ISSN 2675-1879

CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

4º Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão

O uso das novas tecnologias nas práticas de Engenharia, Arquitetura e Gestão

FEAMIG

ISSN 2675-1879

Caderno de Comunicações Universitárias do 4º SEAG – edição online

Os textos publicados são de responsabilidade dos autores.

REALIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO:

Centro de Extensão (CENEX) e Centro de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica (PPDC);

EQUIPE DE COMUNICAÇÃO:

Projeto Gráfico - Luciana Cardoso
Comunicação – Jennifer Krammer
ISSN 2675-1879

FICHA CATALOGRÁFICA CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

Ficha catalográfica elaborada por Márcia Rosa Portes Braga CRB 6/ 1997

F143 Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

Caderno de Comunicações Universitárias

105 f.; 29,5cm.; il.

FEAMIG - Belo Horizonte: FEAMIG, 14, 15 e 16 de maio de 2021.

1. Simpósio. 2. Práticas de engenharia, arquitetura e gestão. 3. Novas tecnologias. 4. Engenharias. . FEAMIG. IV. SEAG.

CDU (063)

ISSN 2675-1879

CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

4º SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E GESTÃO

14, 15 e 16 de maio de 2021
FEAMIG – Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente:

Ms. Raquel Ferreira de Souza – FEAMIG

Membros:

Ms. Paulo Marcelo Villani – FEAMIG
Ms. Alcir Garcia Reis – FEAMIG

COMISSÃO TÉCNICA DE AVALIAÇÃO

Profa. Esp. Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia
Prof. Ms. Diego De Jesus Queiroz Rosa
Profa. Ms. Gabriela Fonseca Parreira
Profa. Esp. Larissa De Paiva Ribeiro
Prof. Esp. Marcos Marques Moreira
Prof. Ms. Paulo Mário Cruz De Freitas
Profa. Ms. Raquel Ferreira De Souza
Profa. Ms. Tálita Rodrigues
Prof. Ms. Jouber Ferreira
Prof. Ms. Pablo Rangel
Profa. Inara de Pinho
Prof. Ms. Paulo Marcelo Villani
Prof. Esp. Evandro Gomide
Profa. Dra. Tatiana de Moura
Prof. Ms. João Carlos Tavares
Profa. Ms. Rejane Izabel

SUMÁRIO

COMISSÃO ORGANIZADORA 5

COMISSÃO TÉCNICA DE AVALIAÇÃO 5

SOBRE A FEAMIG 8

APRESENTAÇÕES DAS COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS 9

EDITORIAL 10

COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS 11

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONAS A GALPÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS ESTUDO DE CASO DE UM GALPÃO SITUADO EM CONTAGEM - MG 12

MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS 27

ESTRUTURAS ESPACIAIS: VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ESTRUTURAS ESPACIAIS 44

PATOLOGIAS DETECTADAS EM PILARES DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA ESTRUTURA LOCALIZADA EM VESPASIANO/MG 61

CASA DE ISOPOR: UM SISTEMA CONSTRUTIVO ECOEFICIENTE 75

O PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE CÂMARAS FRIAS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO FRIGORÍFICO: UM ESTUDO DE CASO 90

SISTEMA DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE: ERROS RELACIONADOS AO EFEITO DO MULTICAMINHAMENTO 106

TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO: ANÁLISE DA EFICÁCIA DO SISTEMA ANAERÓBIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NO RESIDENCIAL ATENAS 122

ESTUDO DE CASO DE OBRA DE CONTENÇÃO COMO SOLUÇÃO PARA EROSÃO DO TALUDE, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA – MG 135

CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE CORTINA ATIRANTADA: ESTABILIDADE DE TALUDES ENTRE AS RUAS ANTARES E LEVI PEREIRA COELHO, EM BELO HORIZONTE - MG 148

CONTRIBUIÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE 5S, KAIZEN E PDCA PARA ADMINISTRAÇÃO DO ARMAZÉM: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA SUPERMIX COMERCIAL S/A EM CONTAGEM - MG 163

LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICO: ESTUDO DE CASO DA EMPRESA RPT SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI SITUADA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG 177

SOBRE A FEAMIG

Com 69 anos de tradição, a FEAMIG é referência nacional no ensino de Engenharia. Oferece cursos de graduação em Engenharia Civil, Agrimensura e Produção e pós-graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Estradas, Qualidade, Engenharia Ambiental e Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Em 2019, a FEAMIG foi autorizada a abrir os cursos de Direito e Administração, deixando de ser uma instituição específica de engenharias e passando a ter outras áreas de ensino.

A FEAMIG possui tradição na publicação e divulgação de pesquisas acadêmicas, sendo responsável pela produção e organização da Revista Paramétrica, através do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica – PPDC. Há nove anos, o PPDC dá suporte a pesquisas e congressos que contribuem de forma inovadora para a solução de demandas da sociedade.

APRESENTAÇÕES DAS COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

O CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS adveio da necessidade de apresentar à comunidade acadêmica as pesquisas que têm sido desenvolvidas nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Gestão, bem como as inovações existentes em cada área, internas e externas.

EDITORIAL

“Pesquisa é para mestrado e doutorado. Graduação não precisa”. Será?

Dr. Carlos Alberto Silva de Miranda[1]
Dr. Paulo Henrique Campos Prado Tavares[2]

Quando ingressamos no ensino superior, descobrimos um mundo novo, repleto de experiências estimulantes, mas também recheado de desafios. Bem, pelo menos deveria ser assim! O bom ensino superior nos tira da zona de conforto e, exatamente por isso, vai nos mostrando o quanto a superação de obstáculos é capaz de despertar em nós sentimentos positivos. A sensação de evoluir no campo intelectual, social e cultural é muito boa e poucos ambientes são capazes de promovê-la tão bem quanto o acadêmico.

Mas qual a relação das pesquisas científicas com o ensino superior?

Como o próprio nome indica, o ensino superior pressupõe algo a mais, isto é, efetivamente subir um degrau acadêmico. Entre as muitas diferenças em relação ao ensino médio, talvez a necessidade de se fazer pesquisa na graduação seja a mais marcante delas.

A graduação é o momento em que o professor transfere ao estudante a responsabilidade de buscar seu próprio conhecimento. O professor não é mais aquela figura que transmite ao aluno o conhecimento, de forma sumarizada e resumida. Pelo contrário, ele passa a ser o grande instigador e provocador. E o que é a pesquisa senão achar respostas para boas perguntas? As grandes descobertas científicas, muitas vezes, começaram com questionamentos e inquietações dos pesquisadores e, aos poucos, foram ganhando soluções concretas e capazes de mudar a história.

Mas como realizar a boa pesquisa, tão desejável no ensino superior e até mesmo indissociável deste?

Da mesma forma que a familiaridade com a linguagem da programação de computadores é fundamental para desenvolvermos um *software*, o contato com pesquisas científicas de qualidade é fundamental para aprendermos a desenvolvê-las. Isso se consegue lendo pesquisadores experientes, escrevendo nossos próprios trabalhos e, o mais importante, submetendo-os, mesmo que em fase embrionária, aos eventos acadêmicos.

A participação em congressos, encontros, seminários e simpósios gradualmente nos ensina como funciona o mundo acadêmico e, quanto mais nos integramos a ele, melhor compreendemos a relação de interdependência entre o ensino superior e a pesquisa científica.

---

1 Designer Industrial; Mestre em Engenharia de Produção; Doutor em Engenharia de Materiais; Docente e Pesquisador; Afiliação institucional: IBMEC/ UEMG.
2 Químico; Mestre em Química; Doutor em Engenharia de Materiais; Docente e Pesquisador; Afiliação institucional: FEAMIG/ IBMEC/ UEMG.

COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONAS A GALPÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS ESTUDO DE CASO DE UM GALPÃO SITUADO EM CONTAGEM – MG

Alexandre Inalbis simim
Bruno Antônio de Almeida Silva
Magno victor Bamba Madureira
Diego de Jesus Queiroz Rosa
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins[1]

RESUMO

O presente trabalho visou à elaboração do dimensionamento do cálculo estrutural das fundações referente ao projeto de um galpão de manutenção de veículos de grande porte, localizado na rua Rio Paranaguá,1375,Riacho das pedras em Contagem, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), projetado em estrutura metálica, onde se verificou a ação do vento atuando nesta estrutura e a carga transmitida para as fundações .As fundações foram dimensionadas através de um roteiro de cálculo considerando as normas NBR 6122/2019(Projeto e execução de fundações) e NBR 6123/1988 versão corrigida 2:2013. (Forças devidas a vento em edificações) obtidos através de planilhas de Excel, o qual permitiu o dimensionamento correto das fundações em função da estrutura metálica frente a ação da carga do vento. Os cálculos apresentados foram alternativos demostrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando informações verídicas que contribuíram para a obtenção dos resultados.

