*. 2017. 168f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.) - PPGEPS da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. 2007. Disponível em: <http://www.produtronica.pucpr.br/sip/conteudo/dissertacoes/pdf/CesarSinnecker.pdf> Acesso em: 26/11/22.
- SOUZA, Sueli Ferreira de; FONSECA, Sérgio Ulisses Lage. *Logística Reversa: oportunidades para redução de custos em decorrência da evolução do fator ecológico*. *Revista Terceiro Setor*. v.3, n.1, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.ung.br/index.php/3setor/article/viewFile/512/606> Acesso em: 26/11/22.

## MODELAGEM DAS INFORMAÇÕES DA CONSTRUÇÃO BIM NA SEDE DA ASSOCIAÇÃO DE MORADORES, CIDADE DOS MENINOS, DUQUE DE CAXIAS, RJ

Cunha C.H.S.1; Silva B.L.M.S.2; Pires G.D.2

<sup>1</sup>Aluno Engenharia Civil <sup>2</sup>Docentes Engenharia Civil

do Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

190070742@aluno.unig.edu.br, 0164046@professor.unig.edu.br, 0136072@professor.unig.edu.br,

**Resumo** – Este trabalho apresenta o processo de modelagem no Revit 2023 versão para estudante das edificações existentes na Cidade dos Meninos. A Cidade dos Meninos é uma área de propriedade federal, hoje sob a responsabilidade patrimonial do Ministério de Previdência Social brasileiro, e fica situada na localidade de Pilar, Distrito de Campos Elíseos, Município de Duque de Caxias, na Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Os processos de concepção tradicionais de projeto estão sendo modernizados para diminuir ainda mais as distâncias do tripé da qualidade de projetos: tempo, custo e escopo. Estas três bases em consonância geram a qualidade desejada nos projetos. Pode-se considerar como principal vantagem do BIM (Building Information Modeling), além da modelagem da informação do que se pretende construir, a forma de como construir. Saber os processos desenvolvidos em cada etapa da construção e a validade destas etapas com os materiais indicados e modelados. A demanda desta pesquisa nasce da necessidade de adequação das estruturas em modelos BIM, objetivando futuras captações de recursos públicos atendendo a nova lei de licitações.

(Palavras-chave: BIM. Modelagem. Construção.)

**Abstract** - This work presents the modeling process in Revit 2023 student version of existing buildings in Cidade dos Meninos. Cidade dos Meninos is an area of federal property, today under the patrimonial responsibility of the Brazilian Ministry of Social Security, and is located in the town of Pilar, Campos Elíseos, Duque de Caxias, in Baixada Fluminense, Rio de Janeiro. Traditional project design processes are being modernized to further reduce the three pillars of project quality: time, expense, and scope. These three bases together generate the desired quality in projects. The main advantage of BIM (Building Information Modeling) can be considered, in addition to modeling the information of what is intended to be built, the way in which it is built. Know the processes developed in each stage of construction and the validity of these stages with the indicated and modelled materials. The demand for this research arises from the need to adapt structures to BIM models, aiming for future public fundraising in compliance with the new bidding law.

(Keywords: BIM. Modeling. Building.)

## 1 INTRODUÇÃO

O BIM (do inglês, Building Information Modeling, Modelagem da Informação da Construção) tornou-se um facilitador de processos para os serviços de arquitetura, engenharia e construção modernos (Sacks et al, 2021). Com a tecnologia BIM, modelos virtuais precisos de uma edificação são construídos de forma digital. Os softwares em destaque no Brasil são o Revit, Sketchup Pro e Civil 3D, sendo os dois primeiros desenvolvidos com base na Arquitetura e o terceiro com mais aplicações na Engenharia civil. Esses modelos oferecem suporte a todas as fases de projeto, proporcionando análise e controle melhores do que são possíveis com os processos manuais e em 2D. Quando completos, esses modelos computacionais contêm geometria precisa e os dados necessários para dar suporte às atividades de construção, fabricação e contratação por meio das quais uma edificação é construída, operada e mantida.

Engenheiros civis e arquitetos formados a mais de 20 anos, aprenderam com o ensino tradicional a elaborar projetos partindo de elementos em 2D, como plantas baixas, mapas, plantas de locação etc. Na arquitetura existem mais elementos de estudo em três dimensões do que na engenharia civil, mesmo assim, o desenvolvimento e implantação final de uma obra ainda se concretiza com plantas mostrando elementos em duas dimensões. Um ponto importante, também, tem a ver com a simulação da construção. Num passado, não muito distante, precisava-se recorrer a maquetes para simulações da construção ou a sobreposição em 2D de plantas de várias disciplinas que incorriam a erros de visualização, desconsiderando as diferenças de níveis.

Os processos de concepção tradicionais de projeto estão sendo modernizados para diminuir ainda mais as distâncias do tripé da qualidade de projetos: tempo, custo e escopo. Estas três bases em consonância geram a qualidade desejada nos projetos. Entende-se que a concepção tradicional de engendrar um projeto amadurece, pelo fato que, a implementação de novas tecnologias não anula o arcabouço teórico pesquisado a séculos, mesmo que algumas rotinas mudem de posição. Um exemplo ocorre em projetos de arquitetura, onde o arquiteto inicia seu projeto pela volumetria, muitas vezes, inserindo no terreno um cubo. Ele desenvolve toda a parte de concepção “moldando” este cubo até a edificação final.

Hoje, no Brasil, temos em vigor a lei de licitações e contratos administrativos Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021, onde no capítulo 19, inciso V, parágrafo 3º, esclarece,

“Nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modelling- BIM) ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la.” (LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021)

Pode-se considerar como principal vantagem do BIM, além da modelagem da informação do que se pretende construir, a forma de como construir. Saber os processos envolvidos em cada etapa da construção e a validade destas etapas com os materiais indicados e modelados. Não se trata mais de projetar para um construtor, mas simular de forma digital a construção conforme capacidade e disponibilidade de equipamentos do construtor e validar para a construção real. Diminui-se interferências, aditivos de contrato, morosidade, compras equivocadas e muitos outros problemas que surgem na construção.



compatibilização com piso e esquadrias existentes. Na Figura 2 temos um exemplo do processo de modelagem.

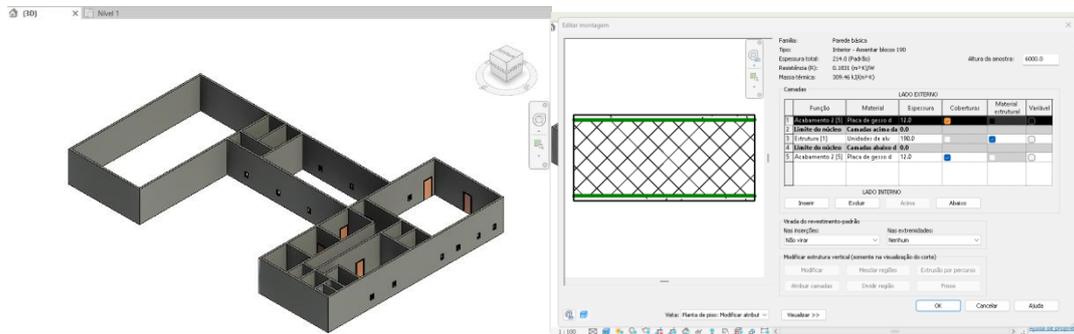


Figura 2 – Modelagem executada em 3D e detalhamento das paredes.

Com o estudo das informações existentes da edificação da Cidade dos Meninos, foram produzidos desenhos técnicos de arquitetura a partir da maquete eletrônica modelada no Revit 2023, descrevendo os materiais existentes no modelo. Na Figura 3 está apresentada uma prancha extraída do modelo.

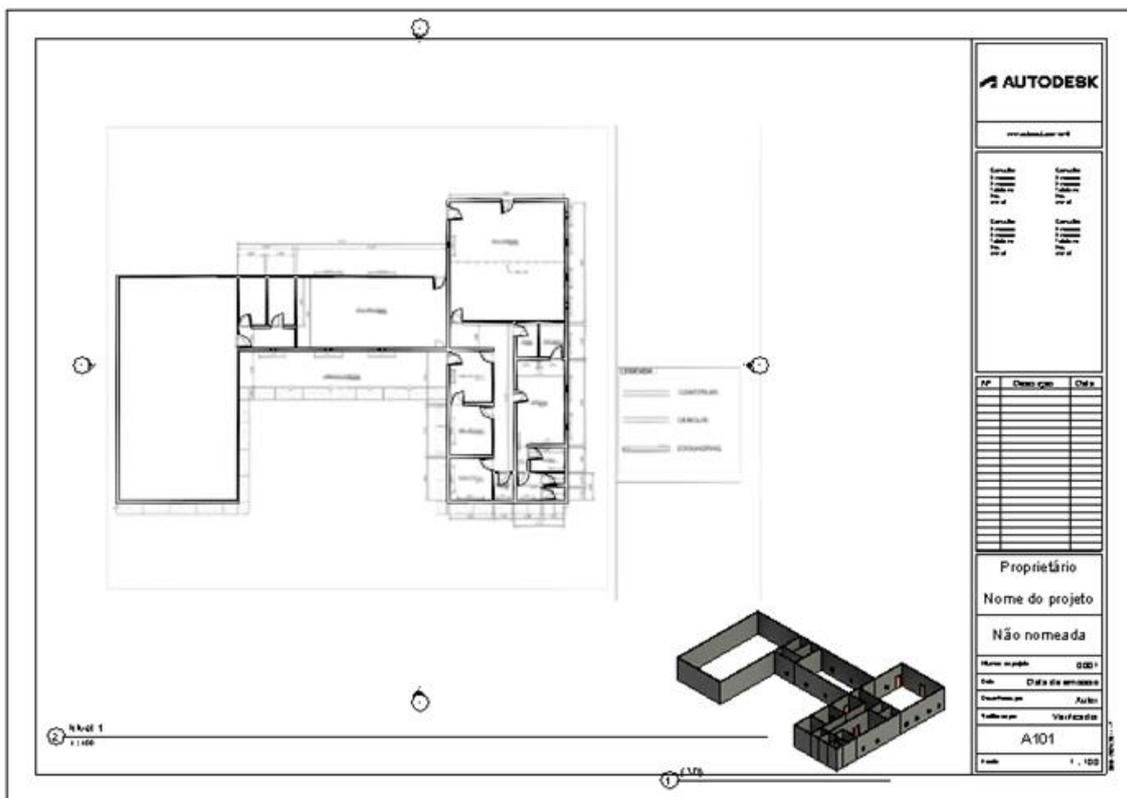


Figura 3 – Planta baixa extraída do modelo em escala .Fonte autor ,2023

#### **4 CONCLUSÕES**

A pesquisa apresentou as intenções do governo federal quanto a forma de contratação de obras públicas por meio da lei de licitações e contratos administrativos Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021, principalmente no ponto onde especifica a necessidade da modelagem da construção (BIM) para a realização de licitações.

Nesta pesquisa foi utilizado apenas um programa (Revit 2024) que compõe um grande arranjo de programas para modelagem da construção. O programa é o principal quando se trata de projetos onde a disciplina-mãe é a arquitetura. Assim, foi possível observar as potencialidades dos projetos que tem todas as informações traduzidas e transladadas num único ambiente, possibilitando a atuação direta de várias áreas, que falando em outras línguas e com seus próprios costumes, fluem para um mesmo propósito. Deste modo, a pesquisa alçou novos horizontes, desenvolvendo questionamentos sobre a edificação da Cidade dos Meninos. Uma delas deu-se em relação as intervenções que deveriam acontecer, para melhorias nas edificações, e onde a modelagem pudesse especificar e simular.

Os exemplos de implantação do BIM pesquisados auxiliaram e ampliaram uma maior consciência de interação entre as áreas envolvidas num projeto. Dois pontos tomaram destaque: primeiro, a mudança de cultura em projetos. A ideia de realizar uma etapa da sua própria área com a análise do que se fez dos pares e outras disciplinas num mesmo ambiente; idealizar desconfiando das possibilidades reais de execução ou implantação. A exposição clara de que não se pode apenas operar um serviço, mas desenvolver um relacionamento no projeto. Segundo, aumento de interação entre disciplinas, trazendo à tona as disciplinas de interface de cada área. Como exemplo, as disciplinas de estruturas na Arquitetura e as disciplinas de urbanismo e arquitetura na Engenharia civil.

## 6 REFERÊNCIAS

Sacks R, Eastman C, Teicholz P, Lee G. *Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. (3rd edição). Porto Alegre-RS Grupo A; 2021.

Lima CC. *Autodesk Revit Architecture 2014 - Conceitos e Aplicações*. São Paulo-SP: Editora Saraiva; 2013.

Presidente da República (Brasil). *Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Esta Lei estabelece normas gerais de licitação e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, Licitações e Contratos Administrativos*. Diário Oficial da União. Publicado em: 01/04/2021. Edição: 61-F. Seção: 1. Extra F. Página: 2. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.133-de-1-de-abril-de-2021-311876884>

FIOCRUZ. *Cidade dos Meninos: décadas de contaminação e doença versus o desejo da moradia. Mapa de Conflitos, Rio de Janeiro, RJ, 16 jun. 2013*. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rj-cidadedos-meninos-decadas-de-contaminacao-e-doenca-versus-o-desejo-damoradia/#sintese>. Acesso em: 18 jan. 2022.

Barros BCS. *Patologias em concreto armado. Estudo de caso: Recuperação Estrutural da AMACM, Duque de Caxias – RJ. Trabalho de conclusão de curso*. Nova Iguaçu/RJ. Unig. 2022.

Keila Kotaira CG & BIM, Keila Kotaira. *Hidrossanitário no Revit*. YouTube, data da publicação. Disponível em: 15 de fevereiro de 2022 [https://www.youtube.com/watch?v=Beq\\_7Dr8Woe&list=PLmTKtrUIA2UwIN9wg96YW8wHZMNx4ZWAR&pp=iAQB](https://www.youtube.com/watch?v=Beq_7Dr8Woe&list=PLmTKtrUIA2UwIN9wg96YW8wHZMNx4ZWAR&pp=iAQB). Acesso em: 05 de fevereiro de 2023.

## IMPACTOS E IMPORTÂNCIA DA COLETA SELETIVA NA LIMPEZA URBANA E NA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DA COMUNIDADE

Silva, L. M.<sup>1</sup>; Mello, M.A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>.Mestranda em Engenharia Ambiental pela UERJ, Engenheira Ambiental do Exército Brasileiro, Praça Duque de Caxias, 25 - Centro, 20221-260, Rio de Janeiro – RJ.

<sup>2</sup>.Doutor e Mestre em Engenharia Civil, Docente da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Luz, 26260-045, Nova Iguazu – RJ.

leticiamachado.silva@eb.mil.br<sup>1</sup>; marco.gomesdemello@eb.mil.br<sup>2</sup>

**Resumo** - A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é essencial para a sustentabilidade das cidades, e a coleta seletiva desempenha um papel vital nesse contexto. Este estudo adotou uma abordagem multidisciplinar, incorporando normas técnicas, estudos acadêmicos e documentos especializados, para examinar minuciosamente a relevância e os impactos da coleta seletiva na limpeza urbana. A coleta seletiva não apenas contribui para a redução do acúmulo de resíduos nas vias públicas, mas também influencia positivamente a estética e a imagem das cidades. Além disso, essa prática promove uma significativa diminuição na sobrecarga dos aterros sanitários, prolongando sua vida útil e mitigando os impactos ambientais associados à sua operação. Além dos benefícios operacionais, a coleta seletiva fortalece a conscientização ambiental das comunidades urbanas. Ao incentivar a segregação correta dos resíduos, ela promove uma compreensão mais ampla sobre a valorização dos recursos e a importância da redução do desperdício. Essa consciência resulta em contribuições diretas para a saúde pública e a qualidade de vida, além de fomentar uma participação mais ativa e responsável em prol do meio ambiente. Dessa forma, este resumo destaca a relevância da coleta seletiva na gestão de resíduos urbanos, enfatizando sua capacidade de influenciar positivamente a limpeza, a sustentabilidade e a consciência ambiental nas cidades contemporâneas.

**Palavras-chave:** coleta seletiva, resíduos, limpeza urbana, educação ambiental.

**Abstract** - Proper management of urban solid waste is crucial for city sustainability, and Selective Collection plays a vital role in this context. This study adopted a multidisciplinary approach, incorporating technical standards, academic studies, and specialized documents, to thoroughly examine the relevance and impacts of Selective Collection on urban cleanliness. Selective Collection not only contributes to reducing waste accumulation in public streets but also positively influences the aesthetics and image of cities. Additionally, this practice significantly decreases the overload on landfills, extending their lifespan and mitigating the environmental impacts associated with their operation. Beyond operational benefits, Selective Collection strengthens environmental awareness among urban communities. By encouraging proper waste segregation, it fosters a broader understanding of resource valuation and the importance of waste reduction. This awareness directly contributes to public health and quality of life, fostering more active and responsible participation for environmental conservation. Thus, this summary emphasizes the relevance of Selective Collection in urban waste management, highlighting its ability to positively influence cleanliness, sustainability, and environmental consciousness in contemporary cities.

**Keywords:** selective collection, waste, urban cleanliness, environmental education.

## INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos representa um dos maiores desafios para as comunidades e autoridades municipais no Brasil. O manuseio e a eliminação inadequada desses resíduos geram impactos ambientais significativos, ameaçando a saúde pública (DIDONET, 1997). A falta de locais apropriados para a disposição final dos resíduos sólidos persiste como um problema enfrentado pela maioria dos municípios brasileiros.

Nesse cenário, a coleta seletiva emerge como uma aliada indispensável para a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população. A sua implementação não apenas evita o desperdício de recursos naturais, mas também reduz a poluição ambiental, resultando em benefícios diretos para a saúde pública e podendo se transformar em fonte de emprego e renda.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2023), em 2022, o Brasil gerou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos, cerca de 381 kg/hab./ano, ou seja, cada cidadão brasileiro gera por dia, em média, 1,05 kg de resíduo sólido urbano. Contudo, dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) revelam que o país deixa de reciclar uma significativa quantidade de resíduos recicláveis presentes no lixo, resultando em prejuízos econômicos da ordem de oito bilhões de reais anualmente (IPEA, 2010).

Com o crescimento populacional, observa-se um aumento na geração per capita de resíduos sólidos. Essa tendência impacta diretamente a vida útil dos aterros sanitários e implica em grandes consequências ambientais (ROCHA, 2012). Estimativas indicam um aumento significativo na geração per capita de resíduos sólidos para os próximos anos, projetando uma crescente demanda por soluções eficazes na gestão desses resíduos (CAMPOS, 2012).

Apesar de uma parcela significativa dos resíduos gerados ter sido coletada, cerca de 5,7 milhões de toneladas não foram recolhidas nos locais de geração. No país a cobertura de coleta está restrita a 93% da área urbana (ABRELPE, 2023). O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos torna-se, assim, um dos principais desafios para os municípios, uma vez que a inadequada gestão desses resíduos representa um risco potencial ao ambiente e à saúde pública (GOUVEIA, 2012).

É fundamental que todas as etapas do gerenciamento de resíduos, desde a geração até a disposição final, envolvam medidas conjuntas entre governo e sociedade. O poder público deve disponibilizar recursos para políticas públicas de gestão de resíduos sólidos urbanos e promover a conscientização da população para a segregação domiciliar (BRINGHENTI; GÜNTHER, 2011).

Uma alternativa para reduzir o passivo ambiental decorrente da disposição inadequada dos resíduos é a coleta seletiva, integrada ao processo de reciclagem. Isso possibilita o retorno dos materiais recicláveis ao ciclo produtivo, reduzindo os impactos ambientais (KLIPPEL, 2015).

Segundo a ABRELPE (2023), no Brasil, a região que apresenta maior percentual com iniciativas de coleta seletiva é a região sul com 91,4% dos municípios. Em seguida, tem-se a região sudeste (91,2%), norte (66,2%), nordeste (57,7%) e centro-oeste (51,4%).

No contexto brasileiro, a legislação que abrange a gestão integrada de resíduos sólidos foi estabelecida pela Lei nº 12.305, a qual foi promulgada em 2010 para instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no país (Brasil, 2010). Algumas diretrizes da PNRS têm como base a organização de sistemas de coleta seletiva, preferencialmente em colaboração com cooperativas ou outras modalidades de associações (BAÊTA; PINTO; SILVA; GUABIROBA; JACOBI, 2023).

A PNRS estabelece a necessidade de "incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis". Essa promoção é reafirmada no Decreto nº 10.936/2022, que regulamentou a PNRS e instituiu que o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos priorizará cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis compostas por pessoas físicas de baixa renda. Destaca-se, também, o programa de Coleta Seletiva Cidadã, onde a administração pública deve destinar, prioritariamente, seus resíduos recicláveis às cooperativas de catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2022).

A partir da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, tem-se observado um aumento nas iniciativas de coleta seletiva. Ações dos gestores municipais têm contribuído para uma maior responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos, impulsionando essas iniciativas (RIBEIRO & BENSON, 2007).

Neste contexto, as melhores práticas de coleta seletiva no Brasil são aquelas baseadas em parcerias entre as administrações públicas e os catadores (RIBEIRO & BENSON, 2007). A coleta seletiva se apresenta como a melhor alternativa para reduzir os impactos ambientais do sistema de produção e consumo (SOUZA, 2008).

Este artigo propõe uma jornada de exploração rumo à compreensão aprofundada da coleta seletiva na limpeza urbana. Em um mundo em constante transformação, é imperativo não apenas compreender os desafios associados à gestão de resíduos urbanos, mas também abraçar as soluções que colocam o poder da mudança nas mãos de cada cidadão.

Dessa forma, nessa discussão explora-se os conhecimentos de renomados pensadores e defensores do meio ambiente, investigando os benefícios, desafios e impactos da coleta seletiva. Além disso, destaca-se a essencial participação cidadã como pilar fundamental na construção de comunidades mais limpas, conscientes e sustentáveis para as gerações vindouras. Há uma narrativa intrínseca entre a humanidade e seu entorno, onde as escolhas do presente moldam o amanhã. Nos últimos anos, o olhar crítico sobre a interação humana com o ambiente tem se aprofundado. Diante da acelerada urbanização e do crescimento populacional, a administração dos resíduos urbanos tornou-se um dos pilares cruciais na definição da qualidade de vida das comunidades e na preservação dos ecossistemas naturais.

## 2 MATERIAIS E METODOS

A metodologia adotada para este estudo compreendeu uma abordagem multidisciplinar, fundamentando-se em fontes confiáveis e reconhecidas no campo da gestão de resíduos sólidos, sustentabilidade urbana e políticas ambientais. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica criteriosa, incluindo artigos científicos, livros, relatórios governamentais, documentos de organizações não governamentais e normas técnicas.

A norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a NBR 10004 e os diagnósticos temáticos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) forneceram diretrizes essenciais para a classificação de resíduos sólidos, permitindo uma compreensão detalhada dos critérios utilizados nesse processo.

Os estudos acadêmicos contribuíram para embasar teoricamente a pesquisa, fornecendo *insights* sobre os impactos socioambientais, estratégias de manejo sustentável e desafios enfrentados na implementação de programas de coleta seletiva. Autores como Baêta *et al.*, Braga *et al.*, Gouveia, Bringhenti & Günther, Ribeiro & Bensen, Rocha, Souza, Silva e Klippel foram fundamentais para compreender experiências práticas, desafios enfrentados e perspectivas de programas de coleta seletiva no Brasil, assim como no contexto específico da gestão de resíduos em níveis municipais e educacionais. Os autores Shenypotro & Jones, Marcon & Stefani e Neumann *et al.* contribuíram por meio da reflexão de casos internacionais bem-sucedidos da coleta seletiva e da educação ambiental, este último resultando na efetividade da participação social. A pesquisa também se embasou na consulta de relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU), visando a obtenção de informações sobre políticas ambientais e diretrizes relacionadas à coleta seletiva.

A seleção e análise das informações foram conduzidas com um olhar crítico e reflexivo, considerando a relevância, credibilidade e contribuição para o entendimento abrangente da importância da coleta seletiva na limpeza urbana. A triangulação de informações provenientes de diferentes fontes permitiu a compilação de dados robustos e perspectivas diversificadas sobre o tema.