Palavras-chave: Fundações; Carga do vento; Estrutura metálica.
.

[1] Graduando – simim674@gmail.com
[2] Graduando – eng.brunosilva28@gmail.com
[2] Graduando – magno
[3] Mestre - diegojqueirozr@gmail.com
[4] Mestre - talita22r@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A relação entre a engenharia civil e a estrutura metálica, vem atravessando os séculos de forma técnica, harmoniosa e econômica, o metal é sem dúvida, uma das maravilhas revolucionárias do nosso tempo. De acordo com Almeida (2011) o Brasil figura entre os cinco maiores produtores de aço do mundo, extraído, sobretudo nos estados do Pará, Mato Grosso do sul e Minas Gerais, que aparece entre os três primeiros produtores de aço do país, na cidade de Belo Horizonte no bairro do Barreiro, funciona um dos complexos siderúrgicos mais atuantes no mercado internacional, atuando na produção de aço, abastecendo entre outros setores, também o setor da construção civil.

Diante dessa perspectiva, é possível afirmar que o setor da construção civil tem condições para progredir e avançar, embora ainda haja a necessidade da busca por melhores recursos para o aproveitamento dos processos que envolvem as estruturas metálicas.Segundo Cortez, *et al* (2017) ,o crescimento da utilização do aço no Brasil e no mundo, tem salientado a busca do aprofundamento analítico de estudos em temas relacionados, pois as construções em estruturas de aço, são consideradas obras caras no primeiro momento, mas o valor é diluído nos itens, fase de execução, rapidez, mão de obra, e quebra de atividades corriqueiras, economizando nas fundações.

Diante disso, esse estudo de caso pôs se em evidência, a utilização desse material na edificação de um galpão específico, analisando, a escolha do tipo de fundação adotada na locação, as dificuldades encontradas no canteiro de obras, e todo o processo construtivo, relacionado ao projeto.

A referida obra está situada na Rua Rio Paranaguá nº1375, bairro Riacho das Pedras, na cidade de Contagem RMBH, onde foi estudado o tipo de fundação, e o comportamento dessa edificação diante da ação do vento na região. Vale ressaltar que a construção estudada é um empreendimento organizado pela empresa Mart Engenharia Ltda ,e para fins de cálculos, esse trabalho contou com um roteiro de operações e planilhas geradas através do Microsoft Excel.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundações existentes na construção civil

De acordo com a NBR6122/2019 as fundações se definem em dois tipos, as superficiais, sendo essas as que dispensam o uso de equipamentos específicos para

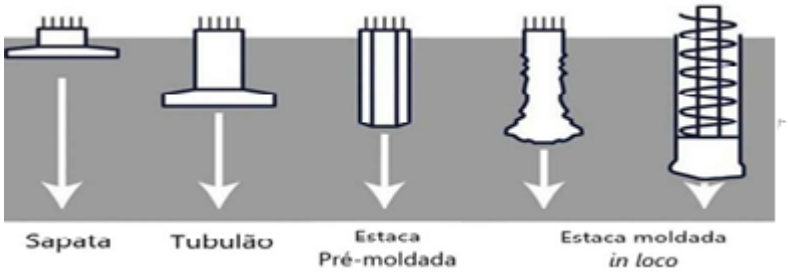
perfuração,e que tambem podem ser chamadas de rasas ou diretas,e as fundações profundas ou indiretas, que necessitam de ferramentas de grande porte para escavação..

2.1.1 Definição de fundação

Segundo ainda a NBR6122/2019, fundações rasas,são elementos estruturais que transmitem a carga ao terreno,distribuindo as sob a base da fundação. Além disso elas possuem a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente, é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação,sendo essas as sapatas, os blocos de fundação, blocos de coroamento o radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

Outrossim, as fundações profundas são elementos os quais transmitem a carga ao solo através da base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou pela associação das duas. Essa estrutura está apoiada em uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, de no mínimo 3 m, a ilustração abaixo mostra alguns tipos de fundações.

Figura 1 - Tipos de fundação



Fonte: Livro Fundações, ed. completa,2011

Na Figura 1 tem-se as fundações rasas e profundas, sendo exemplo daquelas a sapata e o tubulão, enquanto destas a estaca pré-moldada, a estaca franki e a hélice contínua.

2.1.2 Fundação em galpão

De acordo com a NBR6123:1988 versão corrigida 2:2013, para a definição das partes da edificação a considerar na determinação das ações do vento, é necessário também considerar algumas características construtivas ou estruturais que originem pouca ou nenhuma continuidade estrutural ao longo da edificação, assim por ser construído em material leve; no caso da estrura metálica,há uma tendência em essa estrutura sofrer com os impactos gerados pela força do vento que tenta levantar a

edificação como uma pipa,esses esforços tracionam os pilares trasmitindo esse impacto para a fundação,nesse caso o tipo de fundação será definido pela carga de tração.

2.1.3 Tensão no solo e investigação geotécnica

Assim conforme Guanabara (2010), antes de iniciar o processo de construção, o terreno deve ser inspecionado profissionalmente, e demarcado para nivelamento para que assim os construtores possam conhecer os limites do terreno. A medição do terreno afetará muito a forma como a fundação deve ser projetada, assim como a qualidade do solo, pois,quando pobre, este, pode resultar em deslocamento e afundamento de edifícios,não importa o projeto da fundação,conforme Figura 2.

Figura 2 -Cosequências de fundação mal dimensionada ou mal executadas

Fonte: Prº Diego A.de Brito [s.d]

2.2 A carga do vento sobre a estrutura metálica

Do mesmo modo,edifícios de aço tendem a ter uma carga horizontal mais alta , o que significa que são mais impactados por forças laterais, como ventos fortes e terremotos. Forças como essas podem fazer com que edifícios tombem ou deslizem de suas fundações. Segundo Madeira (2009),a fundação pode ajudar a distribuir ou resistir à alta reação da coluna horizontal de edifícios de aço, com o uso de tirantes conectados à chumbadores, ou com um aumento do tamanho da base, embora este último possa resultar em custos mais elevados.

3 METODOLOGIA

No presente estudo, foi adotado quanto aos fins a pesquisa exploratória e aplicada, e visando como objetivo, fazer com que o pesquisador obtivesse mais conhecimento sobre o dimensionamento das fundações,trazendo cálculos efetuados através das planilhas de Excel,determinando a possível fundação mediante a carga da estrutura e do vento .

Quanto aos meios, à pesquisa se classifica como um estudo de caso, pois se estudou profundamente um cenário típico e individual, onde foi objeto de estudo o dimensionamento da fundação de um galpão em estrutura metálica da RMBH.

Para as coletas dos dados para este estudo de caso, além de uma extensa pesquisa bibliográfica, foi fundamental conhecer e estudar o projeto estrutural, ao visitar o terreno em 20 de julho de 2020, onde a edificação foi erguida, a fim de se identificar, listar as condições do terreno,e todos os elementos construtivos presentes no projeto,os relatos e orientações do engenheiro responsável,do mestre de obras, e dos profissionais envolvidos em cada etapa onde o grupo obteve um considerável conhecimento sobre o assunto, e se tornando apto a formular hipóteses, e solucionar os problemas existentes através da prática.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Processo executivo de fundações em galpões de estruturas metálicas mediante a atuação da carga do vento.

O presente trabalho teve como objetivo geral a análise de todos os parâmetros que influenciaram no comportamento e desempenho na adoção de fundações, orientando a elaboração do projeto e execução do mesmo,utilizando cálculos efetuados em planilhas de Excel, mediante as cargas oriundas de estruturas metálicas e a ação da carga do vento, descartou-se a possibilidade de execução de uma fundação superficial simples, determinando a correta execução conforme a NBR6123/1988 versão corrigida 2:2013, a pesquisa foi baseda em obra realizada em Contagem, na Rua Rio Paranaguá,1375 no bairro riacho das Pedras conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Vista aérea da locação

Fonte: Google Maps [s.d]

Através da imagem via satélite gerada pelo Google Maps,pode-se observar o local onde foi erguido o galpão, assim como as caraterísticas físicas do terreno, pode-se observar ainda as dimensões,localização e os espaços, numa área de aproximadamente 1.260m².

Dessa fprma,efetuou-se um sistema de dimensionamento destas estruturas com a elaboração de uma folha de cálculo para auxiliar na escolha da solução final retirando toda a informação necessária para dimensionar os elementos de fundações, a partir dos valores obtidos e garantir um dimensionamento correto da fundação.As fundações tiveram processos executivos distintos,levando em consideração as cargas oriundas das superestruturas, o solo e tipo de edificação, no caso dos galpões ,exigem fundações compostas por sistemas complexos que suportem ainda os efeitos causados pela ação do vento.