Entretanto, é válido ressaltar que esta metodologia se baseou principalmente na revisão bibliográfica, podendo haver limitações inerentes à disponibilidade de dados específicos ou perspectivas divergentes não contempladas na literatura consultada. Apesar disso, essa abordagem foi adotada para oferecer uma visão ampla e embasada sobre a importância da coleta seletiva e da educação ambiental na limpeza urbana, utilizando fontes confiáveis e reconhecidas no campo da gestão de resíduos sólidos.

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1. Impactos na Limpeza Urbana**

A adoção da coleta seletiva tem demonstrado impactos substanciais na limpeza urbana de diversas localidades ao redor do mundo. Esta prática transformadora tem gerado mudanças significativas, não apenas na gestão de resíduos, mas também na aparência e na qualidade ambiental das cidades. A seguir, serão detalhados alguns dos impactos positivos que a coleta seletiva promoveu na limpeza urbana das cidades.

Um dos resultados mais visíveis da coleta seletiva é a redução significativa de resíduos nas vias públicas. Ao incentivar a separação de materiais recicláveis na fonte e sua coleta específica, observa-se uma diminuição considerável de itens descartados incorretamente, contribuindo para ruas mais limpas e esteticamente agradáveis.

A implementação eficaz da coleta seletiva contribui para uma melhoria notável na estética urbana. A diminuição de resíduos dispostos inadequadamente, como plásticos, papelão e vidro, não apenas reduz a poluição visual, mas também eleva a qualidade visual dos espaços urbanos, transmitindo uma imagem de cidade mais cuidada e consciente.

A prática da coleta seletiva tem resultado em uma redução significativa na quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários. Ao desviar materiais recicláveis e compostáveis, esses locais de disposição final são menos sobrecarregados, prolongando sua vida útil e reduzindo os custos associados à gestão de resíduos. Se pensarmos que o plástico, por exemplo, em sua grande maioria advém do petróleo e que, enquanto matéria-prima possui um enorme poder de gerar energia, em função do elevado poder calorífico, característico desse material, podemos concluir que enterramos petróleo, ou seja, enterramos a mais pura fonte de energia, ou mesmo podemos concluir que enterramos recursos financeiros, a partir do momento que não atribuímos uma destinação nobre e encaminhamos esse potencial energético para o aterro sanitário.

Além dos aspectos visíveis da limpeza urbana, a coleta seletiva tem fomentado um engajamento comunitário mais amplo. O processo de separação e descarte responsável de resíduos promove a conscientização ambiental, incentivando uma mudança cultural em relação ao descarte de materiais e reforçando a responsabilidade coletiva na preservação do ambiente.

Estes resultados destacam os efeitos positivos e tangíveis da coleta seletiva na limpeza urbana, fornecendo evidências claras de que a implementação efetiva desses programas pode transformar significativamente a aparência e a qualidade dos espaços urbanos.

#### **3.2 Impactos na consciência ambiental da comunidade**

A introdução da coleta seletiva representa um marco significativo na gestão dos resíduos urbanos, trazendo consigo uma gama de impactos positivos não apenas na limpeza urbana, mas também na conscientização ambiental da comunidade. A seguir, serão destacados os impactos positivos dessa iniciativa na qualidade de vida da população local, visando aprimorar o bem-estar e a saúde dessa comunidade.

Ao serem envolvidos no processo de coleta seletiva, os cidadãos são incentivados a refletir criticamente sobre seus hábitos de consumo e descarte. Isso promove uma mudança de mentalidade, levando a escolhas mais conscientes e sustentáveis no dia a dia.

A coleta seletiva proporciona oportunidades tangíveis para educar e conscientizar a comunidade sobre a importância da segregação correta dos resíduos. Ao estimular a separação de materiais recicláveis na fonte, as pessoas aprendem sobre a valorização dos recursos e a redução do desperdício. Além disso, essa prática tem demonstrado uma significativa redução no volume de resíduos destinados aos aterros sanitários. Ao desviar uma parcela considerável de materiais para processos de reciclagem, compostagem e reutilização, a coleta seletiva prolonga a vida útil dos aterros e mitiga os impactos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos.

O engajamento em atividades de preservação ambiental, como a coleta seletiva, fortalece o sentimento de pertencimento à comunidade. Isso cria laços sociais em torno de um objetivo comum, gerando um senso de orgulho e comprometimento coletivo com a conservação do meio ambiente local.

A implementação eficaz da coleta seletiva contribui para uma transição mais fluida em direção à economia circular. Ao promover a separação e reciclagem de materiais, o ciclo de desperdício é quebrado, permitindo que muitos desses materiais retornem à cadeia produtiva como matéria-prima, reduzindo a demanda por recursos naturais e minimizando o descarte inadequado.

Um dos resultados mais valiosos da coleta seletiva é o engajamento comunitário e a educação ambiental que acompanham esse processo. Essa prática não apenas incentiva a separação correta dos resíduos, mas também promove a conscientização sobre a importância da preservação do meio ambiente, gerando uma mudança cultural em relação ao descarte responsável e à valorização dos recursos.

A coleta seletiva demonstra como as ações individuais podem impactar positivamente o meio ambiente. Ao compreenderem como suas escolhas diárias influenciam o destino final dos resíduos, os indivíduos passam a adotar práticas mais sustentáveis em suas vidas, contribuindo para um ambiente mais saudável.

A prática da coleta seletiva envolve diretamente os cidadãos no processo de preservação ambiental. Esse envolvimento ativo cria um senso de responsabilidade coletiva em relação ao meio ambiente, incentivando a participação contínua e a disseminação desses hábitos a outros membros da comunidade.

Ao desviar materiais recicláveis e compostáveis dos aterros sanitários e incineração, a coleta seletiva tem um impacto direto na redução da poluição do solo, da água e do ar. Essa prática contribui para a melhoria da qualidade ambiental, preservando ecossistemas locais e minimizando os efeitos negativos da disposição inadequada de resíduos.

Os resultados destacam a importância da coleta seletiva, não apenas na limpeza urbana, mas também na gestão de resíduos e conscientização ambiental. Ao estimular a separação de materiais recicláveis na fonte, essa prática reduz o volume de resíduos destinados aos aterros sanitários, prolongando a vida útil desses locais e mitigando impactos ambientais. Esses benefícios são essenciais para uma participação ativa e responsável da comunidade em prol do meio ambiente.

### **3.3 Importância da coleta seletiva na Limpeza Urbana**

A coleta seletiva desempenha um papel essencial na preservação da limpeza urbana e na formação de uma consciência ambiental ativa dentro das comunidades urbanas. Este sistema eficiente de gerenciamento de resíduos oferece uma série de benefícios que vão além da simples remoção de lixo das ruas.

Um dos impactos mais visíveis da coleta seletiva é a redução significativa do acúmulo de resíduos nas vias públicas. Ao separar materiais recicláveis, como plástico, vidro, papel e metal, essa prática reduz a quantidade de lixo disposta de forma inadequada, prevenindo a poluição visual e melhorando a estética das cidades. Isso não apenas embeleza os espaços urbanos, mas também cria ambientes mais agradáveis para os cidadãos, fortalecendo o senso de orgulho e pertencimento comunitário.

Outro aspecto crucial é a redução da sobrecarga nos aterros sanitários. Ao desviar uma parcela considerável de materiais recicláveis para processos de reciclagem, compostagem e reutilização, a coleta seletiva prolonga a vida útil desses locais. Isso não só reduz os custos associados à operação dos aterros, mas também minimiza os impactos ambientais decorrentes do acúmulo excessivo de resíduos.

Além disso, a coleta seletiva é um catalisador poderoso para fortalecer a consciência ambiental nas comunidades urbanas. Ao envolver os cidadãos no processo de separação e reciclagem de resíduos, ela promove a conscientização sobre a importância da preservação ambiental. Isso estimula mudanças comportamentais, incentivando hábitos mais sustentáveis e responsáveis, desde a redução do consumo até o descarte correto.

Os benefícios se estendem também para a saúde pública e qualidade de vida. A correta destinação dos resíduos contribui para a redução da poluição do ar, do solo e da água, impactando diretamente na saúde da população. Reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários também evita a contaminação desses locais, protegendo recursos hídricos e ecossistemas próximos, beneficiando a saúde e o bem-estar de todos.

Dessa forma, a coleta seletiva não é apenas um meio de limpar as cidades, mas uma ferramenta poderosa para promover a conscientização ambiental, reduzir a sobrecarga nos aterros sanitários e contribuir significativamente para a saúde pública e qualidade de vida das comunidades urbanas. Essa prática não só transforma a maneira como lida-se com os resíduos, mas também molda um futuro mais sustentável e saudável para todos.

### **3.4 Exemplos de Sucesso na Implementação da Coleta Seletiva**

#### **1) Curitiba, Brasil**

De acordo com Lima (2016), ao se analisar a evolução do sistema de coleta dos resíduos sólidos urbanos na capital curitibana junto aos seus cidadãos, foi possível perceber os motivos pelo qual a cidade é considerada nacionalmente como a cidade mais limpa do Brasil. Além de a capital contar com um estruturado sistema de coleta que abrange tanto a coleta convencional, do que não é reciclável, quanto à coleta seletiva, parcela com potencial de reciclagem, desenvolveu junto à população um eficaz trabalho de educação ambiental.

A implementação precoce de um sistema abrangente de separação na fonte e coleta seletiva porta a porta foi fundamental para minimizar a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários. Isso não apenas manteve as ruas mais limpas, mas também reduziu os custos associados à gestão de resíduos e promoveu uma mentalidade de responsabilidade compartilhada na comunidade. 2) San Francisco, Estados Unidos

De acordo com Neumann (2018), a cidade de São Francisco, localizada no Estado da Califórnia (EUA), é considerada uma das cidades mais sustentáveis do mundo.

No contexto dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), destaca-se a presença da Iniciativa "Zero Waste" (Resíduo Zero) implementada pela Prefeitura de São Francisco. Esse programa teve sua origem no ano de 1996, coincidindo com o lançamento do Programa de Compostagem Urbana de São Francisco. No

entanto, é crucial salientar que somente em 2009 a prefeitura municipal aprovou uma legislação que instituiu como compulsórias as práticas de reciclagem e compostagem. (NEUMANN, 2018)

San Francisco enfatizou a importância da coleta seletiva como parte de uma abordagem holística para alcançar metas de sustentabilidade. A cidade investiu em educação ambiental e na conscientização da comunidade, destacando a relevância de separar os resíduos para reduzir o desperdício e preservar recursos. A ênfase na reciclagem e compostagem não apenas melhorou a limpeza urbana, mas também impulsionou uma mudança cultural, tornando práticas sustentáveis parte integrante do estilo de vida dos habitantes.

### 3) Kamikatsu, Japão

No Japão, Kamikatsu ganhou destaque como líder em Desperdício Zero ao se comprometer, em 2001, a cessar o envio de qualquer resíduo para destinação final, seja em aterros sanitários ou por incineração. Este artigo tem como propósito analisar as duas últimas décadas de esforços em direção a esse objetivo em Kamikatsu, com ênfase na meta estabelecida para 2021, e examinar as barreiras que têm obstaculizado a conclusão bem-sucedida do desafio do Desperdício Zero.

O historiador ambiental Finn Arne Jørgensen evidencia um exemplo notável: a cidade de Kamikatsu, no Japão, que atualmente atinge uma impressionante taxa de recuperação de 81% de seus resíduos. O objetivo da cidade é se tornar uma comunidade de Desperdício Zero, e surpreendentemente, ela não conta com caminhões de coleta. Em vez disso, todos os residentes são responsáveis por levar seus próprios resíduos às estações de reciclagem e realizar a separação dos materiais. Quando o programa foi implementado há duas décadas, havia previsão de 22 categorias de materiais; hoje, esse número aumentou para 45. Embora tenha havido resistência inicial por parte da população devido ao trabalho manual exigido pelo rigoroso sistema de coleta seletiva, a comunidade acabou por aderir ao novo paradigma, baseado na lógica do sacrifício individual em prol do bem comum. (JØRGENSEN, 2019 *apud* SILVA, 2022)

Kamikatsu reconheceu a importância da coleta seletiva como um pilar fundamental para atingir sua visão de "lixo zero". A cidade implementou um sistema meticuloso de separação de resíduos, incentivando os residentes a adotarem práticas de redução, reutilização e reciclagem. O foco intenso na separação e no aproveitamento dos resíduos transformou não apenas a aparência da cidade, mas também fortaleceu o senso de comunidade e responsabilidade ambiental, tornando Kamikatsu um exemplo inspirador de como a coleta seletiva pode transformar drasticamente a limpeza urbana. (SHENYOPUTRO; JONES, 2023)

Em síntese, em cada uma dessas cidades, a coleta seletiva se tornou uma prioridade central, não apenas como um meio de remover resíduos, mas como uma ferramenta poderosa para promover mudanças significativas na cultura, na estética urbana e no cuidado com o meio ambiente. Esses exemplos destacam como a ênfase na coleta seletiva impulsionou não apenas a limpeza física das cidades, mas também influenciou positivamente a mentalidade e o comportamento dos cidadãos em direção a práticas mais sustentáveis.

### 3.5 Agenda 2030 (ONU)

De acordo com a ONU (2015), a Agenda 2030 é um plano de ação global adotado pelos 193 Estados-Membros das Nações Unidas em setembro de 2015. Oficialmente chamada de "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável", é o documento que delineia um

conjunto amplo de metas e objetivos. Ele visa lidar com desafios globais e impulsionar o desenvolvimento sustentável em escala global.

A Agenda 2030 inclui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que abarcam uma ampla gama de questões, desde a erradicação da pobreza e a fome até a promoção da igualdade de gênero, a garantia de acesso à educação de qualidade, o combate às mudanças climáticas, incluindo a gestão adequada dos resíduos. Cada ODS possui metas específicas a serem alcançadas até o ano de 2030, sendo uma de suas metas:

*“Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.” (ONU, 2016)*

De acordo com MARCON *et al.* (2023), a busca por cidades mais sustentáveis, com uma eficiente gestão de resíduos sólidos está alinhada às metas da ODS 11 da Agenda 2030.

Para atingir as metas e objetivos delineados na Agenda 2030, é essencial contar com a participação de diversos setores, incluindo não apenas a esfera governamental, mas também a iniciativa privada, organizações não governamentais (ONGs) e, sobretudo, a população em geral. A proposta subjacente é que a Agenda 2030 não se restrinja a um mero compromisso registrado em documentos, mas que efetivamente promova um desenvolvimento sustentável para a humanidade (ROMA, 2019).

### **3.6 Discussão dos Resultados**

Os resultados observados em cidades como Curitiba, San Francisco e Kamikatsu reforçam os inúmeros benefícios da coleta seletiva na limpeza urbana. Além de promover ruas mais limpas e esteticamente agradáveis, esse sistema contribuiu significativamente para a redução do volume de resíduos enviados aos aterros sanitários, estimulou uma mudança cultural em direção à responsabilidade ambiental e impulsionou o engajamento ativo da comunidade na preservação do meio ambiente.

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação eficaz da coleta seletiva enfrenta desafios consideráveis. A necessidade de infraestrutura adequada, educação contínua da comunidade e políticas de apoio são cruciais para garantir a eficiência e a sustentabilidade desses programas. A resistência cultural, a falta de recursos financeiros e a logística complexa também representam desafios que precisam ser superados para alcançar o pleno potencial da coleta seletiva.

A percepção e reflexão individual sobre os inúmeros problemas sociais e ambientais decorrentes do consumismo devem desencadear um processo de formação de consumidores conscientes, cientes de seu papel na promoção da cidadania e na construção de sociedades sustentáveis em oposição às sociedades baseadas no consumo. Nesse sentido, é imperativo promover uma articulação coletiva capaz de intervir de maneira eficaz na esfera política. Isso implica atuar em prol da garantia dos direitos dos cidadãos e defender a utilização e distribuição coerente e democrática dos recursos naturais, reconhecendo-os como um bem comum de todos, sem distinção. (LIMA *et al.*, 2016)

A discussão dos resultados ressalta a importância crucial da educação ambiental contínua e do engajamento ativo dos cidadãos. As experiências dessas cidades bem-sucedidas destacam que, para a coleta seletiva prosperar, é fundamental promover a conscientização, fornecer informações claras sobre práticas de separação de resíduos e incentivar a participação ativa da comunidade, tornando-a parte integrante do processo de gestão de resíduos.

Os resultados discutidos vão além da limpeza urbana, evidenciando os impactos sociais, econômicos e ambientais mais amplos da coleta seletiva. Além de manter ruas limpas, essa prática influencia a

economia circular, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais, fomentando a criação de empregos na indústria de reciclagem e fortalecendo a resiliência ambiental das cidades.

A discussão dos resultados destaca a necessidade premente de políticas públicas que apoiem e incentivem ativamente a coleta seletiva. O papel do governo é fundamental na criação de estratégias eficazes, fornecendo apoio financeiro, infraestrutura adequada, regulamentações e iniciativas educacionais que alimentem e sustentem programas de coleta seletiva eficientes e duradouros.

Essa discussão realça os avanços e desafios associados à coleta seletiva na limpeza urbana, enfatizando a importância de uma abordagem holística, que vá além da remoção de resíduos, para promover mudanças efetivas e sustentáveis nas cidades.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise dos resultados evidencia a importância crucial da coleta seletiva na limpeza urbana e na promoção de cidades mais sustentáveis. O impacto positivo dessa prática vai além da remoção de resíduos, influenciando diretamente a estética urbana, a qualidade de vida dos habitantes e a preservação do meio ambiente.

A percepção e reflexão individual sobre os inúmeros problemas sociais e ambientais decorrentes do consumismo devem desencadear um processo de formação de consumidores conscientes, cientes de seu papel na promoção da cidadania e na construção de sociedades sustentáveis em oposição às sociedades baseadas no consumo. Nesse sentido, é imperativo promover uma articulação coletiva capaz de intervir de maneira eficaz na esfera política. Isso implica atuar em prol da garantia dos direitos dos cidadãos e defender a utilização e distribuição coerente e democrática dos recursos naturais, reconhecendo-os como um bem comum de todos, sem distinção.

É inegável que cidades como Curitiba, San Francisco e Kamikatsu, entre outras, demonstraram os benefícios tangíveis da implementação efetiva da coleta seletiva. Estes exemplos ressaltam a necessidade de políticas públicas bem elaboradas, investimentos em infraestrutura, educação ambiental contínua e engajamento ativo da comunidade para garantir o sucesso e a sustentabilidade desses programas.

As considerações finais reforçam a importância de:

##### **1) Educação e Conscientização Contínuas**

O aprimoramento da conscientização ambiental da comunidade é essencial. É preciso investir em programas educacionais que promovam a separação correta de resíduos e incentivem a participação ativa dos cidadãos, criando uma cultura de responsabilidade ambiental desde cedo.

##### **2) Apoio Governamental e Políticas Estratégicas**

A cooperação entre governos e políticas estratégicas são fundamentais para o sucesso da coleta seletiva. O estabelecimento de regulamentações claras, investimentos em infraestrutura e apoio financeiro são elementos-chave para impulsionar a eficácia desses programas.

##### **3) Inovação e Adaptação Contínua**

A inovação tecnológica e a adaptação constante são necessárias para otimizar os sistemas de coleta seletiva. O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, como métodos de coleta inteligente, pode aprimorar a eficácia desses programas.

##### **4) Engajamento Comunitário Permanente**

O engajamento contínuo da comunidade é imprescindível. Promover uma participação ativa e uma mentalidade de responsabilidade compartilhada fortalece a eficiência e a sustentabilidade dos programas de coleta seletiva.

Em resumo, a implementação bem-sucedida da coleta seletiva na limpeza urbana exige um esforço conjunto de múltiplos atores, desde os governos até os cidadãos individuais. Essa prática não apenas transforma a aparência das cidades, mas também desempenha um papel crucial na preservação do meio ambiente para as gerações futuras. É através da cooperação, inovação e compromisso contínuo que podemos alcançar cidades mais limpas, saudáveis e sustentáveis para todos.

## 5 CONCLUSÃO

A coleta seletiva emerge como um catalisador fundamental na transformação de nossas cidades em ambientes mais limpos, saudáveis e sustentáveis. Ao longo deste artigo, explora-se os benefícios tangíveis e os desafios associados à implementação desses programas, evidenciando a influência positiva que exercem na limpeza urbana e na conscientização ambiental das comunidades.

A análise de casos exemplares, como os de Curitiba, San Francisco e Kamikatsu, ressalta a importância de políticas públicas eficazes, investimentos em infraestrutura adequada e educação contínua para alcançar o sucesso da coleta seletiva. Esses exemplos inspiradores demonstram como a participação ativa dos cidadãos, aliada a uma visão estratégica por parte dos governos, pode moldar efetivamente a sustentabilidade urbana.

É inegável que a coleta seletiva vai muito além da remoção de resíduos; ela representa uma mudança de paradigma, um convite para repensar a maneira como interagimos com os recursos do nosso planeta. O sucesso desses programas não apenas resulta em ruas mais limpas e esteticamente agradáveis, mas também fortalece a economia circular, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e preservando o meio ambiente para as gerações futuras.

Assim, para que a coleta seletiva prospere e continue a promover mudanças positivas, é crucial um compromisso conjunto de todos os setores da sociedade. Desde a implementação de políticas mais sólidas até o envolvimento ativo dos cidadãos, cada ação conta no caminho em direção a cidades mais resilientes, inclusivas e ecologicamente equilibradas.

Acredita-se firmemente que o investimento em práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis não é apenas uma escolha, mas uma responsabilidade compartilhada. É através dessa cooperação e comprometimento que podemos não só transformar a limpeza urbana, mas também moldar um futuro mais promissor e consciente para todos.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. *NBR 10007: amostragem de resíduos: procedimento*. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas.. *NBR 10004: resíduos sólidos :classificação*. Rio de Janeiro, 1987.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022*. São Paulo, 2023

AMORIM, C.. *Discurso na Conferência das Nações Unidas sobre a crise financeira e econômica mundial e seu impacto sobre o desenvolvimento*: Nova York, 26 jun. 2009. In: BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. *Discursos, palestras e artigos do chanceler*

AMORIM C.: 2003-2010. Brasília, 2011. v. 2, p. 63-65.

BAÊTA, D. G. et al. *20 anos de pesquisas sobre coleta seletiva no Brasil: uma análise bibliométrica*. CIENCIAS SOCIALES, v. 16, n. 1, p. 55-64, 2023. Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.1-005>. Acesso em: 06 jan. 2024.

- BRAGA, B.; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - O desafio do desenvolvimento Sustentável**. 2ª Edição. I.S.B.N. 2005.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, seção, Brasília, DF, ano 147, n.147, p.20, 03 ago. 2010.
- BRINGHENTI, J. R.; GÜNTHER, W.M. R. **Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, n.4, p. 421-430, 2011.
- \_\_\_\_\_. Decreto N°10.936, 12 DE JANEIRO DE 2022. Brasília-DF, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>. Acesso em: 08 jan. 2024.
- DIDONET, V. **Perspectiva da educação infantil ou A educação infantil a partir da LDB**. Brasília - junho/1997.
- GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012.
- JØRGENSEN, F; A. **Recycling**. Cambridge: The MIT Press, 2019.
- KLIPPEL, A. da S. **Gerenciamento de resíduos sólidos em escolas públicas**. 2015. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.
- LIMA, C.; COSTA, A.. **A Importância da Educação Ambiental para o sistema de coleta seletiva: um estudo de caso em Curitiba**. Rev. Geogr. Acadêmica v.10, n.2 (xii.2016). p. 129 - 137. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/doi/16787226/2016/00000010/00000002/art00011;jsessionid=1afwh2hdjw2eg.x-ic-live-03#Refs>. Acesso em: 06 JAN 2024.
- MARCON, Katieli Carina Almeida; STÉFANI, Silvio Roberto. **Coleta Conteinirizada de Resíduos Sólidos em Uma Cidade do Interior do Paraná e Suas Implicações Para o Cumprimento da ODS 11**. MIX Sustentável, v. 9, n. 2, p. 17-30, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustenta-vel>>. Acesso em: 07 jan. 2024.. doi: <<https://doi.org/10.29183/24-47-3073.MIX2023.v9.n2.17-30>>.
- ONU NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4: Educação de qualidade**. [2023]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em: 15 de dezembro de 2023.
- \_\_\_\_\_. **TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO: A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 2016**. Disponível em: <[http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/brasil\\_amigo\\_pesso\\_idosa/Agenda2030.pdf](http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/brasil_amigo_pesso_idosa/Agenda2030.pdf)> Acesso em: 06 jan. 2024.
- NETO, Paulo Nascimento; MOREIRA, Tomás Antonio. **Política nacional de resíduos sólidos-reflexões acerca do novo marco regulatório nacional**. Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online), n. 15, p. 10-19, 2010.
- NEUMANN, Helena Rodi et al. **UM PROJETO SUSTENTÁVEL: Gestão do lixo em Naviraí-MS**. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 2, n. 1, 2018.
- RIBEIRO, H. & BESEN, G.R. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: Desafios e Perspectivas a partir de Três Estudos de Caso**. São Paulo: INTERFACEHS - Revista de Gestão Integrada em Saúde de Trabalho e Meio Ambiente; v.2, nº4, Artigo 1, ago /2007.
- ROCHA, D. L. **Uma análise da coleta seletiva em Teixeira de Freitas – Bahia**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, MG, v. 13, n. 44, p. 140-155, dez. 2012.
- SHENYOPUTRO, K.; JONES, Thomas E.. **Reflections on a two-decade journey toward zero waste: a case study of Kamikatsu Town, Japan**. Frontiers In Environmental Science: Frontiers in Environmental Science, [S.L.], v. 11, p. 1-4, 4 abr. 2023. Mensal. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2023.1171379>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1171379/full>. Acesso em: 07 jan. 2024.
- SILVA, Yan Casemiro Ferreira. **A efetivação da reciclagem como instrumento simbólico na reconstrução do paradigma ambiental brasileiro**. 2022. 81 f. Monografia (Especialização) - Curso de Direito, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Cap. 5. Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/19274/1/YCFSilva.pdf. Acesso em: 07 jan. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico temático - Manejo de resíduos sólidos urbanos. Site institucional, 2023. Disponível em: <[https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos\\_snis](https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos_snis)>. Acesso em: 07 jan. 2024.

SOUZA, J. C. de. **Resíduos sólidos urbanos domiciliares na cidade de Londrina – PR.** (2008) Monografia (Geografia) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. Disponível em:

<[http://www.uel.br/cce/geo/tcc/071\\_residuossolidosurbanosdomiciliaresnacidadedelondrinapr\\_2008.pdf](http://www.uel.br/cce/geo/tcc/071_residuossolidosurbanosdomiciliaresnacidadedelondrinapr_2008.pdf)> Acesso em: 15 de dezembro de 2023.

TAKEDA, Adalberto Koodi et al. **Análise da gestão dos resíduos urbanos da cidade de Curitiba: com abordagem na coleta seletiva e domiciliar.** 2002.

## INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA EMPRESA ALUTECH ALUMÍNIO TECNOLOGIA LTDA

Paula A. dos S.<sup>1</sup>; Pires G. D.<sup>2</sup>; Guarido C.E.M.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Aluna Graduação de Engenharia Civil <sup>2,3</sup> Professor de Engenharia Civil

<sup>1,2</sup> Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade Engenharia Civil - Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

<sup>1</sup>210038100@aluno.unig.edu.br, <sup>2</sup>0136072@professor.unig.edu.br, <sup>3</sup>0149013@professor.unig.edu.br

**Resumo** – Recentes alterações no posicionamento de lideranças políticas mundiais sobre a temática de mudanças climáticas mundiais evidenciam a importância de um programa de gestão de emissões de gases de efeito estufa (GEE) tanto em organizações quanto em estados e nações. Os inventários de GEE são ferramentas essenciais para se realizar a gestão emissões de GEE pois são o primeiro passo, indicando o panorama atual e identificando em quais fontes de emissão se devem elaborar projetos de mitigação. Este trabalho teve como objetivo avaliar e inventariar as emissões de GEE da empresa Alutech Alumínio Tecnologia LTDA, por meio do levantamento das fontes de emissão e contabilizá-las. O trabalho foi dividido em três partes, primeiro levantou-se as emissões de gases de efeito estufa geradas pela empresa no ano de 2022/23, contabilizou-se a mesmas, e por fim, avaliou-se algumas medidas para a neutralização dessas emissões. Os dados coletados e calculados resultaram: o Escopo 1, relacionado à combustão estacionária, móvel e fugitiva, representou 32,9% do total das emissões, enquanto o Escopo 2, relacionada ao consumo de energia elétrica, representou 0,5%. O Escopo 3, que considera os materiais e o deslocamento dos funcionários, foi o de maior representatividade, 66,6%. Portanto, as emissões de cada operação para possibilitou comparação e criar metas e planos de ações individuais. As ações de mitigação foram de extrema importância no processo de melhoria contínua da empresa.

**Palavras Chaves:** Gases de efeito estufa, inventário, emissão.

**Abstract** - Recent changes in the position of global political leaders on the topic of global climate change highlight the importance of a greenhouse gas (GHG) emissions management program both in organizations and in states and nations. GHG inventories are essential tools for managing GHG emissions as they are the first step, indicating the current situation and identifying which emission sources should be developed for mitigation projects. This work aimed to evaluate and inventory the GHG emissions of the company Alutech Alumínio Tecnologia LTDA, by surveying emission sources and accounting for them. The work was divided into three parts, first the greenhouse gas emissions generated by the company in 2022/23 were recorded, they were recorded, and finally, some measures were evaluated to neutralize these emissions. The collected and calculated data resulted in: Scope 1, related to stationary, mobile and fugitive combustion, represented 32.9% of total emissions, while Scope 2, related to electrical energy consumption, represented 0.5%. Scope 3, which considers materials and employee travel, was the most representative, 66.6%. Therefore, the emissions of each operation made it possible to compare and create individual goals and action plans. Mitigation actions were extremely important in the company's continuous improvement process.

**Key Words:** Greenhouse gases, inventory, emission.

## 1 INTRODUÇÃO

A habilidade da sociedade em causar significantes distúrbios ao meio ambiente é um fenômeno recente e fortemente influenciado pelo crescimento demográfico e desenvolvimento tecnológico. O homem primitivo vivendo em menor número e realizando sua prática cotidiana com baixo consumo de matéria e energia não alterou significativamente o seu ambiente natural.

Como ressaltou KEMP (2019), a população total mudou muito pouco por milhares de anos e o domínio sobre o meio ambiente começou a se tornar um desafio à sobrevivência. Essencial para aquele desafio foi o desenvolvimento da tecnologia que induziu o uso cada vez mais intenso de recursos materiais e energia. As atividades humanas, no entanto, estão atreladas às leis naturais bem definidas e implacáveis em suas ações.

Segundo o IPCC (2009), as mudanças climáticas são variações significantes, a longo prazo, da temperatura, chuva e vento, devido à processos naturais, às forças externas, às mudanças persistentes ou às causadas pela ação do homem na composição da atmosfera e uso da terra. Estudos recentes indicam que a ação do homem tem acelerado esse processo, principalmente pelo aumento dos volumes de gases de efeito estufa na atmosfera, que gera o aumento de temperatura média da superfície da Terra, processo conhecido como aquecimento global.

Essas mudanças do clima podem gerar impactos negativos ao planeta como, por exemplo, a elevação dos níveis dos mares, as chuvas intensas, as tempestades, as secas, as ondas de calor ou de frio, as mudanças abruptas do tempo, os movimentos populacionais, as mudanças biológicas e ecológicas. Podem, ainda, afetar a população humana e/ou levar muitas espécies da nossa biodiversidade à extinção, devido a esses eventos extremos. Diversos ecossistemas podem ser alterados e as espécies dificilmente se adaptariam.

A metodologia do *GHG Protocol* permite elaborar inventários de GEE que visam gerenciar riscos de suas emissões, identificarem oportunidades de redução, remoção ou compensação. É possível, também, estimular programas voluntários de implementação dessas práticas, com aprimoramento regulatório, participação em mercados de GEE e reconhecer a antecipação de medidas (IPCC, 2009).

Diante desse universo, o Estado do Rio de Janeiro, por intermédio Instituto Estadual do Ambiente, elaborou o Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas. O Plano é um dos instrumentos de política pública previstos pela Lei nº 5.690, de 14 de abril de 2010, que dispõe sobre a Política Estadual Sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável. Tem por objetivo fomentar a quantificação das emissões nas empresas fluminenses e prepará-las para que possam conhecer, analisar essas quantidades (realizar inventário); buscar a respectiva redução, também, demonstrar que estão preparadas para atender as futuras políticas ambientais e enfrentar o competitivo mercado onde atuam. Com a possibilidade de superar barreiras não-tarifárias exigidas por agências, empresas, legislação os acordos, tanto nacionais quanto internacionais.

O objetivo desse trabalho foi avaliar e inventariar as emissões de GEE da empresa Alutech Alumínio Tecnologia LTDA, por meio do levantamento das fontes de emissão e contabilizá-las, para propor meios de mitigar e compensar os impactos gerados pela atividade.

## 2 MATERIAISE E METODOS

O Inventário de emissões de 2022/23 da Alutech Alumínio Tecnologia LTDA foi calculado através do software *CarbonSys* (GILSON, 2022). O software auxilia na gestão das informações relativas as fontes

de emissões, observadas as atividades e necessidades específicas de cada atividade. Este software que possui um banco de dados com os fatores de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

Primeiramente, definiu-se a abrangência do inventário (Etapa 1). Em seguida, definiu-se o período de referência e ano-base do inventário (Etapa 2). Foram identificadas as fontes da organização (Etapa 3) que foram, então, categorizadas e hierarquizadas. Posterior, realizou-se o processo de coleta de dados (Etapa 4). Para a realização do cálculo das emissões (Etapa 5), foram utilizados os dados de emissão e seus respectivos fatores. Por fim, os resultados foram compilados em um relatório anual (Etapa 6).

As etapas conceituais utilizadas para a elaboração deste inventário são apresentadas no fluxograma abaixo (Figura 1):

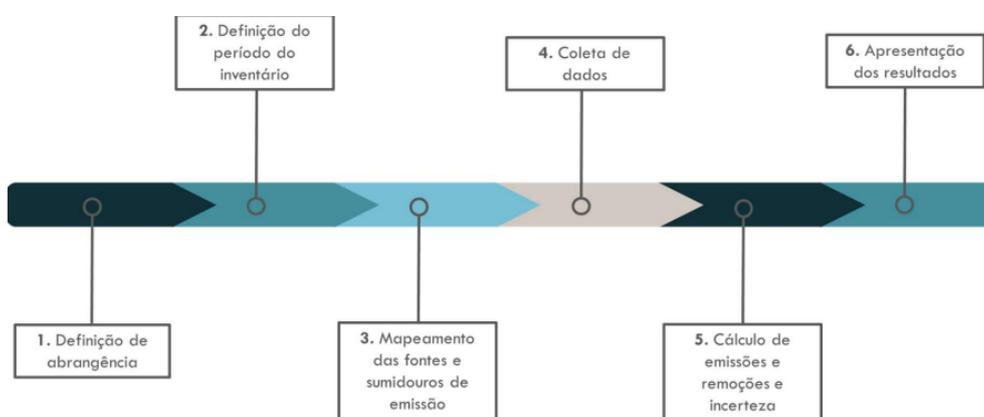


Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas para a realização do inventário.

A definição de fronteiras operacionais considerou a identificação das fontes de GEE associadas às operações por meio de sua categorização em emissões diretas ou indiretas utilizando-se o conceito de escopo. Abaixo, são definidas cada uma das três categorias adotadas pelo GHG Protocol e indicadas as opções contempladas neste inventário. Escopo 1: Emissões diretas de GEE provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização. Escopo 2: Emissões indiretas de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica que é consumida pela organização. Escopo 3: Categoria de relato opcional, considera todas as outras emissões indiretas não enquadradas no Escopo 2. São uma consequência das atividades da organização, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por ela.

### 3 RESULTADOS

#### 3,1 FONTES DE EMISSÃO CONTEMPLADAS

As fontes de emissão contempladas no inventário, de acordo com a hierarquização e organização estruturada, estão apresentadas na Tabela 1.

Escopo	Categoria	Dado controlado
Escopo 1	Combustão estacionária	Consumo de GN em fontes stacionárias
		Consumo de Óleo Combustível em fontes estacionárias
		Consumo de Óleo Diesel nos geradores
	Combustão móvel	Consumo de Álcool - Frota Própria
		Consumo de Diesel - Frota Própria
		Consumo de Gasolina - Frota Própria
		Consumo de GNV - Frota Própria
	Fugitivas	Consumo de CO <sub>2</sub> em extintores
		Perdas de Gás Natural no transporte
Escopo 2	Aquisição de Energia elétrica	Perdas do sistema de T&D
		Consumo de energia elétrica
Escopo 3	Cat. 1. Bens e serviços comprados	Consumo de GLP em empilhadeiras
	Cat. 4. Transporte	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)
	Cat. 5. Resíduos gerados nas operações	Massa de resíduo enviado para a incineração
		Massa de resíduo enviado para o coprocessamento
	Cat. 6. Viagens a negócios	Viagens áreas
	Cat. 7. Deslocamento de funcionários (casa/trabalho)	Consumo de diesel para deslocamento de funcionários
	Cat. 9. Transporte	Consumo de Álcool
		Consumo de Diesel
Consumo de Gasolina		
Consumo de GNV		

Tabela 1 – Fontes de emissão contempladas no inventário de acordo com escopo, categoria e dado controlado.

Conforme observado na Tabela 1, os processos definidos para o inventário da Alutech foram correlacionados com a categorização definida pelo Programa Brasileiro do GHG Protocol. Segundo este programa, as categorias foram definidas da seguinte maneira:

- **Combustão estacionária (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia, geralmente, utilizada para produzir vapor de água ou energia elétrica. Essa energia não é utilizada para meio de transporte. Exemplos: fornos, queimadores, aquecedores e geradores.
- **Combustão móvel (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia utilizada para produzir movimento e percorrer um trajeto. Exemplos: carros, motocicletas, caminhões, ônibus, tratores, empilhadeiras, aviões e trens.
- **Fugitivas (escopo 1):** escapes de GEE geralmente não intencionais que ocorrem durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás. Exemplos: extintores de incêndio (CO<sub>2</sub>) e vazamento de equipamentos de refrigeração e ar-condicionado (HFC ou PFC).
- **Aquisição de energia elétrica (escopo 2):** emissões de GEE provenientes da geração de energia elétrica adquirida pela empresa inventariante ou relacionadas à parcela de energia elétrica perdida pelos sistemas de transmissão e distribuição.

- **Categoria 1:** Bens e serviços comprados (Escopo 3): Bens ou serviços comprados pela empresa de terceiros que gerem emissões de GEE.
- **Categoria 4:** Transporte (escopo 3): emissões de distribuição de produtos e transporte comprados ou adquiridos pela organização inventariante em veículos e instalações que não são de propriedade nem operados pela organização.
- **Categoria 5:** Resíduos gerados nas operações (escopo 3): inclui as emissões do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos e efluentes líquidos decorrentes das operações da organização inventariante controladas por terceiros. Esta categoria contabiliza todas as emissões futuras (ao longo do processo de tratamento e/ou disposição final) que resultam dos resíduos gerados no ano inventariado.
- **Categoria 6:** Viagens a negócios (escopo 3): emissões do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios da organização inventariante, realizado em veículos operados por ou de propriedade de terceiros, tais como aeronaves, trens, ônibus, automóveis de passageiros e embarcações. São considerados nesta categoria todos os funcionários de entidades e unidades operadas, alugadas ou de propriedade da organização inventariante. Podem ser incluídos nesta categoria funcionários de outras entidades relevantes (por exemplo, prestadores de serviços terceirizados), assim como consultores e outros indivíduos que não são funcionários da organização inventariante, mas que se deslocam às suas unidades.
- **Categoria 7:** Deslocamento de funcionários (escopo 3): As emissões dessa categoria incluem o transporte dos funcionários entre as suas casas até o seu local de trabalho. Incluem-se nessa categoria o transporte por carros, ônibus, trem e outros modais de transporte urbano.
- **Categoria 9:** Transporte (escopo 3): Emissões do transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização inventariante (se não for pago por esta) entre suas operações e o consumidor final, incluindo varejo e armazenagem, em veículos e instalações de terceiros.

### 3.1 Coleta de Dados

Assim como Guarido *et al.* 2023, o fluxo de informações para o desenvolvimento do inventário ocorreu com a seguinte sequência de atividades:

1. Os gestores identificaram os colaboradores que gerenciaram as informações necessárias para a construção do inventário de GEE;
2. Colaboradores que monitoraram as operações verificaram a melhor forma de obter os dados dos sistemas de gestão da empresa;
3. As informações coletadas foram consolidadas pelos pontos focais e, por fim, foram enviadas para CarbonSys. que desenvolveu uma planilha de coleta de dados específica para cada um dos pontos analisados.

### 3.2 Cálculo das Emissões

Os dados coletados e calculados resultaram: o Escopo 1, tabela 2, relacionado à combustão estacionária, móvel e fugitiva, representou 32,9% do total das emissões.

Escopo 01	CO2 (t)	CH4 (t)	N2O (t)	HFCs (t)	Emissão Total (tCO2e)	Representatividade da Fonte (%)
Combustão Estacionária	971,7	0,12	0,02	-	971,84	23,3
Combustão Móvel	397,8	0,03	0,03	-	397,86	9,6
Emissões Fugitivas	0,11	-	-	-	0,11	0,002
<b>Total</b>						<b>32,9</b>

Tabela 2 – Parâmetros e emissões do Escopo 1 Fonte Autor ,2023

O Escopo 2 (tabela 3), relacionada ao consumo de energia elétrica, representou 0,5%.

Escopo 02	CO2 (t)	CH4 (t)	N2O (t)	HFCs (t)	Emissão Total (tCO2e)	Representatividade da Fonte (%)
Consumo de Eletricidade	19,26	-	-	-	19,26	0,5
<b>Total</b>						<b>0,5</b>

Tabela 3 – Parâmetros e emissões do Escopo 2 Fonte Autor ,2023

O Escopo 3, tabela 4, que considera os materiais e o deslocamento dos funcionários, foi o de maior representatividade, 66,6%.

Escopo 3	CO2 (t)	CH4 (t)	N2O (t)	HFCs (t)	Emissão Total (tCO2e)	Representatividade da Fonte (%)
Materiais	1965,86	-	-	-	1965,86	47,24
Deslocamento de funcionários (casa/trabalho)	582,76	0,003	0,001	-	582,764	14,004
Resíduos	209	0,02	-	-	209,02	5,023
Efluentes (tratamento terceirizado)	-	0,53	-	-	12,76	0,307
Viagens a negócios	1,94	-	-	-	10,94	0,047
<b>Total</b>						<b>66,6</b>

Tabela 4 – Parâmetros e emissões do Escopo 2 Fonte Autor ,2023

Este alumínio reciclado parte do alumínio secundário, proveniente de materiais transformados, portanto já é uma forma de minimizar os impactos ambientais, considerando que o processo de extração da bauxita e produção do alumínio primário, há grande impacto e consumo de matéria prima não renovável. O volume de produção (reciclagem) é extremamente elevado e os produtos (lingotões e tarudo), são direcionados a indústria siderúrgica para composição dos diferentes tipos de aço, e posteriormente empregado na engenharia Civil.

Mediante os resultados, a empresa realizou uma campanha de saúde e menos trânsito, com incentivo a troca do veículo pela bicicleta, em que a Alutech doou a cada funcionário que aderiu à campanha. Ao todo, 98 funcionários aderiram à campanha, resultando em uma redução de, aproximadamente, 4,55%. A empresa comprometeu-se a trocar os dois geradores movidos a diesel, por geradores a gás natural, devendo ter uma redução significativa no ano de 2024.

Contudo todas as fases da produção foram monitoradas e traçado metas, para que no próximo ano, 2024, as ações determinadas pela organização, reduzam ainda mais as emissões de GEE.

#### 4 CONCLUSÕES

Adotar a economia de baixo carbono, incorporando tecnologias limpas e processos produtivos mais eficientes, é essencial para o desenvolvimento sustentável e para uma maior competitividade das empresas. A indústria brasileira tem acelerado a implementação de programas capazes de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, de acordo com as metas do Acordo de Paris.

É importante observar as emissões de cada operação para possibilitar a comparação e criar metas e planos de ações individuais. As ações de mitigação são de extrema importância no processo de melhoria contínua da empresa. Essas ações são importantes, pois demonstram liderança em questões ambientais, economiza recursos financeiros, estimula uma economia de baixo carbono local, entre outros. Por todos esses motivos a Alutech continuará na busca de novas ações para continuar a reduzir as suas emissões.

Ressalta-se que o inventário de GEE é a primeira etapa do diagnóstico e deve ser continuamente aprimorado. Uma recomendação importante para a Alutech é estruturação de um fluxo de informações mensal e acompanhamento do impacto em Mudança do Clima mês a mês como forma de gestão ambiental.

#### 5 REFERÊNCIAS

GUARIDO, E. M. G; PIRES, G. D.; RODRIGUES, A. R.; *Emissão de Gases de Efeito Estufa na Reciclagem do Alumínio Secundário pelo Software Carbonsys*. Revista Engenharia, Meio Ambiente e Inovação, V.10, jan 2023, 21-28.

GILSON, S. *Software para Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa - G.E.E.* Disponível em: <https://www.gestaodeemissoes.com.br>. Publicado em 10/08/2022.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (Rio de Janeiro). *Comunicação oficial: volume de lixo depositado em aterros licenciados no Estado do Rio de Janeiro em 2015*. [Rio de Janeiro: s.n., 2015/2016].

SOARES, Thiago C.; CUNHA, Dênis A. *Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil*. Scielo, v.29, n.2, p.429-458, 2019.

## PROJETO DE MELHORIA E APRIMORAMENTO DA PRENSA DE TIJOLOS ECOLÓGICOS DO LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL

Almeida W. C.<sup>1</sup>; Silva C. E. L.<sup>1</sup>; Rodrigues T.V.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

meriti37almeida@gmail.com, ce76997@gmail.com, telmoviana@gmail.com

**Resumo** - A reciclagem na construção civil apresenta benefícios significativos, destacando-se a redução no consumo de recursos naturais não-renováveis ao substituir esses por resíduos reciclados (John, 2000). No contexto brasileiro, onde a construção com concreto é predominante, o tijolo ecológico emerge como uma iniciativa robusta, alinhada aos princípios de sustentabilidade. No âmbito acadêmico, a criação eficiente de peças de tijolo ecológico torna-se crucial, demandando equipamentos que ofereçam rapidez, facilidade e economia no processo. O projeto de aprimoramento da prensa de tijolos ecológicos no laboratório de Engenharia Civil surge como resposta a essa necessidade acadêmica. Para sua elaboração, foram consultadas a NBR 8491, que define requisitos para tijolos de solo-cimento, e a literatura apropriada de projetos mecânicos. O objetivo central é otimizar o equipamento, integrando conhecimentos de resistência dos materiais, elementos de máquinas e projeto de máquinas e mecanismos. Dessa forma, busca-se contribuir para a eficácia na produção de tijolos ecológicos, promovendo uma abordagem mais sustentável no contexto construtivo brasileiro.

(Palavras-chave: Prensa manual, tijolos de solo-cimento, sustentabilidade.)

**Abstract** - Recycling in construction presents significant benefits, highlighting the reduction in the consumption of non-renewable natural resources when replacing them with recycled waste (John, 2000). In the Brazilian context, where construction with concrete is predominant, ecological brick appears as a robust initiative, aligned with sustainability principles. In academia, the efficient creation of ecological brick pieces is fundamental, requiring equipment that offers speed, ease, and economy in the process. The project to improve the ecological tile press in the Civil Engineering laboratory arises as a response to this academic need. For its preparation, NBR 8491 was consulted, which defines requirements for soil-cement tiles, and the proper literature for mechanical projects. The central objective is to optimize equipment, integrating knowledge of material resistance, machine elements and design of machines and mechanisms. In this way, we seek to contribute to the effectiveness of the production of ecological bricks, promoting a more sustainable approach in the Brazilian construction context.

(Keywords: hand press, ecological bricks, sustainability.)