Usando o método de Decourt Quaresma, para cálculo de estaca ,nesse caso a a estaca hélice, com diâmetro de 40 centímetros a uma profundidade de 6,0 metros, consideramos como areia o tipo de solo encontrado na ponta da estaca. A Tabela 1 informa o coeficiente (k).

Tabela 1 - Análise de solo

Tipo de solo	K (kN/m²)
Argilas	120
Siltes argilosos (solos residuais)	200
Siltes arenosos (solos residuais)	250
Areias	400

Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

Quadro 1 - Valores Alfa e Beta

Estaca	Cravada (estaca padrão)		Escavada (em geral)		Escavada (c/bentonita)		Hélice Contínua		Raiz		Injetada (alta pressão)	
Solo	A	β	α	B	α	β	α	β	α	B	α	B
Argilas	1,00*	1,00*	0,85	0,80	0,85	0,90*	0,30*	1,00*	0,85*	1,50*	1,00*	3,00*
Solos**	1,00*	1,00*	0,60	0,65	0,60	0,75*	0,30*	1,00*	0,60*	1,50*	1,00*	3,00*
Areias	1,00*	1,00*	0,50	0,50	0,50	0,60*	0,30*	1,00*	0,50*	1,50*	1,00*	3,00*

* valores para o qual a correlação inicial foi desenvolvida
* valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis
** Solos intermediários

Tabela : valores de α e β (Décourt-Quaresma – estendido)

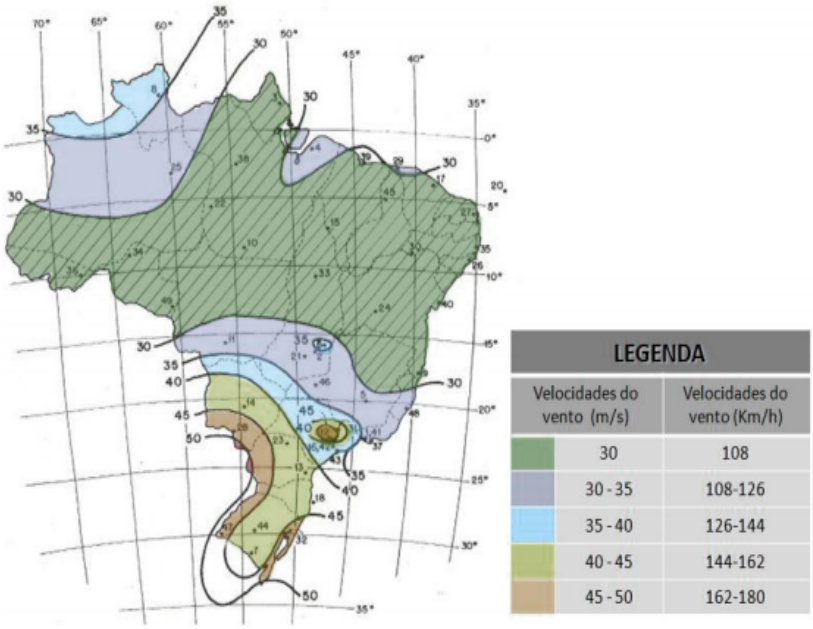
Fonte: Geotecnia de Fundações e Obras de Terra – 2018

O Quadro 1 mostra os coeficientes alfa = (03) e beta = (1) que foram usados como coeficientes de cáculo da estaca.

4.1.2 Cálculo da ação do vento

Considerando o pior resultado conforme isopletas de velocidade representada na Figura 4, na região hachurada no mapa a velocidade básica do vento em nosso estado dentro do perímetro em que encontra o município de Contagem ,considera-se então que o fator topográfico é S1.

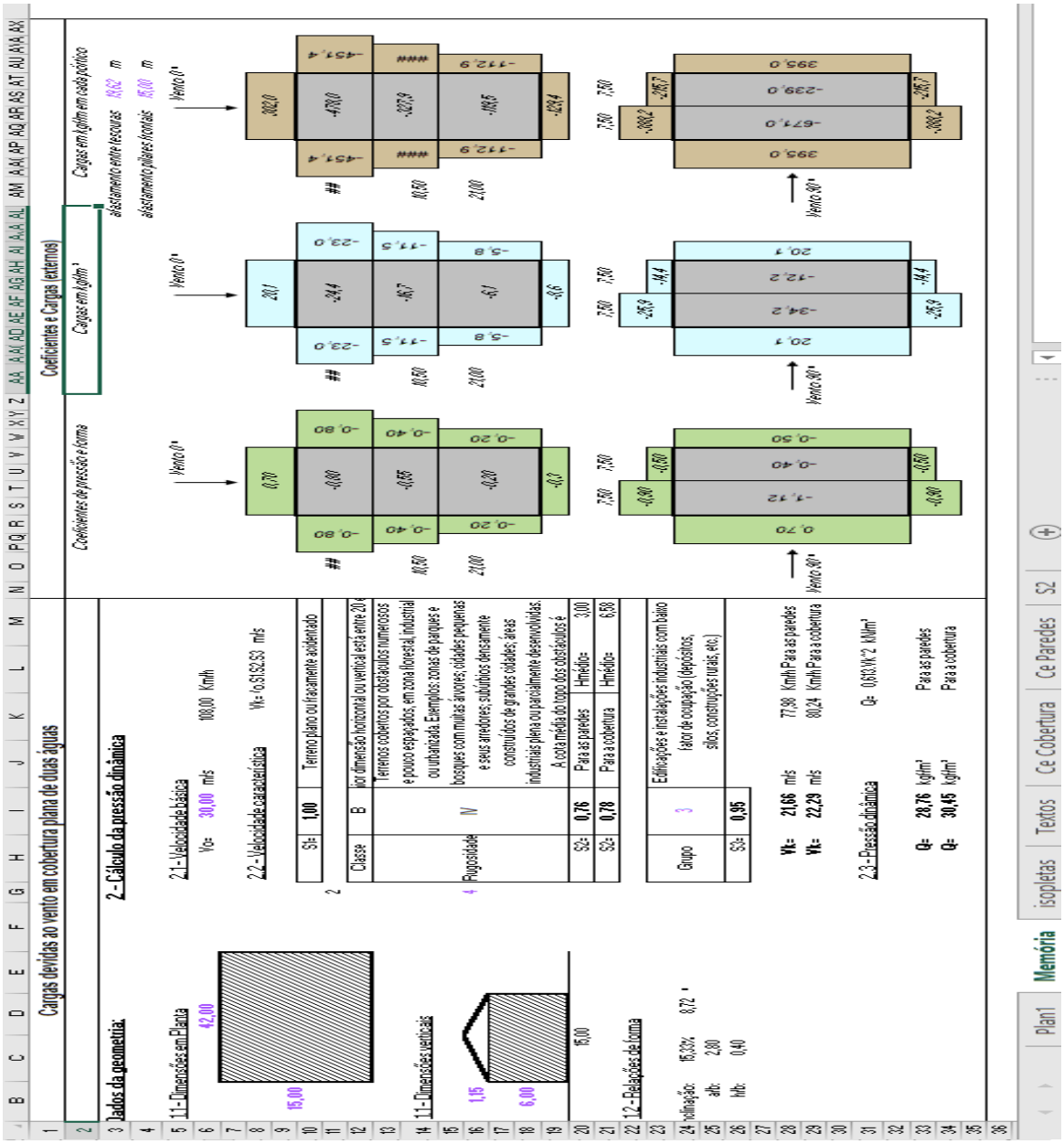
Figura 4 - Isopletas de velocidade do vento



Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

As isopletas representam as linhas de velocidade básica do vento em metros por segundo.

Figura 4 – Planilha de calculo de cargas do vento



Fonte : Desconhecida [s.d]

Fórmula básica de Cálculo da força do vento conforme citação no item 2.4 deste artigo :

VK= V0.S1.S2.S3

Onde:

Vk : Velocidade característica do vento

V0 :velocidade básica do vento

Si : o fator topográfico do terreno.

S2:fator de rugosidade do terreno

S3 :fator estatístico

Velocidade vento na região

VK=30m/s.1,00.0,95.0,892 = 25m/s

VK=30m/s .1,00.0,95.0,913 = 26m/s

Pressão dinâmica

$0,613N/m^3.25^2 = 0,38kN/m^2$

$0,613N/m^2.26^2m/s = 0,42kN/m^2$

De acordo com a descrição do Quadro 2, considerou-se o terreno com fator de rugosidade categoria 4, a maior dimensão da estrutura é 42 metros, portanto de acordo com a NBR6123/1988 versão corrigida 2:2013., classifica-se como Classe B,conforme Quadro 3 a maior dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 50m, no Quadro 4, grupo 3 Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos construções rurais etc...) fator de coeficiência 0,95

Quadro 2 - Fator de rugosidade

4	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

Consoante a NBR-6123, o fator de rugosidade, é determinado em função do relevo do terreno, descrito no Quadro 2.