## 1 INTRODUÇÃO

Já faz algumas décadas que a preocupação com uma engenharia sustentável saiu dos laboratórios e universidades para invadir o canteiro de obras. Não há evolução tecnológica se não andar de mãos dadas com a sustentabilidade.

Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Ou seja, a sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro (FERMENTEC, 2017, p.2).

Dentre vários projetos sustentáveis vitoriosos que já dominam os canteiros de obras, o tijolo ecológico ganha muita força dentro do Brasil onde predomina a construção com concreto.

Para fins acadêmicos é importante contar com um equipamento que possa criar as peças de tijolo ecológico de maneira, rápida, fácil e barata, e claro, sem necessidade de força bruta na compressão da mistura.

## 2 METODOLOGIA

O processo teve início com a identificação da prensa atualmente presente no laboratório de Engenharia Civil da UNIG. Esta prensa apresenta uma estrutura construída em aço carbono, com formas em aço fundido, e encontra-se em excelente estado, possibilitando seu reaproveitamento. Após a realização de um levantamento abrangente, que incluiu a análise da estrutura, medições, acessórios e equipamentos, o próximo passo consistiu no cálculo da força necessária para compactar um tijolo ecológico de cada vez. Segundo NETO (2009), a fabricação de tijolos de solo-cimento em prensa manual requer uma pressão aproximada de 20 a 40 Kgf/cm<sup>2</sup>. A norma NBR 8491 especifica uma área superficial de 253 cm<sup>2</sup> para o tijolo. Por meio do cálculo do equilíbrio de momentos, concluiu-se que o comprimento da alavanca de acionamento da prensa é insuficiente, demandando a substituição por uma de maior extensão, possibilitando a aplicação de uma força de acionamento menor.

Assim o comprimento atual da alavanca é de 430 mm, e faz-se necessário aumentar esse comprimento para o mínimo de 1000 mm afim de que seja possível compactar um tijolo de solo-cimento. Logo, se faz necessário remover essa alavanca atual, e de posse de uma alavanca nova no comprimento correto, seja montada novamente ao conjunto. A alavanca utilizada é uma barra cilíndrica maciça de aço inoxidável, possui diâmetro de 20 mm. A base de sustentação do mecanismo também precisa ser modificada, aumentando seu comprimento de 400 mm para 600 mm, pois com o aumento da alavanca, uma base de menores dimensões pode se tornar instável vindo até mesmo a tombar. A base é feita de cantoneira de abas iguais ½" x 1/8".

Outra modificação proposta seria a instalação de um silo de alimentação, no qual a mistura de solo cimento ficará armazenada. Antes da prensagem um mecanismo liberará a mistura que cairá por gravidade na câmara de compactação, eliminando o tempo de alimentação manual da câmara, como acontece atualmente.

O silo será feito de chapa de aço de 0,8 mm dobrada em formato piramidal quadrangular invertida e soldada em uma das arestas. Terá altura de 300 mm, uma abertura maior de 350 mm x 350 mm e uma abertura menor de 240 mm x 120 mm, que incidirá diretamente na câmara de compactação. O silo de

alimentação apenas comportará o material pré-compactado então não sofrerá grandes esforços, suportando apenas o peso deste

Os materiais a serem adquiridos para uma posterior aquisição e instalação são:

Barra de Aço Redonda – 20 mm x 700 mm

Chapa de Aço Fina a Frio – 0,8 mm x 1,5 m x 1,5 m

Cantoneira de Abas Iguais - ½” x 1/8” x 600 mm

Eletrodo Revestido - E6013 2,50 x 350mm

Eletrodo Revestido Inox 3,25 mm 2,5 kg

### 3 RESULTADOS

Iniciou-se o trabalho identificando a prensa que existe atualmente no laboratório da Engenharia Civil da UNIG, conforme Figura 1. Executado o levantamento completo de sua estrutura, medidas, acessórios e equipamentos partiu-se para o projeto da estrutura baseado na norma NBR 8491 e em toda literatura disponível.



Figura 1. Prensa manual existente Fonte Autor ,2023

Através do cálculo do equilíbrio de momentos foi encontrado que o comprimento ideal da alavanca é de no mínimo de 1000 mm, sendo atualmente de 430 mm. A alavanca é uma barra cilíndrica maciça de aço inoxidável, possui diâmetro de 20 mm. Sendo assim é necessário soldar a ela um complemento de 670 mm de barra de aço inoxidável de 20 mm de diâmetro. A Figura 3 demonstra como ficaria a modificação na alavanca citada.

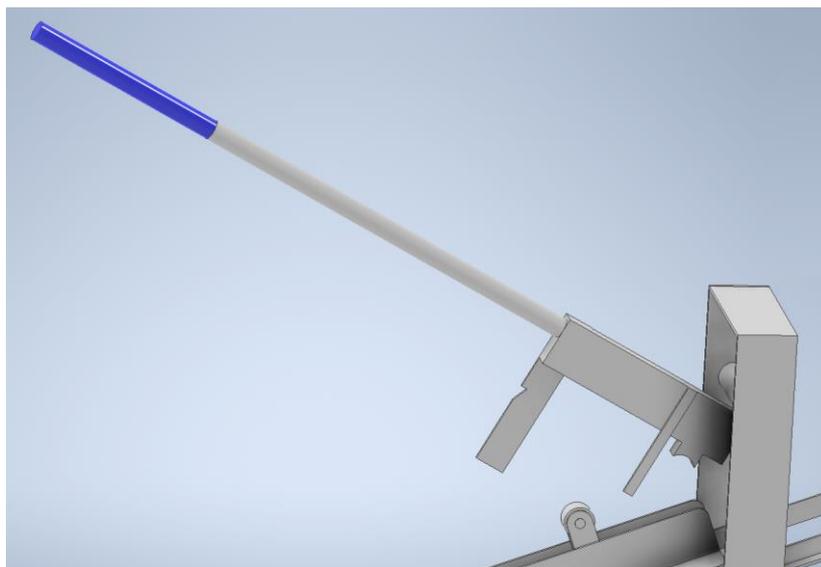


Figura 3. Alavanca de acionamento da prensa. (Fonte Autor ,2023)

A base de sustentação do mecanismo também precisa ser modificada, já que o novo comprimento da alavanca a torna instável. Deve-se aumentar seu comprimento de 400 mm para 600 mm. A proposta é soldar dois pedaços de 100 mm na parte inferior da cantoneira e um pedaço em formato de U, tendo 100mm x 160 mm de comprimento. A Figura 2 demonstra como ficará as modificações da nova base de sustentação da Prensa.

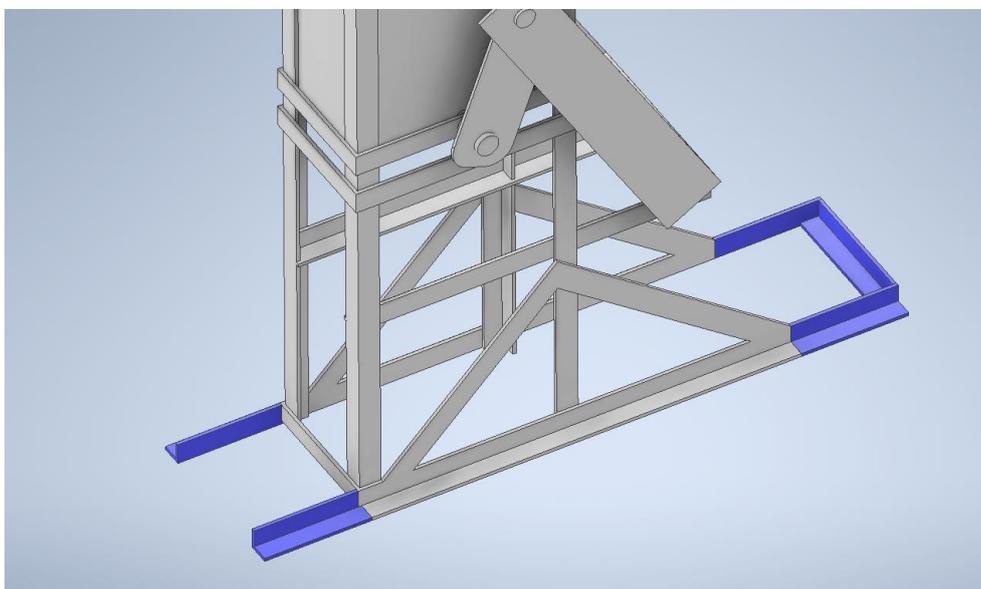


Figura 2. Modelo da nova base de sustentação da prensa (Fonte Autor ,2023)

Outra modificação proposta seria a instalação de um silo de alimentação, no qual a mistura de solo cimento ficará armazenada e cairá por gravidade na câmara de compactação sem que haja desperdício e sujeira, já que o alimentador tem formato piramidal invertido e afunilará toda matéria prima na câmara de compactação. O silo será feito de chapa de aço de 0,8 mm dobrada em formato piramidal quadrangular invertida e soldada em uma das arestas. Terá altura de 300 mm, uma abertura maior de

350 mm x 350 mm e uma abertura menor de 240 mm x 120 mm, que incidirá diretamente na câmara de compactação. A Figura 4 demonstra como seria o Silo de Alimentação e onde seria instalado.

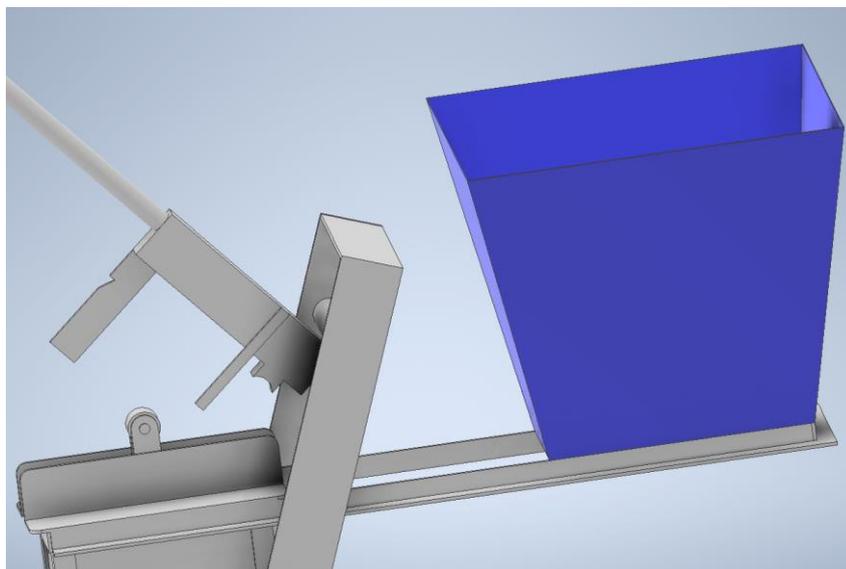


Figura 4. Silo de alimentação da prensa (Fonte Autor ,2023)

O projeto de melhoria e aprimoramento da prensa passou pelas etapas desde reconhecimento e avaliação até chegar a fase de desenhos e lista de materiais. Primeiramente foi desenvolvido um modelo tridimensional que pudesse representar fielmente a prensa. A partir desse modelo tridimensional foram desenvolvidos desenhos de fabricação de cada peça individualmente, assim como o desenho de conjunto. A Figura 5 demonstra o modelo tridimensional desenvolvido para a Prensa de Tijolos.

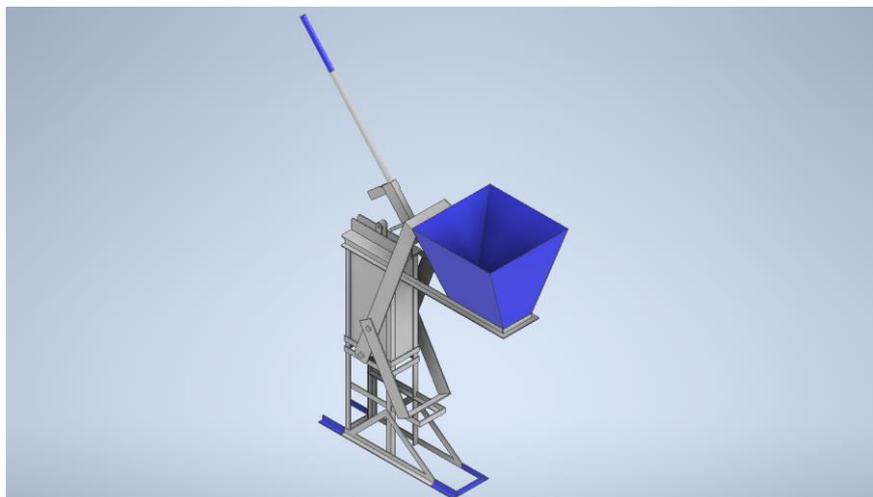


Figura 5. Modelo tridimensional da prensa (Fonte Autor ,2023)

A Figura 6 apresenta o desenho de conjunto desenvolvido para a prensa de tijolos.

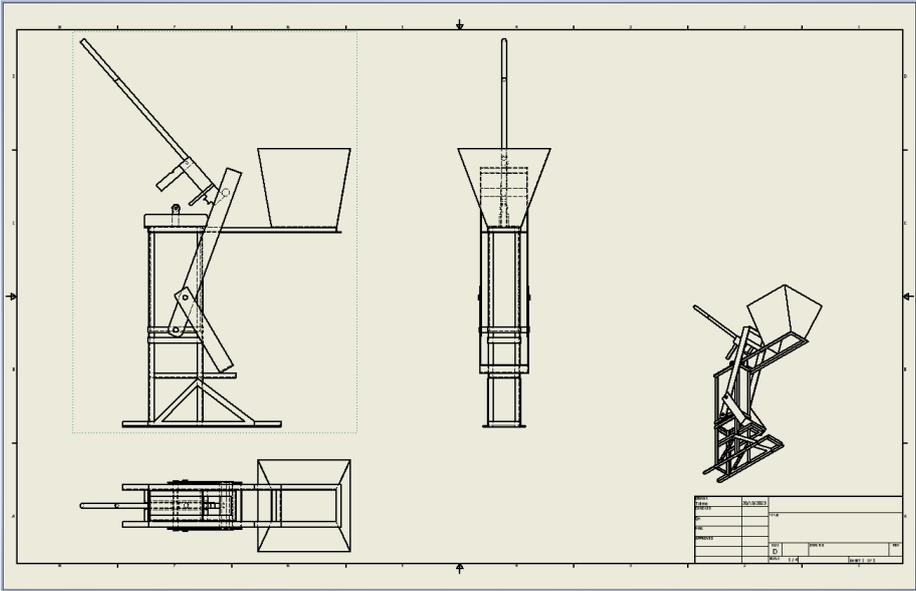


Figura 6. Desenho de conjunto da prensa (Fonte Autor ,2023)

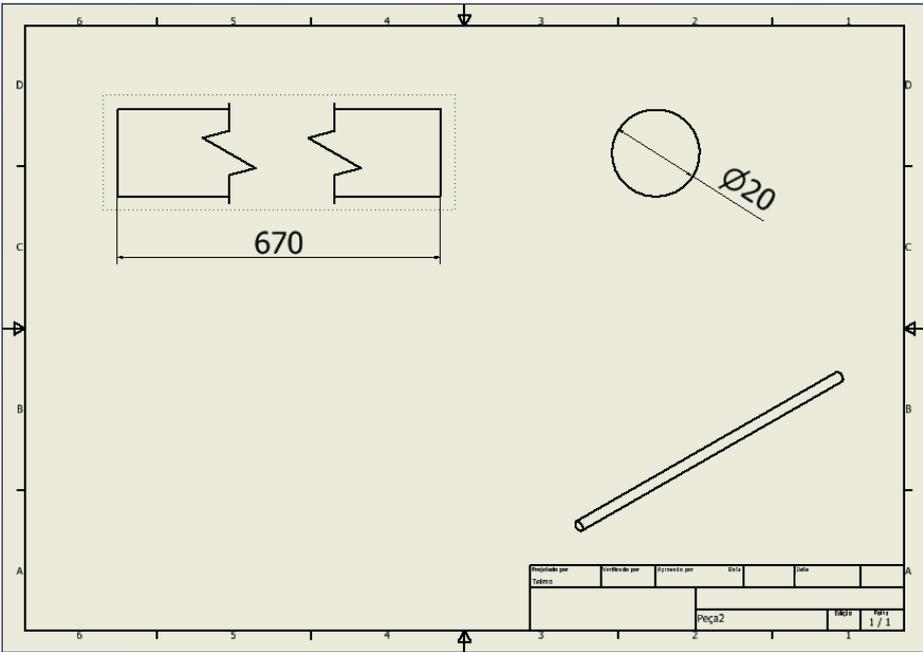


Figura 7. Desenho de fabricação do complemento da alavanca (Fonte Autor ,2023)

A Figura 7 apresenta o desenho de da nova barra que será soldada a alavanca já existente na Prensa, completando assim os 1000 mm necessários como já supracitado.

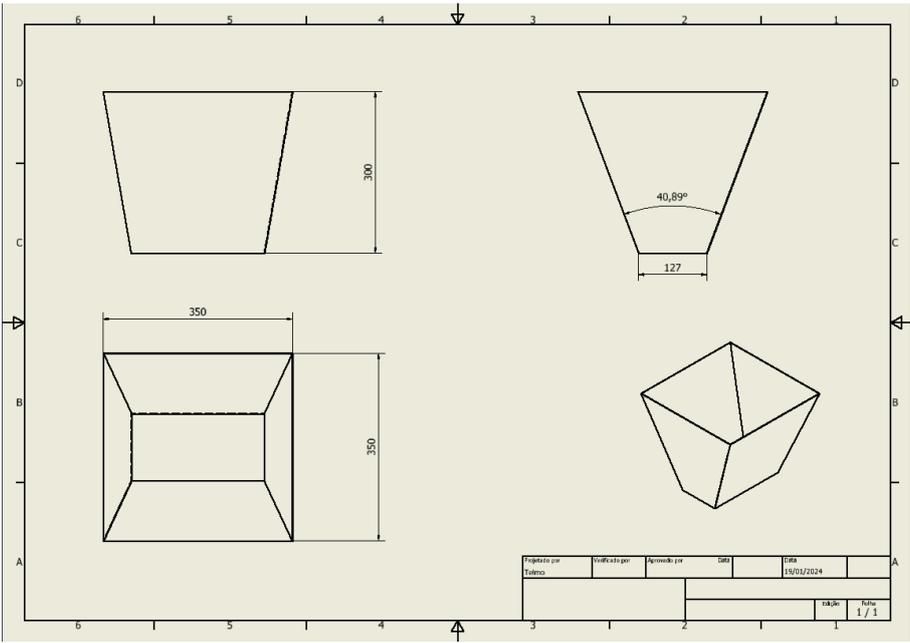


Figura 8. Desenho de fabricação do silo de alimentação (Fonte Autor ,2023)

A Figura 8 apresenta o Desenho de Fabricação do Silo de Alimentação que será adicionado à Prensa. Como já supracitado o silo é feito de chapa de 0,8 mm, sendo extremamente leve e útil por diminuir o desperdício de material de solo-cimento que será adicionado a câmara de compactação.

Os materiais utilizados para a fabricação serão listados a seguir com seus respectivos valores orçados em lojas de ferragens:

Material	Quantidade	Valores R\$
Barra de Aço Redonda Inox 316 – 20 mm	1 m	R\$ 376,00
Chapa de Aço Fina a Frio – 0,8 mm	2,4 m <sup>2</sup>	R\$ 156,00
Cantoneira de Abas Iguais - ½" x 1/8"	1 m	R\$ 85,00
Eletrodo Revestido - E6013 2,50	1 kg	R\$ 90,00
Eletrodo Revestido Inox 3,25 mm	6 varetas	R\$ 60,00
<b>TOTAL:</b>		R\$ 767,00

#### 4 CONCLUSÕES

As iniciativas sustentáveis, como os tijolos ecológicos, são uma realidade que precisa ser incorporada ao dia a dia do discente. É através das aulas práticas que o conhecimento toma forma e virar realidade. Esse trabalho demonstra através de um projeto mecânico que modificações simples na estrutura da prensa de tijolos podem facilitar a utilização do usuário final, reduzindo o esforço manual empregado e facilitando sua utilização nas demonstrações de aulas práticas. Considera-se que as melhorias propostas são recomendações para melhor aproveitamento do equipamento durante o ministrar de aulas práticas, assim como outros trabalhos acadêmicos; e sendo propostas não há obrigatoriedade de que todas sejam executadas sem a autorização prévia do departamento responsável pelo equipamento.

#### 6 REFERÊNCIAS

BEER, Ferdinand Pierre – Resistência dos materiais. 3ª edição – Pearson Education do Brasil, 1996.

FIALHO, Arivelto Bustamante – Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 2ª edição - Editora Érica, 2003.

HIBBELER, R.C. - Resistência dos materiais. 5ª edição. - Prentice Hall, 2004. HI DRALMAC GROUP – PHC. - Dispo nível em: <<http://hidralmac.com.br/pt/produtos/modelo/phc>>. Acesso em 27 de dezembro de 2022

MECÂNICA INDUSTRIAL. Bombas Hidráulicas. - Disponível em: <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/135-tipos-de-bombas-hidraulicas/>>. Acesso em 27 de dezembro de 2022

NETO, Neidyr Cury., 20 09, Solo-Cimento Aplicado em Casas Populares. Disponível em:<<http://www.geocities.com/Athens/Styx/5303/>>. Acesso em: 15/ 04/ 2023

OLI VEI RA, Jofrn Luiz de; SILVA, Jeremias Caetano da; DAMASCENO, Flávio Alves; DAMASCENO, Leidimar Freire Brandão., Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.5, n.2., p.38-4 6, dezembro, 2015, Desenvolvimento de protótipos de prensas manuais para confecção de tijolos ecológicos, visando a sustentabilidade de pequenas construções rurais

PARIZ, Silva n Oliosia; PIRES, Welder Alonso, 2005 - UNI VERSI DADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Prensa Hidráulica Para Fabricação De Tijolos Solo - Cimento

MIELI, Priscilla Henriques; 2009 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - Avaliação do Tijolo de Solo-Cimento como Material na Construção Civil.

## ESTUDO COMPARATIVO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS. SEUS BENEFÍCIOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL.

Oliveira T.F.<sup>1</sup> Mello M. A. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Discente Engenharia Civil <sup>2</sup> Docente da Engenharia Civil

<sup>1,2</sup> Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Luz, 26260-045, Nova Iguaçu – RJ.

**RESUMO** Este artigo científico examina a influência da adição de fibras de aço, vidro e polipropileno nas propriedades fundamentais do concreto. A pesquisa começa destacando a relevância do concreto na construção contemporânea e a importância da busca por aprimoramentos. As fibras são introduzidas como uma abordagem para otimizar o desempenho do concreto, com ênfase nas diferentes variedades e suas propriedades distintas. O estudo compreende ensaios em quatro tipos de concretos: concreto convencional (sem fibras), concreto com fibras de aço, concreto com fibras de vidro e concreto com fibras de polipropileno. Cada variante é avaliada quanto à durabilidade, trabalhabilidade e resistência à compressão. Os resultados demonstram que a adição de fibras pode influenciar de maneira variável essas propriedades, dependendo do tipo e da quantidade de fibras incorporadas. As fibras de aço se mostraram benéficas, melhorando a resistência e a durabilidade do concreto enquanto mantêm a trabalhabilidade. Em contrapartida, as fibras de vidro não impactaram significativamente a trabalhabilidade, mas tiveram um efeito ligeiramente adverso na resistência à compressão. As fibras de polipropileno prejudicaram notavelmente a trabalhabilidade e a resistência devido à absorção de água. O estudo sugere estratégias práticas para otimizar o desempenho do concreto, como ajustes na quantidade de cimento e na relação A/C. Além disso, enfatiza a importância de selecionar o tipo de fibra de acordo com as necessidades do projeto. Em síntese, este artigo fornece informações valiosas para engenheiros e profissionais da construção civil, auxiliando-os a tomar decisões embasadas ao considerar o uso de concretos com adição de fibras em projetos de construção

**Palavras Chaves:** concreto, fibras, aço, vidro, polipropileno, resistência.

**ABSTRACT**-This scientific article examines the influence of adding steel, glass, and polypropylene fibers on the fundamental properties of concrete. The research begins by highlighting the relevance of concrete in contemporary construction and the importance of continuous improvements. Fibers are introduced as an approach to enhance concrete performance, with an emphasis on the different varieties and their distinct properties. The study includes tests on four types of concrete: conventional concrete (without fibers), concrete with steel fibers, concrete with glass fibers, and concrete with polypropylene fibers. Each variant is evaluated for durability, workability, and compressive strength. The results demonstrate that adding fibers can variably influence these properties, depending on the type and quantity of incorporated fibers. Steel fibers proved beneficial, improving concrete's strength and durability while maintaining workability. Conversely, glass fibers did not significantly impact workability but had a slightly adverse effect on compressive strength. Polypropylene fibers notably compromised workability and strength due to water absorption. The study suggests practical strategies to optimize concrete performance, such as adjustments to the amount of cement and the water-cement ratio. Additionally, it emphasizes the importance of selecting the fiber type according to project needs. In summary, this article provides valuable information for engineers and construction professionals, assisting them in making informed decisions when considering the use of fiber-reinforced concrete in construction.

**Keywords:** concrete, fibers, steel, glass, polypropylene, strength.

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais fundamentais da construção civil, desempenhando um papel vital na infraestrutura global e na edificação de estruturas que sustentam a sociedade moderna. Como destacado por Bauer (2013), "os materiais de construção, como o concreto, desempenham um papel crucial no desenvolvimento das sociedades contemporâneas". De acordo com Mehta e Monteiro (2014), "o concreto é um dos materiais mais amplamente utilizados e importantes do mundo atual". A busca por melhorias contínuas nas propriedades do concreto é uma prioridade inegável na engenharia civil.

A incorporação de fibras ao concreto emergiu como uma abordagem eficaz para atender a essa demanda. De acordo com as palavras de Chies (2012), "as fibras de reforço, quando adicionadas ao concreto, têm o potencial de aprimorar a resistência à tração e a durabilidade, além de controlar a fissuração e a retração". Sant'Anna (2003) reforça esse ponto, argumentando que "os aditivos, como as fibras, têm sido cada vez mais reconhecidos como componentes que podem modificar as propriedades do concreto, abrindo um vasto campo de estudos e aplicações".

No entanto, é importante ressaltar que o impacto das fibras nas propriedades do concreto não é uniforme e varia significativamente com fatores como o tipo de fibra e sua quantidade. Conforme observado por Mehta e Monteiro (2016), a seleção do tipo de fibra deve ser criteriosa e baseada nas necessidades específicas do projeto. Por exemplo, as fibras de aço demonstraram ser benéficas para aprimorar a resistência e durabilidade do concreto, enquanto fibras de vidro e polipropileno podem não ser adequadas em todos os contextos.

O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa abrangente de concretos com a adição de diferentes tipos de fibras: fibras de aço, fibras de vidro e fibras de polipropileno. A influência dessas fibras em propriedades essenciais do concreto, incluindo durabilidade, trabalhabilidade e resistência à compressão axial, será minuciosamente examinada. Além disso, com base nas conclusões deste estudo, serão oferecidas sugestões e recomendações para a escolha do traço e do tipo de fibras em futuras aplicações na construção civil.

Neste contexto, a pesquisa proporcionará conhecimentos importantes para engenheiros e profissionais da construção civil, ajudando-os a tomar decisões informadas sobre a utilização de concretos com adição de fibras em projetos de construção. As conclusões deste estudo são particularmente relevantes no cenário em que a busca por materiais de construção mais eficientes e sustentáveis é essencial para atender às demandas da sociedade contemporânea.

Portanto, este artigo científico busca contribuir para o avanço no conhecimento das propriedades e do desempenho do concreto com adição de fibras, fornecendo informações úteis que podem ser aplicadas no campo da engenharia civil e na construção de estruturas duráveis e seguras.

## 2 MATERIAIS E METODO

A seção de metodologia delinea os procedimentos e técnicas empregados na condução da pesquisa. Ela fornece uma descrição detalhada de como o estudo foi projetado e conduzido.

### 2.1. Materiais

Foram utilizados os seguintes materiais: cimento portland comum (CP32 - um ligante padrão utilizado na produção de concreto), agregados (areia média e brita 0), fibras (aço, vidro e polipropileno) e água (potável comum).



Figura 1 – Fibras de aço, de vidro e de polipropileno (Fonte Autor ,2023)

A figura 1 mostra as fibras que foram adicionadas nos CP.

### 2.2. Dosagem da Mistura

A dosagem das misturas de concreto visou manter consistência em todas as variantes. A consideração primordial foi alcançar uma relação água-cimento (A/C) padrão para avaliar a influência das fibras nas propriedades do concreto. O projeto de dosagem seguiu as normas nacionais pertinentes e as melhores práticas do setor.

### 2.3. Moldagem dos corpos de prova

Para cada tipo de concreto, foram moldados 3 corpos de prova. Os espécimes foram moldados de acordo com as diretrizes especificadas na NBR 5.738 1, garantindo compactação uniforme e cura adequada. Quatro misturas de concreto diferentes, com o mesmo traço e com a mesma relação A/C, foram preparadas: concreto convencional, concreto com fibras de aço, concreto com fibras de vidro e concreto com fibra de polipropileno.

### 2.4 Procedimentos dos ensaios

Os espécimes de concreto foram submetidos a vários procedimentos de teste para avaliar suas propriedades:

- Ensaio de abatimento (Slump Test): este teste avaliou a trabalhabilidade do concreto fresco, fornecendo uma medida de sua consistência.

- Ensaio de resistência à compressão: os espécimes de concreto endurecido foram testados quanto à resistência à compressão usando uma máquina de ensaio hidráulica. O teste foi conduzido seguindo procedimentos padrão 1.
- Avaliação de durabilidade: embora o estudo tenha se concentrado principalmente na trabalhabilidade e na resistência à compressão, foram feitas observações sobre a durabilidade do concreto com e sem fibras, embora testes de durabilidade mais aprofundados não tenham sido conduzidos.



Figura 2 – Teste slump  
Fonte: autor, 2023



Figura 3 – Ensaio de compressão  
Fonte: autor, 2023

As figuras 2 e 3 apresentam os testes que foram realizados: slump e o de compressão.

## 2.5. Análise de Dados

Os dados coletados foram analisados para avaliar o impacto dos diferentes tipos de fibras nas propriedades do concreto. Foi realizada uma análise estatística para comparar os resultados obtidos em cada grupo de concreto, com foco na trabalhabilidade, resistência à compressão e na relação entre esses dois fatores. Representações gráficas foram criadas para ilustrar as descobertas.

## 2.6. Limitações

É importante reconhecer que esta pesquisa se concentra nos efeitos imediatos da adição de fibras de aço, vidro e polipropileno ao concreto. O estudo não abordou de forma abrangente aspectos de durabilidade a longo prazo, como resistência à corrosão, ciclos de congelamento e descongelamento ou outros fatores ambientais. Além disso, o estudo não explorou a influência de diferentes dosagens de fibras ou combinações delas.

## 2.7. Análise Estatística

Ferramentas e software estatísticos, como Microsoft Excel e testes estatísticos relevantes, foram utilizados para analisar os dados e identificar diferenças significativas entre os grupos de concreto testados.

## 3 RESULTADOS

Nesta seção, os resultados da pesquisa são apresentados de acordo com as etapas de trabalho realizadas, incluindo uma descrição da planilha de resultados, gráficos ilustrativos, discussão dos achados e considerações finais.

### a. Trabalhos Realizados

Os trabalhos conduzidos abrangeram a realização de ensaios em quatro diferentes formulações de concreto, representando distintos grupos de pesquisa.

- Grupo de Controle (Concreto sem Fibras): o primeiro grupo compreendeu uma formulação de concreto convencional, isenta da adição de fibras, estabelecendo uma referência para a análise comparativa.
- Concreto Reforçado com Fibras de Aço: já o segundo grupo incorporou fibras de aço em uma proporção definida à mistura de concreto, conforme as diretrizes de dosagem.
- Concreto Reforçado com Fibras de Vidro: esse grupo consistiu em concreto enriquecido com fibras de vidro, adicionadas na quantidade especificada.
- Concreto Reforçado com Fibras de Polipropileno: por fim, o quarto grupo incluiu fibras de polipropileno, seguindo a dosagem previamente estabelecida.

Nº do concreto	Traços	Relação A/C	Quantidade e de CP	Aditivos de fibras
1	1:3:2	1:0,65	3	Sem
2	1:3:2	1:0,65		Fibras de aço
3	1:3:2	1:0,65		Fibras de vidro
4	1:3:2	1:0,65		Fibra de polipropileno

Tabela 1 – composição dos espécimes (Fonte Autor ,2023)

A Tabela 1 apresenta a composição de cada espécime preparado, sendo que foram moldados três corpos de prova (CP) a partir de cada um deles.

### b. Planilha de Resultados

Na tabela 2, são apresentados os resultados dos testes de Slump e Resistência à Compressão (fck) para quatro diferentes Corpos de Prova (CP), numerados de 1 a 4. O Teste Slump é representado em centímetros, e os valores de resistência à compressão (fck) são expressos em MPa. A média dos valores de resistência (kN) à compressão é calculada com base nas medições dos três CP para cada

condição. Isso fornece uma visão geral dos resultados obtidos para cada CP e ajuda a avaliar o desempenho do concreto em relação aos diferentes testes e condições.

Nº CP	Teste slump	CP 1	CP 2	CP 3	Média	fck
1	8 cm	99,9	97,4	102,2	99,8	12,7
2	8 cm	116,9	110,4	113,0	113,4	14,4
3	9 cm	91,2	95,8	99,4	95,5	12,1
4	0	62,8	63,6	67,9	64,8	8,2

Tabela 2 – Resultados dos ensaios (Fonte Autor ,2023)

### c. Gráficos dos Resultados

Este gráfico apresenta a comparação dos resultados do Teste Slump (em centímetros) e da média da Resistência à Compressão (em kN) para quatro Corpos de Prova (CP) numerados de 1 a 4. Cada CP possui duas colunas adjacentes que representam essas duas medidas essenciais, permitindo uma análise visual das diferenças entre elas. O Eixo X (horizontal) representa os CPs numerados de 1 a 4, enquanto o Eixo Y (vertical) exibe os valores das medidas em unidades específicas.

A Coluna 1 (à esquerda) destaca os valores do Teste Slump para cada CP, indicados por barras verticais coloridas. Essas barras refletem a capacidade de trabalhabilidade do concreto em cada CP. Já a Coluna 2 (à direita) representa os valores de Resistência à Compressão em MPa para cada CP, usando marcadores que refletem a força e durabilidade do concreto em cada caso.

A disposição vertical das duas colunas permite uma fácil comparação entre os valores do Teste Slump e da Resistência à Compressão para cada CP, destacando como essas duas propriedades fundamentais do concreto variam em relação aos diferentes corpos de prova. Isso oferece informações cruciais para avaliar o desempenho do concreto em diversas condições e pode orientar a tomada de decisões na engenharia civil e na construção

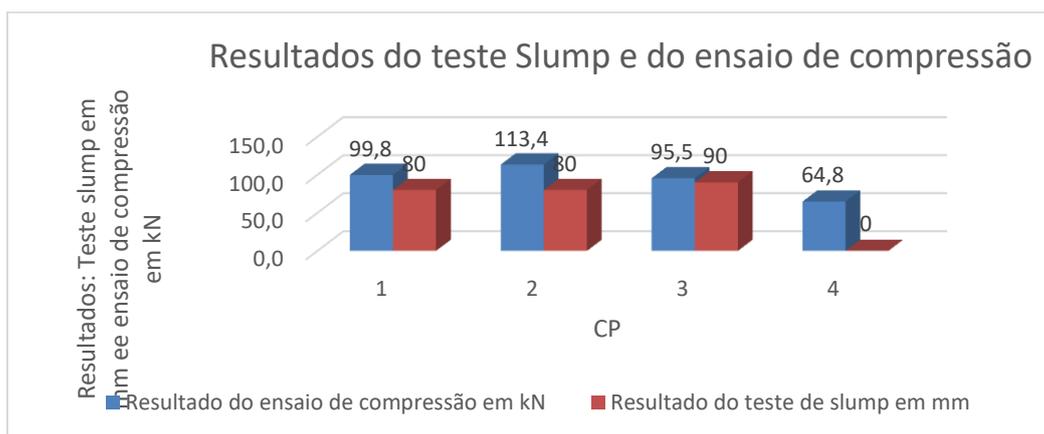


Gráfico 1 - Comparação dos CP (Fonte Autor ,2023)

### d. Discussão dos Resultados

A discussão dos resultados é um elemento crucial para contextualizar e interpretar as descobertas da pesquisa. Este estudo abordou a influência da adição de diferentes tipos de fibras (aço, vidro e polipropileno) nas propriedades do concreto. Agora, a discussão se concentra em analisar e interpretar esses resultados.

### 1) Influência das Fibras na Resistência à Compressão

A pesquisa evidenciou que o concreto reforçado com fibras de aço experimentou um aumento substancial na resistência à compressão em comparação ao grupo de controle, indicando que as fibras de aço funcionaram como reforço estrutural eficaz. Em contrapartida, o concreto reforçado com fibras de vidro demonstrou uma ligeira diminuição na resistência à compressão, associada à natureza mais frágil dessas fibras. Por fim, o concreto com fibras de polipropileno apresentou uma notável redução na resistência, devido à absorção de água.

### 2) Trabalhabilidade do Concreto com Fibras

Os ensaios de trabalhabilidade, incluindo o teste de abatimento, revelaram que o concreto com fibras de aço manteve um nível adequado de trabalhabilidade, uma descoberta crucial para aplicações práticas. O concreto com fibras de vidro não afetou substancialmente a trabalhabilidade, tornando-o uma alternativa viável em determinados contextos. Entretanto, o concreto com fibras de polipropileno sofreu uma redução significativa na trabalhabilidade, devido à absorção de água.

### 3) Estratégias para Otimização do Desempenho do Concreto

Os achados desta pesquisa fornecem conhecimentos práticos para engenheiros e profissionais da construção. A otimização do desempenho do concreto pode ser alcançada por meio de ajustes na quantidade de cimento e na relação água/cimento, conforme o tipo de fibra a ser incorporada. Isso possibilita a personalização do concreto de acordo com as exigências do projeto, balanceando resistência e trabalhabilidade.

#### e. Considerações Finais

As considerações finais desta seção concentram-se nos aspectos mais relevantes dos resultados obtidos por meio dos ensaios realizados nos quatro Corpos de Prova (CPs) com diferentes composições de concreto. A análise dos resultados fornece informações valiosas sobre a influência das fibras de aço, vidro e polipropileno nas propriedades do concreto. Abaixo estão os principais ensinamentos:

#### - Desempenho Superior das Fibras de Aço

Os CPs com fibras de aço exibiram melhorias notáveis na resistência à compressão e na durabilidade do concreto. Esse resultado destaca a eficácia da adição de fibras de aço como uma estratégia para aprimorar o desempenho do concreto sem comprometer sua trabalhabilidade.

#### - Impacto Moderado das Fibras de Vidro

As fibras de vidro não causaram uma redução significativa na trabalhabilidade do concreto, mas houve um efeito ligeiramente adverso na resistência à compressão. Isso ressalta a importância de uma escolha criteriosa do tipo de fibra com base nas especificidades do projeto.

#### - Prejuízo Substancial nas Propriedades com Fibras de Polipropileno

Os CPs com fibras de polipropileno sofreram uma queda significativa na trabalhabilidade e resistência devido à absorção de água pelas fibras. Isso destaca a necessidade de considerar cuidadosamente a seleção de fibras, levando em conta o ambiente e os requisitos do concreto.

#### - Estratégias para Otimização

Com base nos resultados, foram sugeridas estratégias práticas para otimizar o desempenho do concreto, como ajustes na quantidade de cimento e na relação água/cimento. Essas estratégias podem ser aplicadas de acordo com o tipo de fibra escolhido e as metas do projeto.

#### **4 CONCLUSÃO**

Este estudo investigou os efeitos da adição de fibras de aço, vidro e polipropileno nas propriedades do concreto, enfocando a resistência à compressão, trabalhabilidade e durabilidade. A pesquisa teve como objetivo fornecer informações relevantes para a engenharia civil e a indústria da construção, permitindo uma melhor compreensão de como diferentes tipos de fibras afetam o desempenho do concreto.

Ao analisar os resultados, fica claro que a incorporação de fibras de aço pode ser altamente benéfica. Elas melhoraram a resistência à compressão e a durabilidade do concreto, mantendo a trabalhabilidade aceitável. Portanto, recomendam-se considerar as fibras de aço em projetos de concreto que requerem alto desempenho. As fibras de vidro também demonstraram resultados favoráveis, embora com uma ligeira diminuição na resistência à compressão. No entanto, elas não afetaram adversamente a trabalhabilidade. Isso torna as fibras de vidro uma escolha viável para aplicações em que equilibrar a resistência e a trabalhabilidade é crucial. Por outro lado, as fibras de polipropileno tiveram um impacto negativo significativo na trabalhabilidade e na resistência do concreto devido à sua tendência à absorção de água. Portanto, é essencial considerar cuidadosamente a seleção de fibras de polipropileno em projetos de construção.

Em resumo, este estudo destaca a importância de escolher o tipo de fibra com base nas necessidades específicas do projeto. Fornecemos orientações práticas sobre como otimizar o desempenho do concreto, ajustando a quantidade de cimento e a relação água/cimento de acordo com o tipo de fibra selecionado. Essas conclusões têm o potencial de aprimorar a eficiência e a sustentabilidade das estruturas de concreto na indústria da construção. A pesquisa serve como um recurso valioso para engenheiros e profissionais da construção, ajudando-os a tomar decisões embasadas ao considerar a incorporação de fibras em projetos de construção futuros. Com a busca contínua por materiais de construção mais eficientes, seguros e sustentáveis, os resultados deste estudo desempenham um papel crucial na evolução da engenharia de materiais na construção civil.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.738: Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro. 2015.
- BAUER, F.L.A. *Materiais de Construção*. 5ª Edição. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013.
- CINCOTTO, M. A. *Fibras de concreto: teoria e prática*. Edgard Blucher. São paulo-SP: 2012.
- CHIES, Josué Argenta. *CORPOS-DE-PROVA SUBMETIDOS À COMPRESSÃO: INFLUÊNCIA DO TIPO DE PREPARAÇÃO DAS FACES PARA DIFERENTES NÍVEIS DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO*. Trabalho de Conclusão de Curso da UFRS. Porto Alegre-RS: 2011. Disponível em: <[https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127927?locale-attribute=pt\\_BR](https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127927?locale-attribute=pt_BR)>. Acesso em: 01mar. 2023.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais - 2ª Edição*. Ed.: IBRACON. São Paulo-SP. 2014.
- MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*. PINI, São Paulo-SP: 1994.
- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. *Tecnologia do concreto*. Bookman, PORTO ALEGRE-RS: 2013.
- NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. Bookman, Porto Alegre-RS: 2016.
- PETRUCCI, Eládio G. *Concreto de Cimento Portland*. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo-SP. 1968.
- PINHEIRO, Libânio M. *Fundamentos do concreto e projeto de edifícios: em 2017* Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>>. UNICAMP - Campus, São Paulo. Acesso em: 15abr. 2023.
- SANT'ANNA, M. *Aditivos para concreto de cimento Portland*. Edgard Blucher. São Paulo-RS: 2003.

## MANUAL DE CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE BIODIGESTOR PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES PARA OS MORADORES DA CDAE DOS MENINOS

Brito, K. A. de <sup>1</sup>Moreira G. C, <sup>1</sup>Medeiros E. Silva E., <sup>2</sup>Silva C. M. S. de P. da, Pires <sup>2</sup>G. D., <sup>2</sup>Guarido. C; E.M;

<sup>1</sup>Aluno do Programa de Iniciação Científica <sup>2</sup>Professor Engenharia Civil Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu - RJ

<sup>3</sup>cassiadepaulo@hotmail.com, carlosguarido@globo.com, gdorne@gmail.com

**Resumo.** Considerando que o biodigestor é um sistema que realiza a decomposição anaeróbica (sem oxigênio) de resíduos orgânicos (biomassa), como fezes de animais, restos de alimentos, caules e folhas e gera como produto biogás e biofertilizante, que podem ser aproveitados. O biogás é mais barato, renovável e diminui a emissão dos gases que intensificam o aquecimento global. O biofertilizante é um produto muito rico em nutrientes e é considerado um adubo natural, sem produtos químicos. O objetivo deste Projeto de Pesquisa no âmbito do Programa Institucional de Iniciação Científica é elaborar um manual para demonstrar a pequenos produtores rurais os passos da construção de um biodigestor, para geração de biogás e biofertilizantes. O biogás obtido será direcionado por meio de tubulação específica para um gerador e será usado como gás de cozinha, a produção deverá equivaler a um botijão de gás por mês. O biofertilizante será utilizado em jardins e hortas como fertilizante e bioinseticida, sendo também uma alternativa de tratamento dos resíduos de origem animal e restos de alimentos. Será confeccionado um protótipo de biodigestor em um reservatório de polietileno utilizando materiais de baixo custo, fácil manuseio, alimentado por esterco bovino diluído em água na proporção 1:1, adicionando açúcar e fermento para otimizar a produção de microrganismos, de resíduos orgânicos, como fezes de animais, restos de alimentos, caules e folhas. O biodigestor residencial também é uma solução rápida e eficiente para o tratamento de resíduos orgânicos domésticos. Ele pode ser montado pelo próprio usuário. Dar um destino ecologicamente correto para os resíduos é um desafio tanto para a população e governos. Existem inúmeras opções, mas nem todas são práticas ou financeiramente viáveis. Uma possível solução são os biodigestores de baixo custo. O fundamental deste projeto é o tripé da sustentabilidade, sendo ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável.

**Palavras-Chave:** Biodigestor, biomassa, Biogás, Biofertilizante.

**Abstract.** The biodigester is a system that performs the anaerobic decomposition (without oxygen) of organic waste (biomass), such as animal feces, food waste, stems and leaves and generates biogas and biofertilizer as a product, which can be used. Biogas is cheaper, renewable and reduces the emission of gases that intensify global warming. Biofertilizer is a product very rich in nutrients and is considered a natural fertilizer, without chemicals. The objective of this Research Project within the scope of the Institutional Scientific Initiation Program is to develop a manual to demonstrate to small rural producers the steps of building a biodigester, to generate biogas and biofertilizers. The biogas obtained will be directed through specific piping to a generator and will be used as cooking gas, production should be equivalent to one gas cylinder per month. The biofertilizer will be used in gardens and vegetable gardens as a fertilizer and bioinsecticide and will also be an alternative for treating waste of animal origin and food waste. A biodigester prototype will be made in a polyethylene reservoir using low-cost, easy-to-handle materials, fed by cattle manure diluted in water in a 1:1 ratio, adding sugar and yeast to optimize the production of microorganisms, organic waste, such as feces of

animals, food remains, stems and leaves. The residential biodigester is also a quick and efficient solution for treating domestic organic waste. It can be assembled by the user himself. Providing an ecologically correct destination for waste is a challenge for both the population and governments. There are countless options, but not all of them are practical or financially viable. A possible solution is low-cost biodigesters. The fundamental aspect of this project is the tripod of sustainability, being environmentally correct, socially fair, and economically viable.