Quadro 3 – Classe

B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 50m

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

No Quadro 3 as classes são definidas através das dimensões da edificação, se classificando como B.

Quadro 4 – Grupo

33	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos ,silos, construções rurais, etc.)	00,95

Quadro 4 - Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

O Quadro 4 conforme NBR6123, mostra O fator estatístico S3 que é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Segundo a definição de 5.1, a velocidade básica Vo é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos.

4.1.3 Calculo estacas

De acordo com o projeto estrutural do galpão comercial, para o qual a fundação foi dimensionada, a edificação possui um pé direito de 6,00 metros, com 42,00 metros de comprimento, 15,00 metros de largura, e 7 blocos de coroamento sobre as estacas para apoio dos pilares de perfil metálico. O Quadro 5,mostra os esforços nos pilares.

Quadro 5 - Informações retiradas do projeto

ESFORÇOS NOS PILARES	
P2,P4,P6	P1,P3,P5,P7
Combinação 2 = 1,4(PP) + 1,4(SC) +0,84(VE)	
Nts,d =78,8 kN	Nsc,d -62,7kN
Msd = 5,2 kN.m	Msd = 58,4 kN.m
Vsd = 5,8 kN	Vsd = 14,4 kN
Combinação 5 = 1,0(PP) + 1,4(VE)	
Nsc,d -78,4 kN	Nts,d = 59,3 kN
Msd = 77,8 kN.m	Msd = 26,2 kN.m
Vsd = 20,7 kN	Vsd = 12,9 kN

Fonte: Projeto estrutural - 2020

Dados:

- Diâmetro da estaca 0,40 m
- Altura 6,0 m
- Estaca hélice
- K 400 kN/m²
- **a** 0,3
- **b** 1
- Concreto 20Mpa
- Ntsc :Tração solicitante
- Nscd :Compressão atuanta
- Msd :Momento fletor atuante
- Vsd :força cortante solicitante

Na Figura 6,utilizando a ferramenta para calculo de estaca do Microsoft Excel, com base nos dados fornecidos pelo projeto,obteve-se uma tensão admissível em cada estaca no valor igual a **σ** = 280,98 kN

Figura 5 - Planilha de cálculo da carga estaca

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2							Tipo de solo			K(kN/m²)									
3		Capacidade de carga de uma estaca					Argilas			120									
4							Siltes argilosos (solo residual)			200									
5		Tipo estaca	Hélice				Siltes arenosos(solo residual)			250									
6		Φ	0,4	m			Areias			400									
7		h	6	m			Estaca		Cravada	Escavada		Escavada		Hélice continua		Raiz	jetacInjetada		
8		K	400	N/m²			Solo	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
9	α	0,3					Argilas	1	1	0,85	0,8	0,85	0,9	0,3	1	0,85	1,5	1	3
10	β	1					Solos	1	1	0,6	0,7	0,6	0,75	0,3	1	0,6	1,5	1	3
11		Média Nspt					Areias	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	1	0,5	1,5	1	3
12																			
13		Ponta	NP= 12	12															
14		Lateral	N1= 8	8															
15					Resistência na ponta		Perímetro U			Resistência Lateral				CARGA ADMISSÍVEL /Estaca					
16																			
17		Área do fuste $\pi * \frac{\phi^2}{4}$			Rp = α.K.Np.A		U = π .Φ			(R1 =β*10*N1 +1)*U*h / 3				σadm =Rp + R1 / 4 1,3					
18					Rp = 230,4 kN		U = 1,2 m												
19										R1 =290,4 kN									
20		A = 0,12 m²												σadm = 280,98 kN					

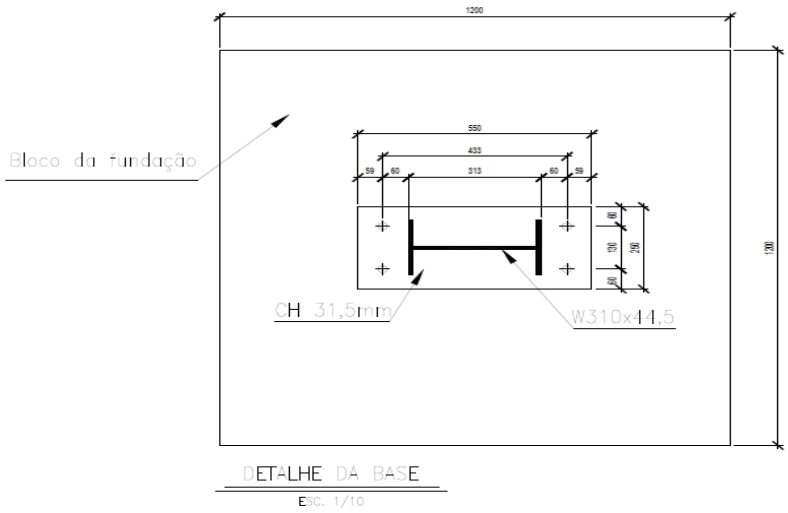
Fonte: Própria autoria (2021)

Planilha de Excel utilizada para efetuar os cálculos de cargas em cada estaca.

4.2 Dimensionamento dos blocos de coroamento da estaca

Os dados são transferidos para a planilha de cálculo dos blocos a edificação é erguida utilizando pórticos de estrutura metálica apoiadas sobre os blocos de fundação considerando os seguintes carregamentos, peso próprio, sobrecarga nas estruturas , sobrecarga originada pela ação do vento. A Figura 6, mostra os detalhes da base do bloco de coroamento da estaca e as dimensões onde se encaixa a gaiola, a fundação, assim como a base do pilar, e as dimensões da estrutura que foram apoiada na base do bloco.

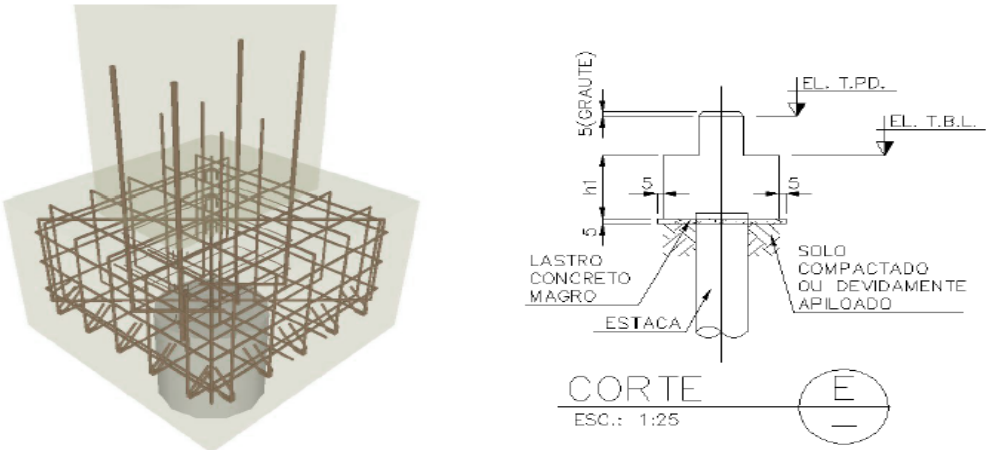
Figura 6 - Detalhe da base do bloco de coroamento



Fonte : Dados do projeto - 2020

O tipo de fundação é determinado pelo terreno, pela carga e pelo aumento do vento estimado para a construção. Em última análise, o objetivo da fundação é ancorar as colunas do edifício, dando estabilidade e resistência, a Figura 7 ilustra o bloco de coroamento sobre a estaca que recebe a carga dos pilares.