**Keywords:** Biodigester, biomass, Biogas, Biofertilizer.

## Introdução

Biodigestor é uma câmara na qual ocorre um processo bioquímico denominada digestão anaeróbia, que tem como resultado a formação de biofertilizante e produtos gasosos, principalmente o metano e o dióxido de carbono (PRATI, 2010). O processo anaeróbico ocorre internamente com ação dos microrganismos. O biofertilizante é um fertilizante agrícola rico em macronutrientes e micronutrientes. Como adubo já se encontra em decomposição e facilita a incorporação ao solo atuando também como defensivo agrícola, erradicando pragas, doenças e insetos em substituição ao uso do agrotóxico. Como o biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola ou urbana e gera biofertilizante, é considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento. Ele trabalha com qualquer tipo de material que se decomponha biologicamente sob ação das bactérias anaeróbias. Praticamente todo resíduo animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Os resíduos animais são o melhor alimento para os biodigestores, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbicas (BONTURI & VAN DIJK, 2012). Considerando ainda, que o biogás é o combustível mais limpo de todos, seguido pelo Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e querosene em fogão pressurizado, conforme a escada energética. O biofertilizante, além de diminuir a extração das reservas naturais de nutrientes do planeta, contribui para melhoramento dos problemas ligados à sanidade e salinização dos solos, contribuindo para a prática do saneamento ambiental e da sustentabilidade da propriedade agrícola (SILVA, 2016). Biofertilizante é a denominação dada ao resíduo aquoso de natureza orgânica, que pode ser utilizado na fertilização do solo, que tem origem da fermentação de resíduos vegetais e animais (PRATI, 2010). O Biogás é uma mistura de vários tipos de gases, que pode ser queimado em fogões, motores, caldeiras ou geradores para gerar energia elétrica. Substitui o gás de botijão, lenha, querosene ou gasolina.. O uso de biodigestores difundiu-se através de várias pesquisas, após a descoberta do gás metano, gerado pela decomposição de restos vegetais confinados. Sendo então criado em 1939 na cidade de Kampur, na Índia, o Institute Gobár Gás (Instituto de Gás de Esterco), foi onde surgiu à primeira usina de gás de esterco, e seu objetivo principal era tratar os dejetos animais, obter biogás e aproveitar o biofertilizante. Após a utilização do biogás na Índia, como fonte de energia, levou a China motivar-se a adotar tal tecnologia a partir de 1958, e em 1972, já possuíam aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores em atividade (PEDERIVA et al., 2012). Gaspar (2003) ressalta que outro detalhe importante é a necessidade de efetuar uma análise acurada do tipo de biomassa a ser empregado na biodigestão. A razão para isso é que os dejetos de animais não devem conter agentes químicos, físicos e orgânicos, como antibióticos, que dificultam o processo de fermentação pela sua ação bactericida, assim como agentes de limpezas, detergentes e sanitizantes, pesticidas agem sobre as bactérias envolvidas no processo. Todos os resíduos inibidores dos microrganismos envolvidos no processo, que porventura possam ir para o biodigestor devem ser evitados, a fim de não prejudicar o processo de fermentação (FERNANDES, 2016).). Cada biodigestor

tem uma característica. Existem os de produção descontínua e os de produção contínua. Na produção descontínua, a biomassa é colocada dentro do biodigestor que é totalmente fechado, sendo reaberto somente após a produção de biogás, o que leva mais ou menos noventa dias. Após a fermentação da biomassa, o biodigestor é aberto, limpo e novamente carregado para um novo ciclo de produção de biogás. No modelo de produção contínua, o processo pode se desenvolver por um longo período, sem que haja a necessidade de abertura do equipamento. A biomassa é colocada no biodigestor ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado (CASTANHO & ARRUDA, 2008). Dentre os biodigestores de sistema de abastecimento contínuo mais difundidos no Brasil estão os modelos indiano e chinês. De acordo com Gaspar (2003), cada um possui sua peculiaridade, porém ambos têm como objetivo criar condição anaeróbica, ou seja, total ausência de oxigênio para que a biomassa seja completamente degradada. De acordo com Sganzerla (1983), o modelo indiano é o mais usado no Brasil devido à sua funcionalidade. Quando construído, apresenta o formato de um poço que é o local onde ocorre a digestão da biomassa, coberto por uma tampa cônica, isto é, pela campânula flutuante que controla a pressão do gás metano e permite a regulagem da emissão do mesmo. Outra razão para sua maior difusão está no fato do outro modelo, o chinês, exigir a observação de muitos detalhes para sua construção..

## 2 MATERIAIS E METODO

Primeiramente foi feita revisão de literatura, com base na bibliografia disponível no âmbito dos estudos de biodigestores, o que inclui artigos científicos publicados em revistas, trabalhos para conclusão de curso, bem como dissertação de mestrado que têm como alvo de estudos o tema proposto para desenvolvimento do projeto e biofertilizante a um baixo custo e de fácil confecção e manuseio. No projeto inicial foi projetado e avaliado um protótipo de biodigestor voltado para produção de biofertilizante e biogás para uma residência unifamiliar em zona rural, projetado com materiais de baixo custo e de fácil confecção e manuseio, assim procuramos utilizar materiais o mais acessível possível além de uma simples operacionalização, elaborando um manual para a construção de um protótipo de biodigestor na Cidade dos Meninos, visando incentivar a pesquisa e a prática da investigação científica e a relação teoria-prática, demonstrando a pequenos produtores rurais os passos da construção de um biodigestor, para geração de biogás e biofertilizantes.

### Procedimento detalhado:

O experimento foi realizado numa área da Cidade dos Meninos, às margens do quilômetro 12,5 da Rodovia Presidente Kennedy. Este Manual, na forma de folder (Fig. 1) pretende demonstrar a pequenos produtores rurais os passos da construção de um biodigestor, para geração de biogás e biofertilizantes. Para implantação de um sistema de produção de biogás e uso energético a partir de biomassa residual na agricultura familiar é necessário fazer o dimensionamento da escala de produção, pois pode ser um fator limitante na viabilidade econômica num território relativamente próximo em forma de condomínio, na forma de produção descentralizada, na parte financeira do empreendimento, e neste caso, a organização dos produtores familiares de gerar um ganho em escala, ou seja, em volume de biogás (BÜHRING; SILVEIRA, 2016). Portanto, diante de tantos fatos relevantes é pertinente afirmar que o biogás se configura ao mesmo tempo em um aliado do meio ambiente uma vez que processa resíduos que primariamente seriam prejudiciais e agregar valor aos indivíduos, comunidades e principalmente propriedades rurais, por meio da diminuição de custos. O biogás pode ser usado em fogões, motores, lâmpadas e geladeiras a gás, podendo ser considerado

uma das fontes energéticas mais econômicas e de fácil aquisição pelas pequenas propriedades rurais (PEREIRA, 2009). Além do aproveitamento do biogás, os efluentes resultantes da degradação da matéria orgânica, servem como rico fertilizante, que pode proporcionar economia na aquisição de fertilizantes comerciais. Dessa forma, os resíduos da produção animal deixam de ser um problema para o produtor para ser uma alternativa de preser preservação ambiental e geração de renda (FERREIRA, 2013).

Figura 1- Folder do Manual de Construção do Biodigestor

O Projeto de Pesquisa no âmbito do Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Iguaçu visou elaborar um manual para demonstrar a pequenos produtores rurais os passos da construção de um biodigestor, para geração de biogás e biofertilizantes

● **Construindo o Biodigestor**

Para os trabalhos, as pessoas envolvidas devem utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) e ter o acompanhamento de um professor orientador e seus respectivos alunos do Projeto.

● **Escolha do Local**

Primeiro à criação, onde serão utilizados os dejetos para a produção de biogás e biofertilizantes, mas não ao lado da criação.

- Respeitar uma distância mínima de 15 metros de distância da criação.
- Local exposto ao sol

● **Confeção do biodigestor**

Para a confecção do biodigestor será utilizado um reservatório de polietileno com tampa e lacre de vedação removível, com capacidade de 75 litros.

- Na parte superior do tambor será instalado um manômetro e uma torneira para extração do gás. Em seguida ao registro, se instala um cano curto apenas para permitir a conexão de uma tubulação flexível. A mangueira ideal para esta aplicação é a do tipo "trançada", entretanto que ela dobre com o calor do sol.
- A ligação da mangueira no cano deve sempre ser realizada com auxílio de uma braçadeira de cano. No final, onde chega o biogás, uma outra mangueira flexível é instalada. Neste local é instalado também um segundo registro.
- Um termômetro para realizar o monitoramento da temperatura interna do reservatório, além de um tubo de PVC para introdução do esterco dentro do tambor e uma válvula para evitar contato do interior do reservatório com o meio externo.
- Na parte inferior do biodigestor será colocado um tubo de PVC conectado a um registro para extração do biofertilizante.
- O biodigestor será instalado em uma área sombreada, ventilada e recebendo luz solar por pelo menos 12 horas por dia.

Na Figura 01 observa-se a vista superior do biodigestor e as suas destinações, ou seja, onde será armazenado o biofertilizante e o biogás durante o experimento e a figura 02 representa o protótipo de biodigestor confeccionado e suas devidas especificações.

**LISTA DE INGREDIENTES NECESSÁRIOS PARA ALIMENTAR DO BIODIGESTOR**

QUANTIDADE	INGREDIENTES
15LT	ÁGUA
15KG	ESTERCO
1KG	ACÚCAR REFINADO
10G	FERMENTO BIOLÓGICO EM PÓ.

**EQUIPE PROJETO**

Orientador: Cassia Maria Soares de Paulo da Silva.  
Orientador voluntário: Gisele Dornelles Pires  
Orientador voluntário: Carlos Eduardo Moreira Guardio  
aluno bolsista: Karine Augusto de Brito  
aluno voluntário: Gustavo Camilo Moreira  
voluntário: Esrom Emanandes Silva Medeiros

**CONTATOS**

Alunos: Karine Augusto de Brito<sup>1</sup> - Email: 22064411@aluno.unig.edu.br - Telefone: (21) 96950-8659.  
Gustavo Camilo Moreira/Professor: Cassia M<sup>a</sup> S.P. Silva<sup>2</sup> - Email: 0121118@professor.unig.edu.br - Telefone: (21) 99142-5242 Professor: Cassia M<sup>a</sup> S.P. Silva<sup>2</sup> - Email: 0121118@professor.unig.edu.br - Telefone: (21) 99142-5242

**CAMPUS I - NOVA IGUAÇU**  
Endereço:  
Av. Abílio Augusto Távora, 2134,  
Nova Iguaçu - RJ  
CEP: 26260-045

**Quadro 01- Especificações dos materiais utilizados para a confecção do biodigestor**

Quantidade	Material Utilizado	Preço
1	Reservatório (75l)	50,00
2	Registro de 50mm	51,90
2	Flange de 50mm	32,90
1	Flange de 5mm	16,20
1	Conexão "T" de 5mm	12,30
1	Torneira de 5mm	5,50
1	Manômetro	50,30
30cm	Tubo PVC 50mm	61,00
30cm	Tubo PVC 5mm	32,20
1	Conexão de 50mm	17,50
1	Cola cano (100g)	12,99
1	Silicone (280ml)	24,90
1	Termômetro Digital	25,00
		<b>TOTAL R\$399,69</b>

Fonte: Pesquisa realizada pelo autor

Fonte: Os autores (2023)

### 3 RESULTADOS

O biodigestor desenvolvido teve um valor aproximado de R\$399,69, provando ser uma boa alternativa em relação a produção de biofertilizante e biogás para o produtor familiar. A viabilidade deste projeto para o produtor se a propriedade dispuser de outros materiais alternativos pode baratear o custo. Se o esterco bovino utilizado como matéria prima no processo anaeróbico for coletado em período de escassez hídrica, a alimentação dos animais consegue influenciar na MO (Matéria Orgânica) do biofertilizante. O projeto do protótipo desenvolvido espera mostrar que é possível utilizar materiais simples para sua confecção e obter a produção de biogás e biofertilizante e realizar a análise dos micronutrientes do biofertilizante, como também até, se possível, futuramente projetar uma horta para monitorar o desempenho do solo e da planta. Com esse projeto espera-se alcançar as expectativas correspondentes aos objetivos propostos e as hipóteses apresentadas. A principal finalidade de desenvolver esse protótipo é aprimorar os conhecimentos e vivenciar na prática todo o processo de produção de biogás e biofertilizante, Esta possibilidade na melhoria da qualidade de vida por meio da oferta de biogás que pode ser usado na cozinha, e de biofertilizante, utilizado em jardins e hortas como fertilizante e bioinseticida, provar e mostrar ao produtor a importância de mais essa

alternativa sustentável dentro da propriedade e imbuir a preocupação com a alta produção de resíduos nocivos ao meio ambiente e saber torná-los numa fonte de energia, adubo e renda através de técnicas e tecnologias sustentáveis dentro das propriedades.

#### 4 CONCLUSÃO

Os biodigestores são constituídos de um misturador, onde a matéria prima e a água são misturadas; uma câmara, onde ocorre a fermentação anaeróbica; uma válvula, onde sai o biogás; e uma saída para que o biofertilizante seja retirado. A matéria prima utilizada pode ser esterco, poda de árvores, palha de cana-de-açúcar, sendo que até os dejetos humanos podem ser utilizados. A matéria prima é misturada à água para que o meio fique anaeróbico. É nesse momento que as bactérias iniciam o processo de fermentação da matéria orgânica. A preparação consiste em se fazer uma mistura homogênea de 50 % de esterco com 50 % de água (CASTANHO & ARRUDA, 2008). De acordo com Pereira (2009), os biodigestores têm como principal função garantir um meio anaeróbico favorável a biodigestão, permitir a alimentação sistemática da matéria orgânica e a coleta e armazenamento do gás produzido. O esterco deverá ser coletado diariamente e misturado com água na caixa de entrada, na proporção 1:1 de onde passa por um tubo para o biodigestor. O biodigestor é um tanque, revestido de plástico ou alvenaria, dentro do qual ocorre a fermentação. Tem duas saídas, uma para o biogás e outra para o biofertilizante. O biogás passa por uma tubulação e alimenta o fogão, o motor, a geladeira ou outro ponto de uso. Já o biofertilizante é retirado da caixa de saída e aplicado nas áreas de cultivo.

#### 5 AGRADECIMENTOS

A Universidade Iguazu pela oportunidade desta pesquisa, através do Programa de Iniciação Científica, ao incentivo da Coordenação do Curso de Engenharia Civil – e a Auxiliar Administrativa da FACET- Bloco M - Patrícia Peixoto Tavares da Silva.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONTURI, G. de L.; VAN DIJK, M. *Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais. Ciências do Ambiente Unicamp, Campinas – SP.*

BÜHRING, G. M. B., SILVEIRA, V, C, P. *O biogás e a produção de suínos do Sul do Brasil. Revista Brasileira de energias renováveis. 2016.*

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. de. *Biodigestores. In: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Paraná. v. 02, 2008*

FERNANDES, A. J. *Variáveis microbiológicas e físico-químicas em biodigestores anaeróbios escala piloto alimentados com dejetos de bovinos leiteiros e suínos. Dissertação (Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora, 67 p. 2016.*

GASPAR, R. M. B. L. *Utilização de Biodigestor em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.*

PRATI, L. *Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Gerado por Biodigestores*. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012. SPILLARI, T. R.; MOLIN, A. D.; POLACINSKI. *Gestão Ambiental: Análise de viabilidade e dimensionamento de um biodigestor para geração de energia elétrica e biofertilizante*. In: 2ª Semana Internacional Das Engenharias Fabor, Horizontina – RS, Faculdade Horizontina, p.14. 2012.

PEREIRA, G. *Viabilidade Econômica da Instalação de um Biodigestor em Propriedades Rurais*. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática). Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí. 2009.

PEREIRA, L. RIBEIRO, W. R. PEREIRA, A. A. LIMA, R. E. do. V. *A construção e o papel ambiental de um biodigestor*. 2012.

SGANZERLA, E. *Biodigestor, uma solução*. Porto Alegre: Agropecuária, 1983

SILVA, J. E. P. da. *Avaliação técnica e econômica de um biodigestor de fluxo tubular: estudo de caso do modelo implantado na ETEC “Orlando Quagliato” em Santa Cruz do Rio Pardo, Sp*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho. Botucatu – SP. 69 p. 2016.

SILVA, W. T. L. DA.; NOVAES, A. P. DE.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L. F. DE.; LOURENÇO MAGNONI, JR. *Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola*. São Paulo, 2012

## PROJETO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE

Carlos Eduardo Lourenço da Silva<sup>1</sup>; Sandy Cristina Araújo de Almeida<sup>1</sup>, Telmo Viana Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Iguazu

ce76997@gmail.com , 190067220@aluno.unig.edu.br, 0162004@professor.unig.edu.br

**Resumo** - O presente trabalho traz o projeto de um permeâmetro para atender ensaios de carga constante, usando materiais de baixo custo, com o intuito de complementar o aprendizado de forma prática. O uso do permeâmetro tem como intuito determinar de forma fácil a condutividade hidráulica de solos granulares. Este equipamento permitirá que seja realizado testes para a determinação da permeabilidade do solo a partir da condutividade hidráulica do solo. Através deste projeto será possível reproduzir situações reais do cotidiano, com o objetivo de ser aplicável a diferentes campos de investigação. A metodologia que será utilizada neste equipamento utilizará quatro etapas que serão: projeto, construção, montagem dos instrumentos e teste operacional do equipamento. Na construção e instrumentação do permeâmetro será realizada toda a montagem dos componentes do equipamento, para a partir daí obter os dados necessários. Já na última etapa serão realizados ensaios pelo método de carga constante com materiais reais, como solos mais arenosos. Verificado e aprovado o projeto de condutividade hidráulica, o equipamento será disponibilizado para o laboratório da instituição que poderá realizar testes em solos, a fim de contribuir com o conhecimento dos demais alunos

(Palavras-chave: Permeâmetro de carga constante, Condutividade hidráulica, Estudo dos solos)

**Abstract** - This paper presents the design of a permeameter to perform constant load tests, using low-cost materials, with the aim of enhancing practical learning. The permeameter is intended to easily determine the hydraulic conductivity of granular soils. This equipment will enable tests for soil permeability determination based on soil hydraulic conductivity. Through this project, it will be possible to replicate real-life situations, intending applicability across various research fields. The methodology employed in this equipment will involve four stages: design, construction, assembly of instruments, and operational testing of the equipment. In the construction and instrumentation of the permeameter, the assembly of equipment components will be carried out to obtain the necessary data. In the final stage, tests will be conducted using the constant load method with real materials, such as sandy soils. Once the hydraulic conductivity project is verified and approved, the equipment will be made available to the institution's laboratory, enabling soil tests to contribute to the knowledge of other students.

(Keywords: *Constant Head Permeameter, Hydraulic Conductivity, Soil Studies.*)

## 1 INTRODUÇÃO

A permeabilidade do solo, conforme conceituada por Alonso (1999), é um indicador crucial da capacidade do solo em permitir a passagem de água. O entendimento aprofundado desse fenômeno torna-se imperativo, pois falhas na absorção hídrica pelo solo podem resultar em sérios contratempos na construção, como enfatizado por Tonin (2013). Um exemplo notório dessa problemática são os deslizamentos de encostas, originados pelo aumento da carga do solo devido ao encharcamento e processos erosivos. Diante desse cenário, torna-se evidente a importância de profissionais possuírem expertise nesse campo. Segundo Romeiro (2016) "...se observa limitações ao se ensinar o estudo dos solos, pois muitas vezes seu ensino é limitado ou subestimado". Visto isso, a proposta para criação do equipamento, permeâmetro de carga variável, tem o objetivo de agregar valor ao laboratório de solos da instituição, visando dinamismo para as aulas já que o projeto possibilitará esses ensaios que são de suma importância para a área de construção civil, visto que os maiores problemas estão relacionados com a presença de água no solo. É esperado que dessa forma o estudo dos solos se torne mais completo e conseqüentemente formar profissionais mais capacitados.

Nesse contexto, a construção e utilização do permeâmetro ganham destaque, representando uma ferramenta significativa para complementar o aprendizado teórico sobre a permeabilidade do solo. Este instrumento não apenas facilita a compreensão dos princípios subjacentes, mas também prepara os profissionais para enfrentar desafios reais, prevenindo potenciais riscos associados à inadequada absorção de água pelo solo em projetos de construção. Portanto, a implementação do permeâmetro não se limita a uma simples ampliação do conhecimento teórico; ela desempenha um papel fundamental ao promover uma aplicação prática essencial para o setor profissional. Ao oferecer uma abordagem prática para o entendimento da permeabilidade do solo, esse instrumento contribui não apenas para a formação acadêmica, mas também para a capacitação prática dos profissionais, mitigando possíveis problemas e fortalecendo a segurança e a eficácia nos projetos de construção.

Assim, a integração do permeâmetro transcende o âmbito teórico, consolidando-se como uma ferramenta indispensável na formação e atuação de especialistas na área. De acordo com Caputo (1988), o conhecimento da permeabilidade de um solo é de importância em diversos problemas práticos da engenharia, tais como: drenagem, rebaixamento do nível d'água, recalques etc. Outros autores também destacam a importância do conhecimento nessa área, como Uribe (2016):

*"A correta determinação da permeabilidade de materiais que apresentam baixa condutividade hidráulica é necessária para o desenvolvimento de projetos de grande importância, tais como: pavimentação, aterros sanitários, lixiviação em pilhas, barragens, barreiras impermeáveis, lagoas artificiais, entre outros".*

## 2 METODOLOGIA

O trabalho teve início com uma vasta revisão bibliográfica, explorando temas como a Lei de Darcy e a NBR 13292 que serviu de base para o dimensionamento do tipo de permeâmetro escolhido, além de especificar como serão utilizadas as informações obtidas com o uso do equipamento. O permeâmetro é constituído por um tubo de PVC com 150 mm de diâmetro e 45 cm de altura com dois caps, que servirão como base e tampa, de mesmo diâmetro acoplados em suas extremidades.

Os dois caps possuem furos para a entrada e saída de água nos processos de saturação e percolação.

O tubo de PVC também contará com a presença de dois furos nas laterais de saída para as mangueiras que por sua vez serão conectadas as duas buretas graduadas para determinação de perda de carga.

Na base do permeâmetro deve haver um disco perfurado com permeabilidade superior à do corpo de prova. Em cima do disco perfurado é colocado um disco feito de manta de geotêxtil. Em seguida, o tubo de PVC é acoplado a base.

Para a criação do corpo de prova dentro do permeâmetro, são imprescindíveis o material a ser ensaiado, um funil de vidro e uma concha metálica. A extremidade do bico do funil deve estar em contato com a tela metálica inferior presente no permeâmetro. Despeja-se no funil quantidade suficiente de material para formar uma camada. Em seguida, levanta-se o funil e ajusta-se continuamente a altura do bico, garantindo que a altura de queda livre do material seja de 1 cm. Move-se o funil para assegurar a formação de uma camada uniforme. Após o preenchimento completo do permeâmetro, insere-se o segundo disco de tela metálica no topo. Por fim, acopla-se a tampa.

Posteriormente, o material deve passar pelo processo de saturação. Esse procedimento ocorre quando as entradas laterais e superior estão fechadas, enquanto a entrada inferior está aberta, permitindo a entrada exclusiva de água por ela, expelindo o ar pelo topo. Com o corpo de prova saturado, a válvula inferior é fechada, e o reservatório é conectado à entrada superior. Na sequência, dá-se início ao processo de percolação. Com todas as válvulas abertas, aguarda-se a estabilização das cargas hidráulicas, sem variações nos níveis de água nos tubos manométricos. Utilizando uma proveta e um cronômetro, registra-se o tempo decorrido e o volume de água percolado. A temperatura da água no momento do ensaio também é considerada. Ainda é necessário determinar a diferença entre as cargas hidráulicas nas buretas. Esse procedimento deve ser repetido no mínimo 5 vezes.

No ano de 1856, a partir de ensaios de filtros de areia Henry Darcy determinou os fatores que influenciavam a vazão de água em solos saturados, dando origem a Lei de Darcy. A lei de Darcy aponta que a vazão está diretamente relacionada à área da seção transversal do fluxo e à diferença de carga total entre a entrada e a saída, enquanto a vazão é inversamente proporcional ao comprimento da amostra na direção do fluxo. (Martínez Uribe, 2016.)

A lei de Darcy pode ser expressa pela seguinte equação:

$$Q = -k \frac{\Delta h}{L} A$$

Eq. 1

Onde:

- ✓ Q é a vazão de infiltração (m<sup>3</sup>/s);
- ✓ Δh é a diferença de carga total de entrada e saída (m);
- ✓ L é o comprimento da amostra (m);
- ✓ A é a área transversal da amostra (m<sup>2</sup>);
- ✓ k é a constante de proporcionalidade, conhecida como a condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (m/s).