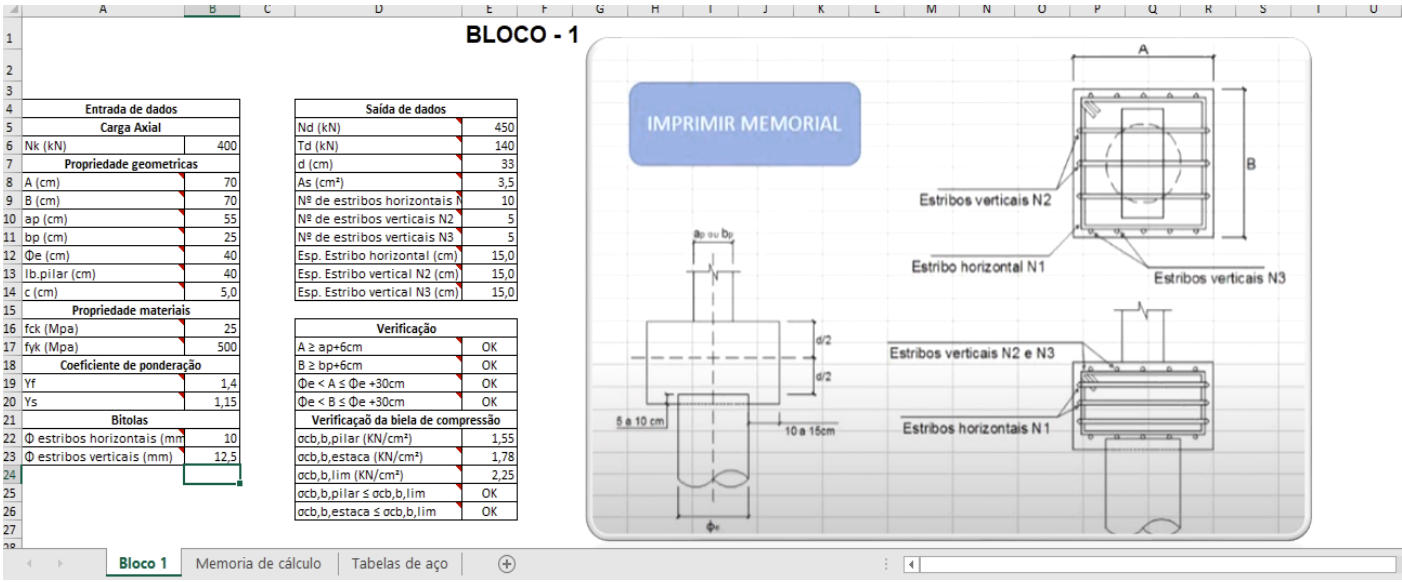
Figura 7 - ilustração bloco de coroamento



Fonte: Repositório Ufmg - 2010

Planilha de cálculo de bloco de coroamento na Figura 8, se refere ao bloco do pilar P1, são semelhantes os cálculos para os blocos dos pilares P3,P5,P7 por apresentarem a mesma combinação de esforços.

Figura 8 - Planilha de calculo do Bloco 1



BLOCO - 1

Entrada de dados	
Carga Axial	
Nk (kN)	400
Propriedade geometricas	
A (cm)	70
B (cm)	70
ap (cm)	55
bp (cm)	25
Φe (cm)	40
lb.pilar (cm)	40
c (cm)	5,0
Propriedade materiais	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
Coeficiente de ponderação	
Yf	1,4
Ys	1,15
Bitolas	
Φ estribos horizontais (mm	10
Φ estribos verticais (mm)	12,5

Saída de dados	
Nd (kN)	450
Td (kN)	140
d (cm)	33
As (cm²)	3,5
Nº de estribos horizontais N	10
Nº de estribos verticais N2	5
Nº de estribos verticais N3	5
Esp. Estribo horizontal (cm)	15,0
Esp. Estribo vertical N2 (cm)	15,0
Esp. Estribo vertical N3 (cm)	15,0

Verificação	
A ≥ ap+6cm	OK
B ≥ bp+6cm	OK
Φe < A ≤ Φe +30cm	OK
Φe < B ≤ Φe +30cm	OK
Verificaçaõ da biela de compressão	
σcb,b,pilar (KN/cm²)	1,55
σcb,b,estaca (KN/cm²)	1,78
σcb,b,lim (KN/cm²)	2,25
σcb,b,pilar ≤ σcb,b,lim	OK
σcb,b,estaca ≤ σcb,b,lim	OK

Fonte: Pedro Henrique Lelis Brito (2020)

Memória de cálculo do bloco referente ao pilar p1, dados:

- **σ** adm : 400kN
- **ø** estaca : 40cm
- Cobrimento: 5cm
- Fck :25 Mpa
- Nd : 350 kN

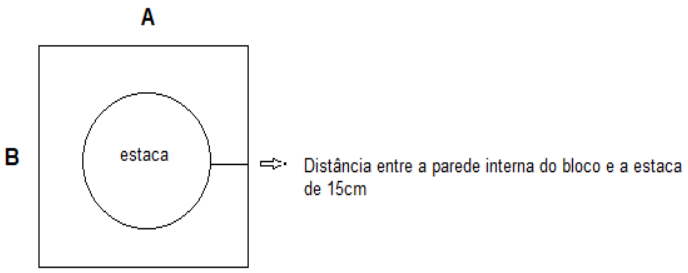
Nº estacas por blocos

$$N.est = Nd\ x \frac{\alpha}{\sigma adm} = N.est = 350\ x \frac{1{,}1}{400m} = 0{,}96 \text{ ajuste } 1 = 1 \text{ estaca}$$

Geometria do bloco de coroamento

4.2.1 Memória de cálculo

A memória de cálculo é um documento anexo ao projeto, que que tem a finalidade de descrever em detalhes,todos os cálculos efetuados na planta,podendo assim identificar falhas caso ocorram,e ainda nortear o profissional em caso de mudanças nesse projeto.



B = Φ est + 2 x(15cm)
B = 40 +2x(15cm) = 0,70cm
B= 70cm
B = A

Altura do bloco

$$h \geq \begin{cases} 1{,}2 \times \Phi\ est \\ Lb + \Phi\ aço_p + 10\ cm \end{cases}$$

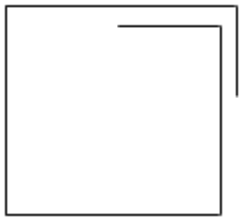
$$h \geq \begin{cases} 1{,}2 \times 40 = 48cm \\ 26 + 2 + 10 = 38cm \end{cases}$$

h = 50 cm

COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICO									
Concreto	Zona de Aderência	CA-50		CA-60				CA-25	
		Nervurado η_1=2,25		Liso η_1=1,0		Entalhado η_1=1,4		Liso η_1=1,0	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
C10	Má	99ø	69ø	268ø	187ø	191ø	134ø	112ø	78ø
	Boa	69ø	49ø	187ø	131ø	134ø	94ø	78ø	55ø
C15	Má	76ø	53ø	204ø	143ø	146ø	102ø	85ø	60ø
	Boa	53ø	37ø	143ø	100ø	102ø	71ø	60ø	42ø
C20	Má	62ø	44ø	169ø	118ø	120ø	84ø	70ø	49ø
	Boa	44ø	31ø	118ø	83ø	84ø	59ø	49ø	34ø
C25	Má	54ø	38ø	145ø	102ø	104ø	73ø	61ø	42ø
	Boa	38ø	26ø	102ø	71ø	73ø	51ø	42ø	29ø
C30	Má	48ø	[illegible]	129ø	90ø	92ø	64ø	54ø	38ø
	Boa	33ø	23ø	90ø	63ø	64ø	45ø	38ø	27ø
C35	Má	43ø	30ø	116ø	81ø	83ø	58ø	48ø	34ø
	Boa	30ø	21ø	81ø	57ø	58ø	41ø	34ø	24ø
C40	Má	39ø	28ø	106ø	74ø	76ø	53ø	44ø	31ø
	Boa	28ø	19ø	74ø	52ø	53ø	37ø	31ø	22ø
C45	Má	36ø	25ø	98ø	69ø	70ø	49ø	41ø	29ø
	Boa	25ø	18ø	69ø	48ø	49ø	34ø	29ø	20ø
C50	Má	34ø	24ø	92ø	64ø	65ø	46ø	38ø	27ø
	Boa	24ø	17ø	64ø	45ø	46ø	32ø	27ø	19ø

Área estribos horizontais

A eh = 0,10% x B x h = $\frac{0,10}{100}\ x\ 70\ x\ 50$ = 3,5cm²



Número de estribos horizontais

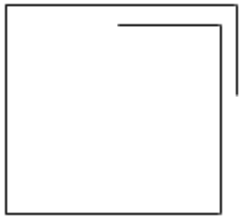
N.est = $\frac{A\ .est}{A\ \emptyset\ aço} = \frac{3,5}{0,78} = 4,487 \rightarrow 5\ barras$

Comp estribo

L.est 4(B-2c) +2 x 10 →L.est = 4x(70-(2x5)+2x10 =260cm

Área estribos verticais

A ev = 0,15% x B x h = $\frac{0,15}{100}\ x\ 70\ x\ 50$ = 5,25cm²



Número de estribos horizontais

N.est = $\frac{A\ .est}{A\ \emptyset\ aço} = \frac{5,25}{1,22} = 4,30 \rightarrow 5\ barras$

Comp estribo

L.est 2(B-2c) +2(h x 10-c) +2x10 → L.est = 2(70-2.5)+2(50-10-5)+2.10 =210cm

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O desenvolvimento deste trabalho, teve como resultado o dimensionamento da fundação do galpão em estrutura metálica, situado na Rua rio Paranagua,1375 município de Contagem – MG, região metropolitana de Belo Horizonte, esse tipo de edificação em estrutura metálica, beneficia ao cliente ,á construtora, ao município, e ao meio ambiente .

Nesse sentido, os cálculos de fundação do empreendimento aqui apresentados, foram baseados em critérios regidos pela NBR 6122:2019, assim como os cálculos das varáveis da força do vento foram baseados em critérios regidos pela NBR6123:1988 versão corrigida 2:2013. Em adição, foi apresentado nesta pesquisa um memorial de cálculos efetuados em planilhas de Excel. Os dados e as condições para execução desses cálculos foram fornecidos pelo projeto estrutural do empreendimento, pesquisas bibliográficas, visitas em canteiro de obras, e entrevistas com profissionais envolvidos na construção deste imóvel

Por fim, os cálculos aqui apresentados foram alternativos demostrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando informações verídicas que contribuíram para a obtenção dos resultados.

Para trabalhos futuros, sugestiona-se a possibilidade de estudos de uso de fundações rasas em galpões de maior porte, as quais exigem fundações que

resistam á tensões bem mais significantes que as cargas da edificação em questão, assim como a pesquisa com outros tipos de fundações.

REFERÊNCIAS

ABNT.**NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2019.

ABNT.**NBR 6118:** Projeto de estrutura de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2014.

ABNT.**NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações - Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2013.

ALMEIDA, Régis, **Recursos Minerais do Brasil** ,mundo educação.Disponível em,<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/recursos-minerais-brasil.htm. >.Acesso em 31/10/2020

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha ,et al **.Uso das estruturas de Aço no Brasil**, ciências exatas e tecnologia,periódicos.set.edu.br,Alagoas,2017

GUANABARA, M. K. **Dimensionamento de estruturas metálicas**: Rotina computacional para seleção de perfis metálicos. Porto Alegre, 2010

MADEIRA, A. R. **Estrutura em aço para pavilhão industrial**: comparação entre soluções em elementos treliçados e de alma cheia. Porto Alegre, 2009.

MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS

Ana Carolina Ribeiro Vitalino
Carlos Roberto Silva
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins[2]

RESUMO

A manutenção tem uma grande importância para a maioria das indústrias e até setores de serviço, pois com se verá o principal objetivo é garantir o bom funcionamento e maior disponibilidade de máquinas e equipamentos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a causa e o custo da manutenção com a constante quebra da ponte rolante 1001, considerada um equipamento crítico dentro de uma indústria siderúrgica do setor de logística de uma empresa localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais. Para atingir esse objetivo realizou-se análises dos documentos, visitas para observação e entrevista semiestruturada com o funcionário responsável por operar o equipamento. Desta forma foi possível mensurar os resultados do ano de 2020 e propor algumas sugestões de melhorias como, implantação do PDCA; Implantação do sistema 5w2H; controle sistêmico das metas definidas através de Kanbam; reuniões da equipe de programação; com isso pode se observar o aumento da disponibilidade do equipamento e consequentemente aumento da produtividade.

Palavras-chave: Manutenção. Ponte Rolante. Siderúrgica. Custo de Manutenção.

2 1 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

2 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

3 Engenheira de Produção; Especialista em Gestão de Negócios em Petróleo e Gás; Mestre Engenharia Metalúrgica e de Minas; Docente da FEAMIG e da FASEH; orientadora.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção tem uma grande importância para a maioria das indústrias e até setores de serviço, pois com se verá o principal objetivo é garantir o bom funcionamento e maior disponibilidade de máquinas e equipamentos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a causa e o custo da manutenção com a constante quebra da ponte rolante 1001, considerada um equipamento crítico dentro de uma indústria siderúrgica do setor de logística de uma empresa localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais. Para atingir esse objetivo realizou-se análises dos documentos, visitas para observação e entrevista semiestruturada com o funcionário responsável por operar o equipamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da manutenção

De acordo com Barbosa (2003, p.33), no livro Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), “Na linha do tempo da manutenção”, identifica - se desde o surgimento dos primeiros hominídeos no período Cenozoico, os primeiros registros paleolíticos da fabricação de ferramentas, onde utilizavam ossos e maneiras próprias para fabricação. Consoante o autor a primeira grande invenção, antes de Cristo, foi a roda em placas de madeira [..]’.

Como já escrito por Almeida (2005), em Manutenção Mecânica Industrial: “[...] Entende-se que a manutenção é um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”. Aqui se torna notório de como a manutenção é abrangente: de uma peça até uma máquina indispensável de um processo fabril. Entende-se que a função primaria da manutenção é manter em bom funcionamento máquinas e equipamentos, dessa forma, torna-se necessário destacar a etimologia do termo em latim *manus tenere*, que significa: “manter o quese tem”.

Atualmente os temas que envolvem uma boa gestão de manutenção são abrangentes e variados, cada vez mais presentes dentro do sistema de produção sendo uma constante ferramenta de estudo e aprimoramento, além de ser algo mais significativo e que vem a cada dia se tornando um poderoso aliado dentro do sistema produtivo de pequenas e grandes empresas.

2.2 Evolução da Manutenção

Deve-se ter em vista os conceitos e aplicações do século XX especificamente ano de 1994, onde as indústrias não tratavam a manutenção com a devida importância. Nesta época a manutenção não era aplicada ao sistema produtivo, desta forma as indústrias e fábricas deste período não possuíam equipe e mão de obra especializada em manutenção mesmo que as empresas trabalhassem arduamente para obter sua máxima produção dos equipamentos e máquinas, os trabalhos eram de forma continua e quase ininterruptos e feitos até que as máquinas e equipamentos quebrassem totalmente.

Para alguns sistemas desta época a máxima produção era o essencial, alinhado a esse pensamento não era aplicado manutenções significativas, apenas de forma singular, eram realizadas trocas de peças após uma quebra, ou seja, a manutenção era basicamente o que denominamos de manutenção corretiva após alguma falha ou que a máquina parasse. As equipes responsáveis eram acionadas para realizar os devidos reparos de forma a sempre obter sucesso para o retorno do equipamento a produção, o que na visão da época era o necessário na gestão do processo. Em função da Segunda Guerra mundial e o final da segunda revolução industrial no ano de 1939 a missão das empresas em aumentar a produção e a velocidade com que se produzia se tornou cada vez mais necessário para suprir a demanda e o abastecimento.

A partir deste novo modelo em um cenário pós-guerra, tornou – se necessário às empresas se reinventarem, o que trouxe vantagens em vários aspectos das indústrias, um deles é a necessidade da criação de departamento de manutenção, onde se inicia uma preocupação em pensar não apenas em corrigir quebras, mas evitá-las, vale dizer, em manter os equipamentos em fluxo contínuos, entretanto desta vez sendo acompanhados e buscando responder perguntas de como a manutenção poderia agregar para que os equipamentos pudessem produzir os maiores números de peças.

Esse é um importante avanço dentro da gestão de manutenção possibilitando competitividade no mercado e pontos de vistas significativos, de uma troca de peças, para funções estratégicas agregadas com a máxima qualidade, produtividade, disponibilidade, vida útil de equipamento, máquinas e segurança para os trabalhadores e fatores ambientais. Após a evolução da manutenção, ocorreram às definições e os tipos de manutenção.

2.3 Tipos de Manutenção

De acordo com a norma NBR - 5462 (ABNT, 1994) existem três tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva. Com o passar dos anos foram surgindo outros tipos de manutenção como a manutenção Detectiva.

Segundo a NBR 5462 – (ABNT, 1994) a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Significa que a manutenção só é realizada quando o equipamento quebra, dependendo disso o custo pode ser considerado alto, pois com a quebra do equipamento a produção irá parar para aguardar a equipe de manutenção que pode demorar a atender, caso a empresa não tenha estoque de sobressalentes para aquele equipamento essa demora poderá ser maior, acarretando grandes prejuízos e perdas para as empresas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

Manutenção Preventiva: de acordo com a norma NBR-5462 (ABNT, 1994), é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Significa que a manutenção é realizada antes do equipamento entrar em estado de falha, com efeito, a manutenção preventiva não deve ser usada para todos os equipamentos, somente os estratégicos, levando em conta a idade do equipamento.

Manutenção Preditiva: de acordo com a NBR - 5462 (ABNT, 1994) é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Dessa forma a manutenção preditiva é o acompanhamento da falha do equipamento que ainda não prejudicou a parada de produção, quando é identificada a equipe de manutenção pode planejar e programar a troca de uma peça ou realizar ações para eliminar essa falha. A manutenção preditiva pode ser chamada de manutenção sob condição do equipamento.

Um dos principais objetivos da engenharia de manutenção é diminuir as falhas ocorrentes no processo, melhoria de máquinas e equipamentos. As manutenções preventivas tendem a ficar em dia quando temos uma equipe de engenharia de manutenção reduzindo a ociosidade e aumentando a produtividade e redução dos custos. A engenharia de manutenção alinhada com a equipe de manutenção desenvolve um trabalho de qualidade garantindo o bom funcionamento

de máquinas e equipamentos, garantindo a segurança do trabalhador e o aumento dos lucros da empresa.