### 3 RESULTADOS

Como mencionado anteriormente o permeâmetro é um dispositivo construído a partir de um tubo de PVC com um diâmetro de 150 mm e uma altura de 45 cm. Ele é composto por duas tampas, uma que

atua como a fechamento inferior e a outra como fechamento superior, ambas com o mesmo diâmetro e acopladas nas extremidades do tubo. Essas tampas são equipadas com furos que desempenham um papel crucial nos processos de saturação e percolação de água. A tampa superior possui um furo central, enquanto a tampa inferior possui um furo em sua lateral. O tubo de PVC apresenta também duas aberturas laterais que estão conectadas a mangueiras. Essas mangueiras, por sua vez, são ligadas a duas buretas graduadas que são usadas para determinar a perda de carga durante os ensaios.

A montagem do permeâmetro segue um procedimento específico: Inicialmente, é colocado um disco feito de manta de geotêxtil na base do dispositivo, antes da tela metálica inferior. Em seguida, o tubo de PVC é acoplado à base, seguido pelo corpo de prova e pela inserção de outro disco de manta de geotêxtil, localizado na parte superior do tubo, após a tela metálica superior, e, por fim, a tampa é fixada. Isso garante que, tanto na base quanto no topo do permeâmetro, a manta de geotêxtil desempenhe seu papel crucial antes da fase de saturação e percolação. A lista de materiais que serão utilizados para confecção do equipamento pode ser encontrada na tabela 1.

Tabela 1 – Lista de materiais para construção do permeâmetro

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Tubo de PVC 150 mm</b>	<b>0,5 metros</b>
<b>Caps de PVC 150 mm</b>	<b>2 unidades</b>
<b>Mangueira Cristal 1/2</b>	<b>3 metros</b>
<b>Mangueira Cristal 1/4</b>	<b>1 metro</b>
<b>Placa de Madeira</b>	<b>1x1,2 metros</b>
<b>Registro PVC Esfera</b>	<b>2 unidades</b>
<b>Torneira PVC 1/2</b>	<b>1 unidade</b>

Para facilitar a medição das cargas hidráulicas durante os ensaios, é montado um quadro que abriga as duas buretas graduadas. Além disso, um reservatório de água é utilizado no processo fornecendo o líquido que será utilizado no processo de saturação e percolação do corpo de prova. A montagem do sistema pode ser encontrada na Figura 1.

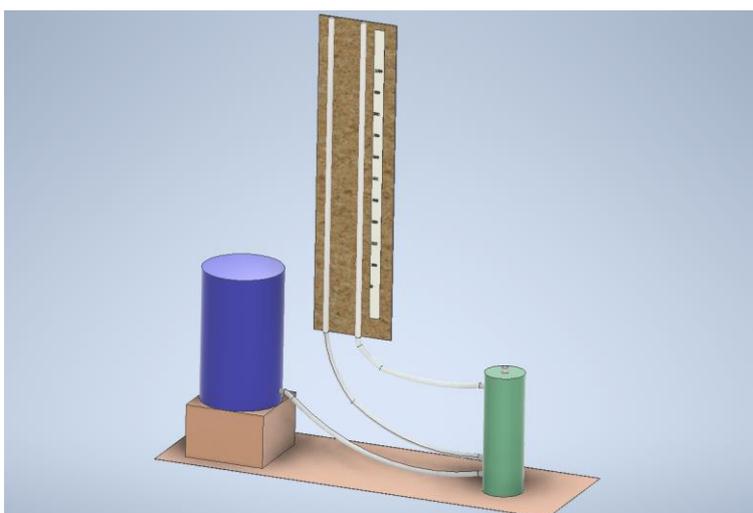


Figura 1 – Sistema Permêmetro de Carga Constante

O permeâmetro foi desenvolvido levando em consideração equipamentos já existentes, como por exemplo o permeâmetro de carga constante que se encontra no laboratório da UERJ - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, que pode ser visualizado na Figura 2.



Figura 2 – Permêmetro de Carga Constante

A montagem do equipamento segue uma ordem cuidadosa para garantir seu correto funcionamento. Inicialmente, realiza-se um furo na parte central do cap de PVC, como pode ser visto na Figura 3, que funcionará como a tampa superior do permeâmetro. Essa abertura destina-se à entrada da mangueira cristal, a qual será conectada ao reservatório de água. Vale destacar que o local onde o permeâmetro está situado dispõe de fornecimento constante de água.



Figura 3 – Cap de PVC destinado a ser utilizado como topo do permeâmetro, já provido do orifício para entrada de água.

Em seguida, efetua-se um furo na parte lateral do cap de PVC, que atuará como a base do permeâmetro. Este furo é projetado para o encaixe de uma torneira, desempenhando o papel de saída de água durante o processo de percolação do corpo de prova. Além disso, realiza-se um furo na parte lateral do tubo de PVC para o encaixe da torneira. Na Figura 4, é possível ver como ficou o cap após a torneira ser encaixada.



Figura 4 – Base do permeamêtro já equipada com a torneira

Posteriormente, são feitos furos laterais para as entradas dos registros, que serão conectados aos tubos manométricos, como pode ser visto na Figura 5.



Figura 5 – Corpo do Permêametro, com os registros e mangueiras já conectados. (Fonte Autor ,2023)

Simultaneamente, é elaborado um quadro utilizando uma placa de madeira para acomodar os tubos manométricos, exibido na Figura 6.

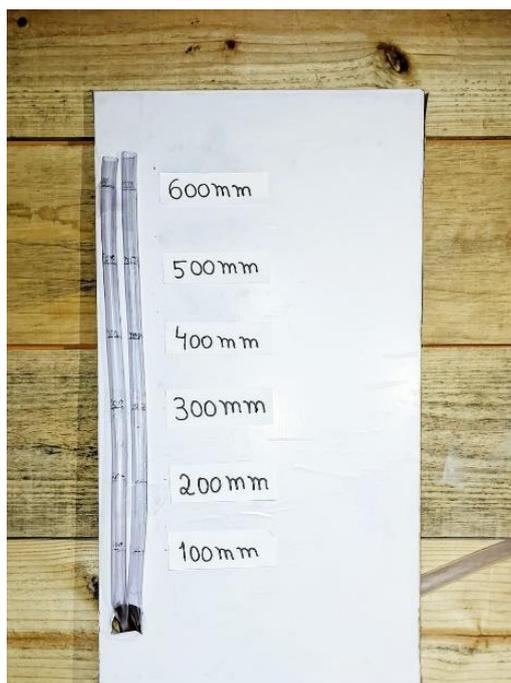


Figura 6 – Quadro com Tubos manométricos. (Fonte Autor ,2023)

Por fim, realiza-se a inserção dos caps no tubo de PVC, completando, dessa forma, o equipamento, conforme evidenciado na Figura 7.



Figura 7 – Permêmetro de Carga Constante. (Fonte Autor ,2023)

Essa sequência de passos assegura não apenas a funcionalidade, mas também a precisão e controle do fluxo durante o ensaio de permeabilidade.

#### 4 CONCLUSÕES

Após extensivas investigações sobre temas relacionados à permeabilidade dos solos e à aplicação da Lei de Darcy, foi possível conceber um projeto meticuloso para a construção de um permeâmetro de

carga constante acessível e confiável. Esse projeto foi meticulosamente desenvolvido com o propósito de assegurar a usabilidade e a precisão do equipamento, visando torná-lo uma ferramenta valiosa para instrutores e alunos que o utilizarão nas aulas de Mecânica dos Solos. A construção do permeâmetro de carga constante revela-se crucial para o estudo da percolação em solos granulares. Além de aprimorar o aprendizado teórico, este equipamento desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes em construções, contribuindo significativamente para a engenharia com sua notável precisão. A sua aplicação prática não apenas enriquece o conhecimento teórico dos alunos, mas também promove uma compreensão mais profunda dos princípios fundamentais relacionados à permeabilidade do solo. Com essa iniciativa, esperamos proporcionar uma valiosa contribuição ao campo acadêmico, bem como à prática da engenharia civil.

## 5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi conduzido por meio da concessão de uma bolsa de iniciação científica pela Universidade Iguazu, conforme o Edital 2024-2023 do Programa de Iniciação Científica. Além disso, contou com o suporte da Coordenação do Curso de Engenharia Civil e da Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, que disponibilizou espaço no Laboratório Multidisciplinar 3 para a fabricação e montagem do equipamento. ao Professor Rogério Feijó, da UERJ, por seu tempo e paciência para a realização deste projeto. Quero estender meu agradecimento especial aos amigos Arleide Lourenço, Matheus Marques e Natália Lourenço, cujo apoio foi fundamental e significativo ao longo desse processo. Seu suporte é imensamente apreciado.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX, 1999. 131 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Rio de Janeiro.
- CAPUTO, HP. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ª edição. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1998.
- ROMEIRO DHL, FREIRE AC, MELO SBF, ROCHA JMMS, ALMEIDA LM. Entendo a permeabilidade dos solos: Uma experiência diádica com materiais recicláveis. Paraíba. III CONEDU, 2016.
- TONIN, F. Permeabilidade dos solos. aula 7-8. Mecânica de solos. Engenharia civil. 2013.
- URIBE, CRISTINA MARTINEZ (2016). Projeto e construção de um Permeâmetro de Parede flexível e carga constante. 2016. xix, 114 f., il. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília 2016

## PROJETO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA VARIÁVEL

Almeida S. C. A. de <sup>1</sup>; Silva C. E. do L. da <sup>1</sup>; RodrigueT.V<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Grupo de Pesquisa Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

190067220@aluno.unig.edu.br, ce76997@gmail.com, telmoviana@gmail.com

**Resumo** – Este trabalho apresenta um permeâmetro de carga variável desenvolvido para avaliar a permeabilidade do solo, priorizando solos granulares. Baseado em conceitos fundamentais como a Lei de Darcy, o equipamento foi projetado visando replicar condições práticas e aplicar os resultados em diversas áreas de pesquisa. O processo de montagem e operação é simplificado, facilitando a compreensão dos usuários, e o equipamento é composto por componentes acessíveis, mantendo os custos reduzidos. A metodologia de ensaio inclui cuidadosa preparação do corpo de prova, vedação e saturação, assegurando resultados precisos e reproduzíveis na análise da permeabilidade do solo. O permeâmetro, uma ferramenta valiosa, contribui para o avanço da compreensão teórica da percolação em solos granulares, desempenhando um papel crucial na pesquisa e aplicação prática em engenharia civil.

(Palavras-chave: Permeâmetro de carga variável, permeabilidade do solo, solos granulares)

**Abstract** - This work presents a variable load permeameter developed to evaluate soil permeability, prioritizing granular soils. Based on fundamental concepts such as Darcy's Law, the equipment was designed to replicate practical conditions and apply the results in various areas of research. The assembly and operation process are simplified, making it easier for users to understand, and the equipment is made up of accessible components, keeping costs low. The test methodology includes careful preparation of the test specimen, sealing and saturation, ensuring accurate and reproducible results in the analysis of soil permeability. The permeameter, a valuable tool, contributes to advancing the theoretical understanding of percolation in granular soils, playing a crucial role in research and practical application in civil engineering.

(Keywords: Variable head permeameter, soil permeability, granular soils)

### 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa nas propriedades hidráulicas do solo é essencial para compreender os mecanismos de transporte de água e contaminantes no ambiente subsuperficial. Neste contexto, a implementação de tecnologias avançadas, como o permeâmetro de carga variável, representa um passo significativo para aprimorar nossa compreensão desses processos. Este estudo se concentra na análise da permeabilidade do solo com base na condutividade hidráulica, utilizando um permeâmetro de carga variável recém-integrado no laboratório do programa de graduação desta instituição. O objetivo central deste projeto é conduzir testes que não apenas atendam aos padrões normativos, como os estabelecidos pela NBR 14545 (2021) para solos granulares com coeficientes inferiores a 10 cm/seg, mas também replicar fielmente condições realistas do cotidiano. A aplicabilidade prática dos resultados é uma prioridade, visando contribuir para diversas áreas de pesquisa, desde a engenharia ambiental até a geotecnia.

O solo, enquanto meio permeável, apresenta desafios dinâmicos e variáveis para a engenharia. O entendimento do fluxo de fluidos através dos poros não apenas permite a aplicação de teorias

clássicas, como a Lei de Darcy, mas também abre portas para abordar desafios contemporâneos. A partir desse projeto será possível ver em ação diversos conceitos como o da Lei de Darcy e o da condutividade hidráulica que é a propriedade do solo para permitir, com maior ou menor facilidade, o fluxo de água através dos seus grãos e geralmente é expressa em m/s. Esta propriedade depende dos vazios conectados no solo, onde a água pode fluir dos pontos de alta para baixa energia, e da porcentagem de finos que contém o solo (Lopez, 2012). Este estudo não busca apenas obter dados laboratoriais, mas sim compreender as características do solo que influenciam diretamente sua permeabilidade, enriquecendo o conhecimento na área.

A relevância prática desta pesquisa é acentuada, especialmente em contextos urbanos, onde a contaminação do solo, muitas vezes associada à gestão inadequada de resíduos sólidos e carências no saneamento, impacta diretamente as águas subterrâneas. Ao contribuir para o avanço do conhecimento científico, este trabalho visa oferecer insights valiosos para a resolução de desafios reais e urgentes enfrentados pela sociedade contemporânea. Ao longo deste artigo, detalharemos os métodos experimentais empregados, apresentaremos os resultados obtidos e discutiremos as implicações práticas dessas descobertas. Espera-se que esta pesquisa não apenas enriqueça o corpo de conhecimento na área da hidrologia do solo e engenharia ambiental, mas também proporcione ferramentas valiosas para lidar com questões prementes relacionadas à permeabilidade do solo em ambientes diversos.

## 1. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto teve início com uma fase dedicada à pesquisa e revisão bibliográfica. Referências como a Lei de Darcy e a norma NBR 14545 foram exploradas para estabelecer a base teórica necessária para a compreensão do conceito de permeabilidade e o funcionamento do permeâmetro de carga variável. Essa fase inicial permitiu a formulação de uma metodologia robusta, alinhada aos princípios fundamentais desses conceitos.

O permeâmetro de carga variável foi projetado com um cilindro de PVC de aproximadamente 150 mm de diâmetro e 450mm de altura, acoplado a duas tampas de mesmo diâmetro. O corpo de prova do solo foi cuidadosamente posicionado no centro do permeâmetro e revestido com parafina para evitar percolação radial de água. A montagem do protótipo seguiu um processo criterioso:

Inicialmente, a base foi preparada com uma tela metálica sobre a saída inferior, seguida pelo tubo de PVC.

Uma camada de areia, com aproximadamente 1 cm de altura, foi adicionada à base.

O corpo de prova deverá ser posicionado no centro do permeâmetro.

A bentonita hidratada foi cuidadosamente aplicada para vedar o espaço entre o corpo de prova e a parede do permeâmetro.

Uma camada adicional de areia deverá ser colocada no topo do corpo de prova, atuando como filtro e assegurando a distribuição uniforme da água.

A tampa superior será fixada para concluir a montagem.

A etapa seguinte envolveu a saturação do corpo de prova, conectando ao permeâmetro a um reservatório por meio de uma mangueira. Durante a saturação, a eliminação cuidadosa do ar no

interior do corpo de prova foi essencial. Uma vez concluída a saturação, o processo de percolação foi iniciado, medindo-se com precisão a quantidade de água que saía do permeâmetro por meio de uma proveta, enquanto cronometrava-se o tempo necessário para essa medição.

O ensaio de permeabilidade com carga variável foi conduzido, medindo-se o tempo necessário para uma diferença de altura no menisco de água dentro da bureta graduada. Cinco medidas diferentes foram realizadas, variando-se a diferença de altura da carga hidráulica e o tempo de percolação.

É fundamental destacar que o protótipo do permeâmetro foi fabricado com materiais acessíveis, como tubo de PVC, caps de PVC, parafina, areia grossa, bentonita, mangueira flexível cristal ½", amostra de solo, tela metálica, reservatório de água e bureta graduada de vidro.

Os procedimentos metodológicos foram fundamentados na Lei de Darcy, cuja relação matemática foi expressa considerando a constante de proporcionalidade, conhecida como coeficiente de permeabilidade (k), determinante na quantificação da permeabilidade do solo.

No ano de 1856, a partir de ensaios de filtros de areia Henry Darcy determinou os fatores que influenciavam a vazão de água em solos saturados, dando origem a Lei de Darcy. A lei de Darcy aponta que a vazão está diretamente relacionada à área da seção transversal do fluxo e à diferença de carga total entre a entrada e a saída, enquanto a vazão é inversamente proporcional ao comprimento da amostra na direção do fluxo. (Martínez Uribe, 2016.)

Ela pode ser expressa pela seguinte equação:

$$Q = -k \frac{\Delta h}{L} A \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

Onde:

- ✓ Q é a vazão de infiltração (m<sup>3</sup>/s);
- ✓ Δh é a diferença de carga total de entrada e saída (m);
- ✓ L é o comprimento da amostra (m);
- ✓ A é a área transversal da amostra (m<sup>2</sup>);
- ✓ k é a constante de proporcionalidade, conhecida como a condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (m/s).

Lembrando que a lei de Darcy só será válida para solos de granulometria fina como argila e areias finas (Martínez Uribe, 2016).

## 2. RESULTADOS

A revisão meticulosa de conceitos cruciais, como a Lei de Darcy e a norma NBR 14545, desempenhou um papel instrumental na definição do plano de fabricação do permeâmetro de carga variável e na

delineação dos procedimentos experimentais. Este estudo prevê a execução do ensaio, com o intuito de calcular o coeficiente de permeabilidade, além de explorar outras possíveis aplicações das informações derivadas do experimento.

Fundamentando-se na Lei de Darcy, o ensaio presume uma relação proporcional entre as velocidades de fluxo e os gradientes hidráulicos. Aspectos cruciais incluem a necessidade de continuidade do escoamento, sem variações no volume do solo durante o ensaio, e a saturação total do corpo de prova, conforme preconizado pela NBR 14545 (2021).

O equipamento proposto consiste em um tubo de PVC, com aproximadamente 150 mm de diâmetro e 450 mm de altura, conectado a duas tampas também confeccionadas em PVC. A tampa superior incorpora um orifício projetado para permitir a entrada controlada de água durante a fase de saturação do corpo de prova. Este orifício é conectado a um reservatório de água por meio de uma mangueira. Simultaneamente, a tampa inferior possui um orifício central para a eficiente eliminação de ar durante as fases de saturação e percolação do experimento. O processo de montagem, simplificado, envolve a conexão do tubo de PVC às duas tampas.

A concepção simplificada do equipamento busca facilitar a compreensão dos procedimentos pelos alunos, mantendo, ao mesmo tempo, os custos em patamares acessíveis.

A Figura 1 apresenta o permeâmetro de carga variável completamente montado, destacando a simplicidade do design proposto. O tubo de PVC, com aproximadamente 150 mm de diâmetro e 450 mm de altura, é conectado a duas tampas também de PVC. A tampa superior é equipada com um orifício estrategicamente posicionado para a entrada de água durante a fase de saturação do corpo de prova. Uma mangueira conecta este orifício a um reservatório de água, enquanto a tampa inferior possui um orifício central para a saída de ar durante as fases de saturação e percolação do experimento. Esta configuração, além de ser didática para os alunos, busca manter os custos em níveis acessíveis.

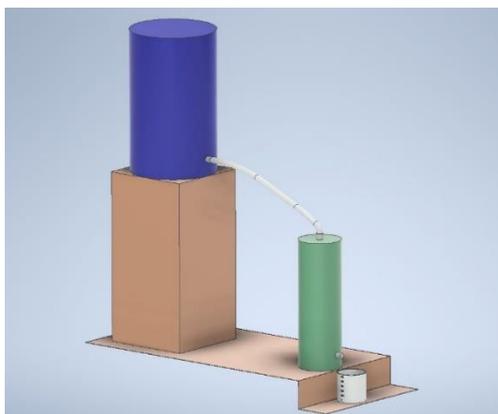


Figura 1 Equipamento montado, integrado ao sistema experimental(Fonte Autor ,2023)

A Figura 2.a oferece uma visão detalhada do permeâmetro de carga variável em pleno funcionamento. Durante o ensaio, a água flui pelo sistema, saturando o corpo de prova conforme as condições predefinidas. Essa representação visual enfatiza a aplicação prática dos princípios da Lei de Darcy e da norma NBR 14545 (2021) no contexto do experimento.

Na Figura 2.b, o permeâmetro de carga variável é apresentado desmontado, evidenciando a facilidade de inserção do corpo de prova. Este aspecto prático do equipamento simplifica as etapas

preparatórias do experimento, permitindo uma abordagem didática e eficiente para a realização dos ensaios.



Figura 2 A imagem A mostra o permeâmetro em operação, enquanto a imagem B exibe o mesmo desmontado para a inserção do corpo de prova. (Fonte Autor ,2023)

A Tabela 1 detalha os materiais essenciais empregados na construção do permeâmetro de carga variável, destacando a simplicidade e acessibilidade dos componentes escolhidos para garantir a viabilidade do projeto. Cada material desempenha um papel crucial na funcionalidade e montagem do equipamento, assegurando, ao mesmo tempo, a replicabilidade e a eficácia nos experimentos de permeabilidade do solo.

Material	Função
Tubo de PVC (Ø 150 mm, Altura 450 mm)	Estrutura principal do permeâmetro, proporcionando a câmara para o corpo de prova do solo.
Caps de PVC (Tampas)	Encerramento superior e inferior do tubo de PVC, facilitando a montagem e desmontagem do equipamento.
Mangueira flexível cristal ½'	Conecta o permeâmetro ao reservatório de água, permitindo a entrada controlada de água durante a saturação.
Parafina	Revestimento para evitar a percolação radial de água no corpo de prova do solo.
Areia grossa	Camada filtrante e distribuidora de água no topo e na base do corpo de prova.
Bentonita	Material de vedação, preenchendo o espaço entre o corpo de prova e a parede do permeâmetro.
Reservatório de água	Armazena a água necessária para a saturação do corpo de prova durante o experimento.
Tela metálica	Localizada sobre a saída inferior, auxilia na sustentação da areia e evita obstruções.
Bureta graduada de vidro	Utilizada na medição precisa da quantidade de água que flui durante o ensaio de permeabilidade com carga variável.

A montagem do equipamento seguiu uma sequência específica. Inicialmente, foi realizado um furo na parte central do cap de PVC, que funciona como a tampa superior do permeâmetro e pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 - Cap de PVC que será usado como topo do permeâmetro, já com o furo para entrada de água. (Fonte Autor ,2023)

Esse furo destina-se à entrada da mangueira cristal, a qual será conectada ao reservatório de água. Em seguida, efetua-se um furo na parte lateral do cap de PVC, que servirá como a base do permeâmetro. Esse furo é projetado para o encaixe de uma torneira, desempenhando o papel de saída de água durante o processo de percolação do corpo de prova, assim como mostrado na Figura 4.



Figura 4 - A imagem A mostra a vista frontal da base do permeamêtro já equipada com a torneira, enquanto a imagem B exhibe a vista lateral da mesma. (Fonte Autor ,2023)

Além disso, é feito um furo na parte lateral do tubo de PVC, proporcionando um local adequado para o encaixe da torneira. Posteriormente, realiza-se o encaixe do cap no tubo de PVC, completando assim o conjunto, que pode ser visto na Figura 5. Essa sequência de passos assegura a correta funcionalidade do equipamento, facilitando a entrada, saída e controle do fluxo de água durante o ensaio de permeabilidade.



Figura 5 – Permeâmetro de Carga Variável montado. (Fonte Autor ,2023)

### 3. CONCLUSÕES

A concepção e construção do permeâmetro de carga variável constituem uma contribuição significativa ao estudo da percolação em solos granulares. Enfatizando precisão e usabilidade, o projeto visa fortalecer a aplicação prática dos conceitos teóricos, integrando teoria e prática na disciplina de Mecânica dos Solos. A fase inicial proporcionou uma experiência enriquecedora aos alunos, enquanto a fabricação do permeâmetro eleva o padrão das aulas práticas e estabelece uma ferramenta valiosa para docentes. A expectativa de publicar o procedimento completo reflete o compromisso com a disseminação do conhecimento, contribuindo para avanços acadêmicos e práticos na engenharia geotécnica. O permeâmetro representa não apenas uma ferramenta de pesquisa, mas também um instrumento prático na prevenção de riscos e promoção da segurança na construção, destacando-se como um avanço significativo na compreensão da dinâmica solo-água.