2.4 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo (2010) é o controle de dois processos: Gerenciamento da rotina e Implantação de melhorias.

Pode considerar que o gerenciamento da rotina é fazer um planejamento das tarefas do dia a dia e executar conforme planejado para que não ter perdas, só depois disso ir para a implantação de melhorias. Missão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo: (2010).

A Gestão da manutenção é uma gerência que supervisiona todas as técnicas para manter o bom desempenho de máquinas e equipamentos e é de muita importância dentro das empresas, pois atua para evitar quebras, paradas deprodução, atrasos, aumentos dos custos, aumentos de acidentes. A gestão da manutenção tem que ter uma grande parceria com a produção, pois a produção depende da manutenção e vice e versa.

A gestão da manutenção é um fator importante na qualidade dos produtos fornecidos por uma determinada empresa, pois está ligada a disponibilidade de equipamentos e máquinas. Por isso é preciso analisar e buscar as melhores práticas para cada empresa.

Algumas práticas citadas por Nascif e Dorigo (2010) são: Análise de falhas que verifica as causas das falhas para que elas não voltem ocorrer denominada de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA). Aplicação de técnicas de Análise preliminar de risco pode ser feita em forma de checklist antes de ser efetuado o trabalho. Aplicação de programas para capacitação de pessoas, oferecer treinamentos para cumprir o trabalho com qualidade e com isso aumentar a segurança.

As empresas que buscam melhorias contínuas utilizam de ferramentas da qualidade como, por exemplo, o ciclo Plan, Do, Check e Act = Planejar, Fazer, Verificar e Agir (PDCA) ou Define, Measure, Analyze, Improve e Control (DMAIC), entre outras ferramentas que podem ser utilizadas como forma de gestão da manutenção devendo ser combinadas com as técnicas básicas como monitoramento, alinhamento e balanceamento.

Os tipos de manutenção, ferramentas e práticas combinadas com a disponibilidade e confiabilidade são extremamente necessárias para gestão da manutenção que tem por objetivo reduzir falhas, melhorar desempenho de equipamentos e máquinas, segurança do trabalhador, qualidade nos produtos e

competitividade no mercado. Isso faz com que as empresas tenham uma equipe de manutenção voltada para obtenção de resultados.

2.5 Técnicas e ferramentas para identificar falhas

As técnicas e ferramentas para identificar falhas têm como objetivo analisar uma falha e encontrar sua causa raiz, pode-se dizer que tem vários métodos de análise de falhas e solução usadas para equipamentos e máquinas. Cada ferramenta ou técnicas será usada de forma diferente, dependendo do tipo de falha.

Segundo Nascif e Dorigo (2010) Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito foi criado pelo engenheiro Kaoru Ishikawa que desenvolveu também as sete ferramentas da qualidade. Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para identificar as raízes da falha, essa ferramenta possui uma linha horizontal e ramos que parecem com uma espinha de peixe ramificadas em seis categorias chamadas de máquina, método, mão de obra, material, meio ambiente e medidas. Depois de classificar as categorias é possível verificar o que gerou a falha. Uma das vantagens do referido diagrama é que ficam evidenciado causas e efeitos de forma simples, porém uma das desvantagens é a limitação das causas e as categorias.

De acordo com Nascif e Dorigo (2010) o controle de indicadores deve ser exercido somente sobre aqueles equipamentos vitais e eles devem representar o que realmente impacta nas empresas. A metodologia que pode ser utilizada é o desdobramento da qualidade, custo, atendimento, Moral e Segurança (QCAMS), já o Balanced Scorecard (BSC) é o acompanhamento de indicadores feito por meio de gráficos para visualização de forma simples e contêm quatros fatores, quais sejam financeiro, mercado, processos e pessoal.

Análise de Modo de Efeito de Falha Failure Modeand Effect Analysis (FMEA) é utilizada para analisar e prevenir os riscos, identificando as causas e efeitos para tomar ações e solucionar as falhas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), os especialistas indicam três níveis de FMEA: projeto, processo e sistema. FMEA de projeto é a equipe que está desenvolvendo máquinas e equipamento e buscam identificar possíveis falhas; FMEA de processos identifica falhas no processo de máquinas e equipamentos; FMEA de sistema busca identificar falhas em um todo dentro da planta industrial.

De acordo com Kardec & Nascif (1999) calcula-se o NPR que é o número de prioridade do risco e o resultado da frequência da falha. NPR = Frequência x Gravidade x Detecbilidade; frequência é quantidade de ocorrência da falha, gravidade é o efeito da falha e detecbilidade é a dificuldade de detectar a falha.

O próximo capítulo tratará das pontes rolantes a qual o estudo de caso será feito. As pontes rolantes têm grande importância dentro de uma indústria, uma vez que com elas ocorre a elevação e transporte de cargas.

2.6 Ponte Rolante

Os equipamentos de transportes e movimentações de carga tem uma função primordial dentro das indústrias, quais sejam, elevar, movimentar, transportar grandes volumes ou cargas de grandes massas. Essas operações podem ser feitas manualmente ou com recursos de sistemas mecânicos. O uso da ponte rolante pode ser utilizado onde dificilmente a força humana consegue operar ou por questões de segurança.

Kurrer (2008) introduz que uma das empresas pioneiras a se dedicarem na produção de equipamentos de movimentação de guindastes e pontes rolantes a vapor, consoante a Figura 1. Fundada em 1830 na cidade de Wetter na Alemanha, a denominada, Demg Cranes & Components Corporation (antiga Ludwig & Stuckenholz AG). Um dos engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento e elaboração dos projetos foi Rudolph Bredt (1842 – 1900), precisamente no ano de 1840, dada empresa foi pioneira na fabricação em massa destes equipamentos de movimentação.

Com a evolução das indústrias e seus maquinários a ponte rolante foi se desenvolvendo desde suas estruturas à sua engenharia e tecnologia, saindo do modelo a vapor e hoje estabelecendo o perfil elétrico. As pontes rolantes são equipamentos de movimentação com vasta utilização dentro das fabricas modernas, tendo grande participação no perfil de empresas do setor siderúrgico e semelhantes, onde a utilização faz parte de todo processo de produção do aço, Brasil (1988).

Sabe-se que uma das maiores perdas de um sistema produtivo é ocasionada pelas movimentações de cargas, podendo ser peças, materiais, matéria prima, componentes ou demais estruturas. Para a movimentação de carga existe uma grande variedade de equipamento disponíveis no mercado que podem auxiliar as indústrias alternando de acordo com os vários ramos de atividades ou perfil estrutural dos volumes a serem operados, destacando-se nestes equipamentos as pontes rolantes industriais.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Pesquisa quanto aos fins

De acordo com Gil (2002) O processo de pesquisa passa por diversas fases, desde o problema até os resultados, a pesquisa é desenvolvida através de conhecimentos, métodos, técnicas entre outros que tem o objetivo de identificar os problemas.

A pesquisa do presente trabalho foi do tipo exploratória, pois busca reduzir a taxa de falha, identificar as causas da quebra da ponte rolante 1001 de uma empresa siderúrgica localiza em Belo Horizonte Minas Gerais tendo como escopo propor sugestões de melhoria.

3.2 Pesquisa quantos aos meios

Esse trabalho é um estudo de caso, pois foi realizada uma analise aprofundada sobre a ponte rolante 1001 e as suas quebras. Foram analisados os documentos da empresa, observações e possíveis entrevistas com o operador da ponte rolante localizada no setor de logística de uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte Minas Gerais.

3.3 Organização em estudo

A empresa do estudo de caso é chamada de “X”, pois a referida não permitiu citá-la por motivos de confidencialidade. A empresa chamada de “X” é multinacional do ramo siderúrgico com mais de 5.000 funcionários, que produz tubo de aço sem costura para os setores petrolífero, industrial, automotivo, de energia e da construção civil.

Está localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, desde o ano de 1952 e possui filiais em Jeceaba, Rio das Ostras e Espirito Santo. O grupo conta com empresas na área de mineração, florestal, transporte e serviços. O estudo de caso foi realizado em Belo Horizonte na ponte rolante 1001 do setor de logística. A empresa é uma das maiores no Brasil do setor de tubos, produzindo para todo o mundo com foco na qualidade de seus produtos, garantindo a saúde e segurança de seus trabalhadores e prestadores de serviços.

3.4 Universo e amostra

Segundo Gil (1999) universo é um conjunto de elementos que tem varias características e amostra é o subconjunto desse universo.

Nesse trabalho o universo é a unidade da empresa siderúrgica localiza em Belo Horizonte, Minas Gerais e a amostra é a parte da ponte rolante 1001 do setor de logística e conta com três operadores divididos em turnos para movimentação da ponte.