### 4. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado através da concessão de bolsa de iniciação científica pela Universidade Iguazu mediante Edital 2023-2024 do Programa de Iniciação Científica. E, com o apoio da Coordenação do Curso de Engenharia Civil e da Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica que cedeu espaço no laboratório Multidisciplinar 3 para fabricação e montagem do equipamento.

### 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14545: Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável. Rio de Janeiro.

ALONSO, U. R. Rebaixamento temporário de aquíferos São Paulo: TECNOGEO/GEOFIX,1999. 131 p

CAPUTO, HP. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ª edição. Rio de Janeiro. LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1998.

DURGIEWICZ, R.C.; MATTOS, V.A.T - Desenvolvimento de um instrumento digital microcontrolado para obtenção do coeficiente de permeabilidade de solos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba 2016.

FERREIRA, M.F.F. - Hidráulica dos solos: montagem de um aparato para simulação de redes de fluxo e montagem de permeâmetro de carga constante – Alegrete 2014

JOANNIC, A.M.C; LEGUENNEC, G.G.B.; KNOP, A.; RECH, C.; BARBOSA, E.; SKOREK, F.; LOPEZ, E. (2012). Estudio Experimental de la Permeabilidad de Materiales Depositados em Pilas de Lixiviación. Universidad de Chile. pp.150.

MARTÍNEZ, G.S.S. - Estudo do comportamento mecânico de solos lateríticos da formação barreiras - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – Porto Alegre 2003

MARTÍNEZ URIBE, C;. Projeto e construção de um permeâmetro de parede flexível e carga constante. 2016. xix, 114 f., il. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília 2016

ROMEIRO DHL, FREIRE AC, MELO SBF, ROCHA JMMS, ALMEIDA LM. Entendo a permeabilidade dos solos: Uma experiência didática com materiais recicláveis. Paraíba. III CONEDU, 2016.

SIVIEIRO, P.R. - Análise da variação de compressibilidade e permeabilidade de rejeito de mineração bauxita – Joinville 2019

VENTURINI, S.F.; QUADROS, D.S. - Sistema de medição digital de permeabilidade de solos - CIPPUS (ISSN2238-9032) Canoas, v. 7, n. 1, 2019

## TÉCNICA DE CONSOLIDAÇÃO PROFUNDA RADIAL. ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DA TÉCNICA EXECUTADA NAS VIAS DE ACESSO AO BAIRRO PONTAL OCEÂNICO NO RECREIO DOS BANDEIRANTES –RJ

Macedo K. K. <sup>1</sup>; Souza G.L. A. <sup>2</sup>; Pires G. D. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aluno Engenharia Civil <sup>2</sup> Docentes Engenharia Civil

<sup>1,2,3</sup> Grupo de Pesquisa Engenharia e Sociedade, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguazu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

180026522@aluno.unig.edu.br, 0166002@professo.unig.edu.br; 0136072@professo.unig.edu.br

**Resumo** - Este presente trabalho dispõe de um estudo sobre a técnica utilizada para melhoramento do solo mole. Conhecida como Consolidação Profunda Radial (CPR). O CPR Grouting é uma técnica de aprimoramento de solos moles que atua geoenrijecimento, onde é instalado drenos verticais pré-fabricados (DVPs) e decorrente formação de colunas mediante a injeção de argamassa, no interior deste solo mole é elevada a altas pressões, pretendendo acelerar o desenvolvimento do adensamento do solo mole. Consiste na consolidação do solo via expansão de cavidades, pela cravação de geodrenos, seguindo-se da formação verticais de bulbos de geogROUT, que comprimem o solo mole em direção aos geodrenos, explorando ao máximo sua compressibilidade, simultaneamente em que as deformações e tensões obtidas são monitoradas, obtendo-se significativo aumentos rigidez e resistência. O presente estudo é baseado na aplicação de CPR Grouting no Pontal Oceânico sendo um sub-bairro nobre planejado, localizado no Recreio dos Bandeirantes, na Zona Oeste do Rio de Janeiro. O trecho em estudo apresenta uma área de 3.480 m<sup>2</sup>, com altura de aterro de 1,63 m, e espessura de solo mole da ordem de 10,0 m. Com isso houve a grande necessidade de analisar soluções geotécnicas para implantação de terreno da via urbana a curto e médio prazo. A técnica de CPR Grouting foi executada em toda dimensão do trecho.

(**Palavras-chave:** Solos Moles, CPR Grouting, Geodrenos.)

**Abstract** - This present work presents a study on the technique used for soft soil improvement. Known as Deep Radial Consolidation (CPR). CPR Grouting is a technique for improving soft soils that uses geostiffening, where prefabricated vertical drains (DVPs) are installed and the resulting formation of columns through the injection of mortar, inside this soft soil it is raised to high pressures, intending to accelerate the development of soft soil consolidation. It consists of soil consolidation via expansion of cavities, by driving geodrains, followed by the vertical formation of geogROUT bulbs, which compress the soft soil towards the geodrains, exploiting its compressibility to the maximum, simultaneously in which the deformations and tensions obtained are monitored, obtaining significant increases in rigidity and strength. The present study is based on the application of CPR Grouting in Pontal Oceânico being a planned noble sub-neighborhood, located in Recreio dos Bandeirantes, in the West Zone of Rio de Janeiro. The stretch under study has an area of 3,480 m<sup>2</sup>, with an embankment height of 1.63 m, and soft soil thickness of around 10.0 m. As a result, there was a great need to analyze geotechnical solutions for the implementation of urban road terrain in the short and medium term. The CPR Grouting technique was performed in every dimension of the section.

(**Keywords:** Soft Soils, CPR Grouting, Geodrains.)

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil tem tido uma demanda crescente por realizar construções civis, em contrapartida, é encontrada uma grande ausência de solos que haja boa qualidade nas cercanias das cidades, restando poucas alternativas como ocupar áreas que antes eram impróprias para receber e suportar construções. Os depósitos de argilas moles eram evitados por apresentar um potencial de carga baixa, pouca resistência e alta compressibilidade nos solos. Ao longo de toda costa brasileira são encontrados estes materiais usualmente denominados solos moles.

As obras realizadas sobre essa espécie de solo podem ocasionar certo tipo de problema. A inexistência de um controle geotécnico pode provocar excessivos recalques ou ruptura dos aterros que são realizados nestes solos compressíveis. Esta conjuntura acaba ocasionando o crescimento do prazo construtivo da obra, além da redução de recursos financeiros. Na execução desses aterros sobrepostos nesses solos são aplicados métodos para enfrentar o problema de eventualidade que pode decorrer deste solo, tendo como finalidade reduzir e/ou acelerar a magnitude das deformações do aterro e evitar rupturas.

Por causa da baixa resistência e à alta compressibilidade das camadas compressíveis destes solos, os processos standardizados de construção de aterros sobre estes solos argilosos (aterro com carga excessiva temporária e aterros com drenos verticais) demandam de um intervalo para que assim decorra o adensamento, por este motivo essas técnicas requerem de períodos construtivos maiores e sejam de utilização limitada.

A Consolidação Profunda Radial é uma metodologia atual de melhoria de solos moles, fundamentada na teoria de adensamento que foi desenvolvida e patenteada pela empresa Engegraut. O resultado obtido é o adensamento do solo, que devido ao procedimento de confinamento ganha resistência, aumenta sua rigidez e, por seqüência haja a diminuição dos recalques.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado na obra do bairro Pontal Oceânico, situado na Avenida das Américas, localizado no Recreio dos Bandeirantes, CEP: 22790-883 do estado do Rio de Janeiro. (Figura 1). No qual foi executada a técnica de CPR Grouting pela empresa Engegraut, a empresa que patenteou a técnica.

Nesta obra, dentre as técnicas de tratamento de solos moles, o CPR Grouting, foi a que ofereceu melhor prazo executivo aliado ao baixo custo relativo, todo processo construtivo baseia-se na redução/eliminação da compressibilidade do solo mole, atendendo totalmente aos parâmetros de sustentabilidade ambiental. A área em estudo apresenta espessuras médias de solo mole, que determina a necessidade de busca de soluções geotécnicas para execução e implantação do aterro a curto e médio prazo.

O trecho em estudo apresenta uma área de 3.480 m<sup>2</sup>, com altura de aterro de 1,63 m, e espessura de solo mole da ordem de 10,0 m. A solução consistiu na aplicação de CPR, com espaçamentos de bulbos de 3,0 m, e instalação de geodrenos em malha triangular com espaçamento de 1,5 m.

A profundidade média de tratamento foi de 10,0 m. A área em estudo obteve um prazo de liberação de 10 meses, sendo executado drenos fibroquímicos como solução das vias urbanas e CPR como solução dos Canais/Galerias. De forma a minimizar o problema de recalques excessivos, foi adotada a técnica de CPR Grouting, com o objetivo de reduzir os recalques a valores menores que 60 mm. Para

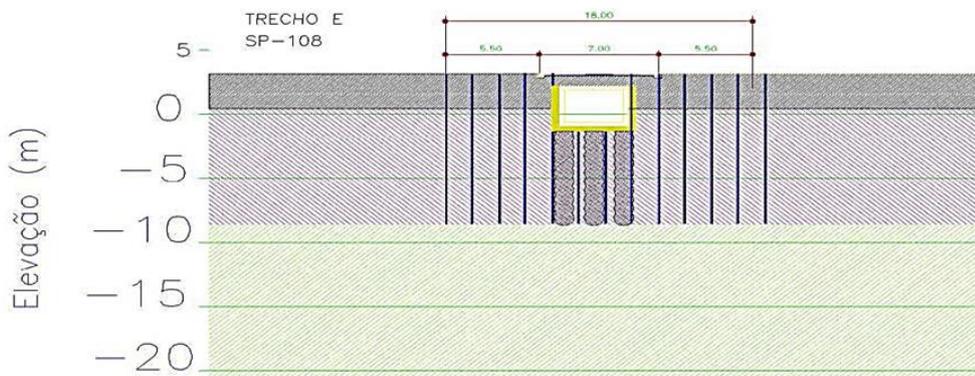
avaliar a qualidade do tratamento, durante execução do CPR Grouting, foi realizado o monitoramento com placas de recalque, na fase pós-CPR junho/2015 a maio/2016.



**Figura 1.** Indicação da localização das vias de acesso e local onde foi realizado os estudos (Fonte Geoinfra, 2015).

O CPR Grouting explora a principal característica deste tipo de solo, sendo assim a única técnica de tratamento de solo mole que explora sua compressibilidade com singularidades: as tensões radiais são utilizadas para comprimir, confinar e adensar o solo saturado em direção aos geodrenos. As tensões idealizadas por um dos métodos da teoria de expansão de cavidades, são dimensionadas com o emprego de programação de elementos finitos, capazes de idealizar grandes deformações volumétricas, associadas a um intenso processo drenante e complexas alterações nas poropressões, promovendo processo de adensamento acelerado, com base na teoria da consolidação tridimensional. A figura a seguir apresenta o trecho tratado com CPR Grouting.

Figura 2. Seção transversal do trecho tratado



Fonte: Geoinfra (2015)

O CPR Grouting é uma técnica que visa tratar os solos moles, desenvolvida e patenteada pela empresa Engegraut, que constitui no bombeamento de argamassa no interior da camada de solo mole. A execução do CPR Grouting consistiu na instalação dos drenos verticais, na preparação de argamassa e no bombeamento da argamassa para o interior do solo mole.

A injeção de argamassa sob alta pressão faz com que se formem bulbos de pressão verticais comprimindo o solo lateralmente, ocasionando deslocamentos no entorno do bulbo. O volume dos bulbos varia de 800 a 1.000 litros e as pressões de injeção de 100 kPa a 1.000 kPa, reduzindo à medida que se aproxima da superfície do terreno.

Os critérios de paralisação consistiram no alcance do volume máximo de argamassa bombeada ou no alcance da máxima pressão de injeção. Outro critério de parada do bombeamento é o levantamento superficial do terro ao redor do ponto de injeção, que ocorre devido a um plano de ruptura acima do bulbo. Inicialmente no processo de execução há um aumento da poropressão. A partir do processo de adensamento do solo, ocorre a percolação da água em direção aos drenos instalados anteriormente. À medida que a água é expulsa pelos drenos, obtém o processo gradual de transferência de carga, aumentando a tensão efetiva do solo.

Esse crescimento de tensão gerado no solo pela compressão de argamassa verticais, diminui o índice de vazios da camada compressível e ocorre o aumento de resistência do solo. Atingir essa melhoria resulta em uma significativa diminuição da magnitude dos recalques.

O CPR foi executado em uma região de solo mole, de instância removemos a vegetação pois futuramente pode ocasionar problemas. Nisso é preciso que haja tráfego por essa região, sendo feito um aterro de conquista, feito por colocação de geotêxtil sendo colocado sobre o aterro, ao chegar à capa de 0,60 a 0,80 cm há condições de trafegar com os equipamentos que são de esteira distribuindo a carga assim lançando pouca carga nesse solo.

A partir desse ponto que há o aterro de conquista, foi realizado o pré-furo com a máquina de pré-furo independente de ser nessa região onde foi feito o aterro de pré-carga ou em uma região que já possua aterro existente. O equipamento faz uma abertura desse aterro de conquista até atingirmos o solo mole. Quando atingirmos o solo mole é feito a cravação dos geodrenos fibroquímicos com o caminhão

esteira e a faca apropriada contendo o fibroquímico dentro dela cravando até a região desejada, quando a faca é retirada o geodreno fica no solo, assim que retirada do solo é cortada e cravado os geodrenos fibroquímicos.

Após a cravação dos geodrenos fibroquímicos nos pontos das verticais de compressão é descido um tubo de 3 polegadas, dessa forma iniciando o bombeamento fazendo a compressão desse solo.

Obtendo a dissipação da poropressão, ou seja, a saída d'água por cima do geodreno, expulsando a água, aumentando a rigidez desse solo e aumentando a densidade desse solo e a capacidade de carga. Por seguinte foi realizado os ensaios de comprovação. Utilizamos o manômetro para ver a tensão de projeto, a caçamba onde cada pistonada são 50 litros de material por pistonada, onde na tensão de deformação é bombeado assim fazendo a compressão desse solo.

Figura 3: Técnica de geoenrijecimento



Fonte: Pontal Oceânico (Concremat 2016)

A figura 3 apresenta o enrijecimento do solo compressível por meio da técnica de CPR Grouting no Pontal Oceânico. As verticais de adensamento são executadas dentro de uma malha de geodrenos previamente cravados, para acelerar o adensamento do solo mole

Foram realizadas as instrumentações geotécnicas para distinguir diferenças no comportamento dos solos, o monitoramento do aterro executado foi realizado por uma sucessão de instrumentos geotécnicos instalados no solo.

As instrumentações foram utilizadas para prever o comportamento dos solos, e a antecipação para realizar decisões que minimizam gastos e recursos que sejam desperdiçados. Sobre os ensaios e as instrumentações de monitoramento estes conduzidos no local, conclui-se que, com o monitoramento este realizado pelo piezômetro de corda vibrante foi possível verificar a dissipação da poropressão.

Os piezômetros Casagrande foram instalados com a finalidade de monitorar as poropressões na camada drenante. O monitoramento com o inclinômetro possibilitou a verificação de um possível deslocamento horizontal podendo deteriorar estruturas próximas.

As Placas de recalque foram instaladas em todos os trechos da via, de forma a monitorar os recalques ao longo do tempo, bem como as velocidades que o mesmo se desenvolve, tendo em vista a

importância da análise de recalques em projetos de aterro, serão analisados e discutido o comportamento das placas de recalque.

O projeto de instrumentação geotécnica estabeleceu a necessidade da realização de monitoramento da ilha de instrumentação denominada. Além dos instrumentos em projeto, foram instalados instrumentos adicionais por solicitação da fiscalização.

### **3 RESULTADOS**

Foram realizadas duas campanhas de instrumentação, a primeira realizada pela Engegraut, sendo esta a executora dos CPR e a outra pela empresa Concremat, que realizou o monitoramento de todo empreendimento. A primeira campanha foi instalada duas placas de recalque a PR E1, instalada com a cota inicial de 2,848 em 17/06 e a leitura da cota final realizada em 02/09, obteve-se o valor de 2,795, ou seja, observou-se um deslocamento de 53mm. Já na segunda placa PR E2, a leitura da cota inicial foi de 2,653, e a leitura final apresentou o valor de 2,618. Logo, esta placa apresentou um deslocamento de 35mm.

Na segunda campanha realizada pela Concremat foram instaladas 8 placas de recalque, no entanto duas placas foram danificadas. A primeira leitura foi realizada em 05/06 e a última 06/09. O deslocamento mínimo foi obtido na placa E41 de 20,9mm e o deslocamento máximo foi encontrado na E24 com 61,9mm. É voltada a atenção para a magnitude do deslocamento máximo, logo observou-se que houve uma escavação próxima, o que provavelmente ocasionou interferência nas leituras.

Outro trecho que foi realizado o CPR foram instalados diversos instrumentos para a verificação do aterro. O piezômetro de Casagrande observou-se notórias de carga piezométricas entre 105 e 115 Kpa. Já piezômetros elétricos mostraram-se valores constantes e iguais a 30Kpa. É interessante ressaltar que houve uma interrupção da leitura uma vez que a execução dos bulbos do CPR danificou os instrumentos. Os inclinômetros instalados apresentou um deslocamento resultante de 700mm, porém sua leitura foi paralisada a 13,5m.

### **4 CONCLUSÃO**

O presente trabalho analisou o comportamento do aterro executado a partir de resultados de instrumentação geotécnica. O aterro foi executado sobre solo mole com drenos fibroquímicos e tratado com a técnica de consolidação profunda radial (CPR Grouting). Na leitura da instrumentação foi observado deslocamentos gerados no solo, apresentado nas placas de recalques, os deslocamentos de grande magnitude foram provocados através de uma interferência nas leituras. As leituras dos piezômetros foram paralisadas pela execução dos bulbos que danificou os instrumentos. Tendo como base a análise dos resultados da instrumentação apresentada pode-se concluir que os aterros em questão apresentam, de maneira geral, comportamento compatível com as previsões de projeto. Os resultados indicaram uma tendência clara de estabilização dos recalques nos trechos com tratamento de CPR, comprovada pela reduzida velocidade dos recalques. Nos trechos sem tratamento, os recalques ainda apresentam tendência acentuada de acréscimo com o tempo. Dessa forma, permitindo mostrar a eficiência da técnica de consolidação profunda radial CPR Grouting. Observando uma significativa redução dos recalques sobre o solo tratado. Ressalta-se a eficácia da técnica, que permite também, uma aceleração dos recalques com a instalação dos geodrenos.

## 5 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado através da concessão da empresa Engegraut para realização da pesquisa, mediante 2022,. Em especial o Sr. Joaquim Rodrigues que autorizou o estudo da técnica criada pelo mesmo e patenteada pela sua empresa Engegraut.

## 6 Referências Bibliográficas

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. [Constituição (1997)]. Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. [S. l.: s. n.], 2001. Disponível em: [https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt-metodo\\_de\\_ensaio\\_nbr\\_6484.pdf](https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt-metodo_de_ensaio_nbr_6484.pdf).
- ALMEIDA, Márcio et al. Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho. [S. l.: s. n.], 2014.
- BARRETO, Elaine. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, MINERALÓGICA E MICROMORFOLÓGICA DO SOLO MOLE DO PORTO DE SANTANA, NO AMAPÁ. 2017. Publicação Acadêmica (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, [S. l.], 2017. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9972/9972\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9972/9972_3.PDF).
- CARVALHO, César. PIEZÔMETRO DE CASAGRANDE. PIEZÔMETRO DE CASAGRANDE E SEUS EFEITOS SOBRE UMA BARRAGEM DE TERRA, [s. l.], 30 nov. 2021. Disponível em: <http://192.100.247.84/bitstream/prefix/2256/1/C%3%a9sar%20Augusto%20de%20Carvalho.pdf>.
- CHAVÃO, Amanda. Avaliação da eficiência da técnica de consolidação profunda radial CPR Grouting no tratamento de solos compressíveis. 2015. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, [S. l.], 2015. Disponível em: <http://www.labbas.eng.uerj.br/pgeciv/nova/files/dissertacoes/107.pdf>
- CIRONE, Alessandro. CONSIDERAÇÕES SOBRE A MODELAGEM GEOTÉCNICA DO CPR GROUTING. CONSIDERAÇÕES SOBRE A MODELAGEM GEOTÉCNICA DO CPR GROUTING, [S. l.], p. 1-8, 17 maio 2018.
- FILHO, Roberto. OBRAS SOBRE SOLOS MOLES E SUAS RESPECTIVAS SOLUÇÕES: UM EXEMPLO PRÁTICO DA OBRA DE UM COMPLEXO DE VACINAS EM SANTA CRUZ, RJ. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, [S. l.], 2017. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufri.br/monografias/monopoli10022278.pdf>.
- MANUAL de Execução de Sondagens. [S. l.: s. n.], 1996. Disponível em: [https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos\\_Download/manual\\_sondagem.pdf](https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/manual_sondagem.pdf).
- MEDINA, Miguel. Interação Solo-Estrutura: Entenda a Torre de Pisa: A Torre de Pisa ou Torre Pendente de Pisa é um dos maiores cartões postais da Europa, muitos turistas quando vão a Itália não podem deixar de tirar a famosa foto segurando a torre. [S. l.], 18 jul. 2019. Disponível em: <https://engm3.com/interacao-solo-estrutura-entenda-a-torre-de-pisa/>.
- MELLO, Thame. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES REFORÇADOS COM COLUNAS DE BRITA, ESTUDO DE CASO: BR-135/MA. 2019. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental) - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FACULDADE DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37186>. Acesso em: 17 set. 2022.
- PASSINI, Larissa. INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA DE SEÇÃO TESTE EM OBRA INDUSTRIAL SOBRE SOLOS MOLES. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/63035360-Instrumentacao-geotecnica-de-secao-teste-em-obra-industrial-sobre-solos-moles.html>.
- PENZ, Rodrigo. Desenvolvimento de um inclinômetro com tecnologia MEMS aplicado ao monitoramento de obras geotécnicas. 2013. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, [S. l.], 2014. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/299/1/2013RodrigoSiqueiraPenz.pdf>.
- PITOL, Mayara. Construção de um inclinômetro aplicado ao monitoramento de obras geotécnicas. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade de Passo Fundo, [S. l.], 2017. Disponível em: <http://repositorio.upf.br/bitstream/riupf/1402/1/PF2017Mayara%20Pitol.pdf>
- PÓVOA, Luisa. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE UM DEPÓSITO DE SOLO MOLE EM ÁREA DE BAIXADA LOCALIZADA EM MACAÉ-RJ. 2016. Dissertação de Mestrado (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/Disserta%C3%A7%C3%B5es-de-Mestrado-2016-LUISA-MUYLAERT-DE-MENEZES-P%C3%93VOA.pdf>

PROPRIEDADES E ÍNDICES FÍSICOS DE SOLOS. 2019. *Publicação Acadêmica (Graduandos em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2020/01/APOSTILA-PROPRIEDADES-E-%C3%8DNDICES-F%C3%8DSICOS-DE-SOLOS.pdf>.*

SOLO - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. [S. l.]: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001. Disponível em: [https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt\\_metodo\\_de\\_ensaio\\_nbr\\_6484.pdf](https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/11/spt_metodo_de_ensaio_nbr_6484.pdf).

THÁ, Pedro. ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE FLUXO PELA BARRAGEM DE TERRA DA MARGEM ESQUERDA DE ITAIPU. 2007. *Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, [S. l.], 2007. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11080/11080\\_5.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11080/11080_5.PDF).*

THÁ, Pedro. ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE FLUXO PELA BARRAGEM DE TERRA DA MARGEM ESQUERDA DE ITAIPU. 2007. *Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, [S. l.], 2007. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21333/21333\\_7.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21333/21333_7.PDF).*

SANTOS, Maria. *Influência dos drenos fibroquímicos no tempo de adensamento de solo: um caso de estudo. Influência dos drenos fibroquímicos no tempo de adensamento de solo: um caso de estudo, [S. l.], p. 1-18, 14 ago. 2021. DOI <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5001>. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/5001/1764>.*