3.5 Formas de coleta e análise dos dados

Entende-se que tem várias formas de coletas de dados a seguir expostos: Questionários de acordo com Marconi e Lakatos, (1999) é uma forma de coletaem perguntas que analisa as respostas dos usuários por meio da escrita podem ser aberta onde o questionado escreve com suas palavras, múltipla escolha que o questionado tem que escolher uma alternativa dentro das respostas fechadas e fechada que o questionado escolher entre duas opções.

Foi realizada a entrevista semiestruturada através de uma visita presencial em fevereiro de 2021. Foi selecionado um operador da ponte rolante 1001 para compreender como é feito o processo de elevação de carga, organização do setor de logística, o que acontece quando a ponte rolante quebra e entender a percepção dele quanto à estrutura da ponte, saúde e segurança para trabalhar e as melhorias que deveriam ser feita.

Para análise dos dados foi utilizadas planilhas de Excel, gráficos, dados fornecidos pela empresa. Após extração dos dados foi possível elaboração de relatórios para mostrar a quantidade de quebras e o tempo de MTTR e MTFB do ano de 2019 esse dados serviram de parâmetros para propor soluções para reduzira taxa de falha de quebra da ponte rolante 1001.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Introdução

A pesquisa realizada neste trabalho tem como objetivo a análise dos dados históricos de manutenção e falhas, e do atual do sistema implantados na ponte rolante 1001 por uma indústria de siderurgia localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Nesse sentido, espera-se identificar no sistema de manutenção do equipamento, pontos de melhoria com consistência e coerência. No aspecto teórico serão apresentados neste trabalho os fatores fundamentais para se atingir um padrão ideal.

4.1 Apresentar o plano de manutenção atual da ponte Rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia situada em Belo Horizonte – MG

Um bom sistema de Gestão da Manutenção Industrial se baseia, além das tarefas administrativas de gestão, na utilização dos indicadores de manutenção, os quais fornecem informações importantes para a tomada de decisões desse setor, tais como: o planejamento e execução das manutenções preventivas programadas nas máquinas e equipamentos; a redução nos tempos das intervenções; a redução no tempo de máquinas paradas e os ajustes nos tempos de setup e as análises de viabilidade de investimentos (BRANCO, 2008).

O plano de manutenção atual realizado é o planejamento de todas as atividades a serem realizadas na ponte rolante o qual tem como base o tempo em dias que a equipe realiza a manutenção. Tal plano é dividido em quatro partes: descrição do item a ser verificado onde mostra o que será feito; texto breve de operação em que mostra o que deve ser feito; duração de cada tarefa descrita no texto breve de operação; período de dias que é realizada a atividade e o seu tempo de duração. Conforme mostra o Quadro 3, a seguir.

Quadro 3 – Plano de Manutenção da ponte rolante 1001.

Descrição do item a ser verificado	Texto breve operação	Duração	Unidade	Texto para Ciclo	Válido desde
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	2. PREDITIVA SENSITIVA ELÉTRICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	2. PREDITIVA SENSITIVA MECÂNICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	2. INSPECIONAR E LIBERAR	60	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	2. PAINÉIS ELÉTRICOS E TRANSFORMADORES	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	3. COMPONENTES ELÉTRICOS DO CARRO	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	4. ALIMENTAÇÃO, RESIST. E MOT. DE MOV.	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	5. ILUMINAÇÃO EXTERNA	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	6. COMPONENTES DA CABINE	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	2. ESTRUTURA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	3. COMPONENTES MECÂNICOS DO CARRO	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	4. COMPONENTES DO MOV. DE PONTE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	5. RODAS MOTRIZ E LIVRE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	6. TRILHOS E AMORTECEDORES	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	7. TRAVESSA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016

Fonte: Quadro 3 plano de manutenção da ponte rolante 1001 fornecido pela empresa “X”–Acesso em: 23 de Fevereiro de 2021.

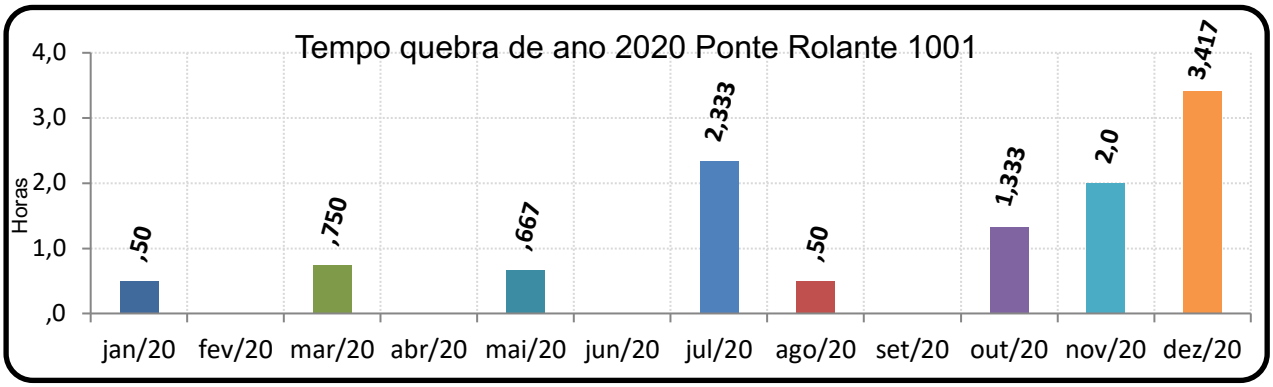
O plano de manutenção da ponte rolante 1001 é válido desde o ano de 2016 e

até hoje não sofreu nenhuma alteração, mesmo com as quebras da ponte rolante, dessa forma, observa - se que o ciclo ocorre de 42 em 42 dias + 14 dias. Assim observa-se que essas manutenções podem ser realizadas em um intervalo de tempo menor, visando o bom desempenho do equipamento.

4.2 Apresentar os indicadores de manutenção da ponte Rolante 1001 do setor de logística da Empresa "X" situada em Belo Horizonte – MG

Os indicadores de manutenção o qual é acompanhado pela equipe de Gestão da Manutenção tem como objetivos monitorar, verificar os impactos causados, os da dos que foram extraidos e modificados do sistema de acompanhamento da empresa. O tempo de quebra foi analisado com base no ano de 2020 e mostra o período que o equipamento ficou parado ao longo do ano e o impacto que esse lapso acarretou a produção. Por conseguinte, observar-se o Gráfico 1 .

Gráfico 1 – Tempo de quebra ano de 2020 Ponte Rolante 1001

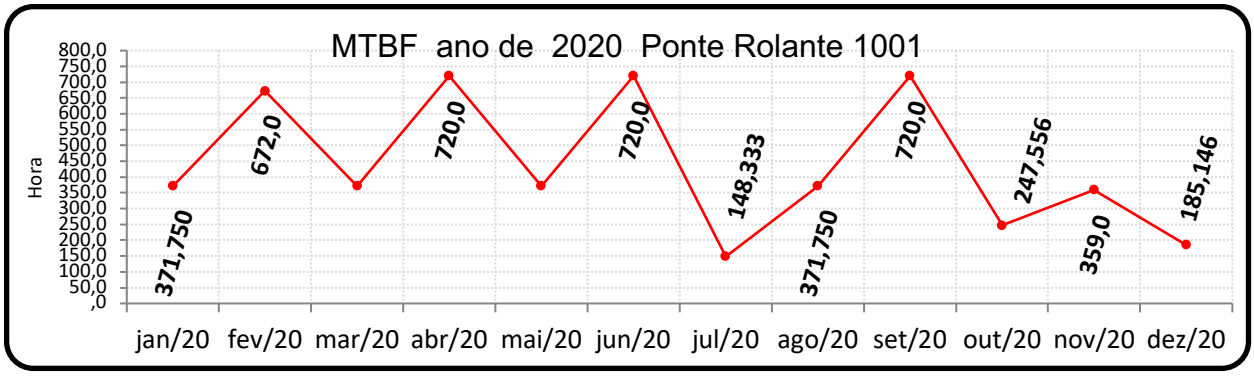


Fonte: Gráfico 1 Tempo de quebra Fevereiro de 2021ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa "X"– Acesso em: 24 de.

O MTBF é calculado com base na média de horas entre as ocorrências de falhas eletromecânicas que ocasionaram parada do equipamento conforme a seguinte formula: MTBF = Tempo Calendário – Tempo de Quebra dividido pelo numero de quebras + 1(essa formula é usada pela empresa "X").

No caso da Ponte Rolante 1001 foi realizado o estudo com base no ano de 2020 de acordo com o Gáfico 1 e Gráfico 2 e verificou-se que todos os meses do ano ocorreram pelo menos uma quebra ao mês. Pode-se observar que no mês de julho o equipamento parou mais de três vezes, impactando diretamente na produção e no custo de manutenção.

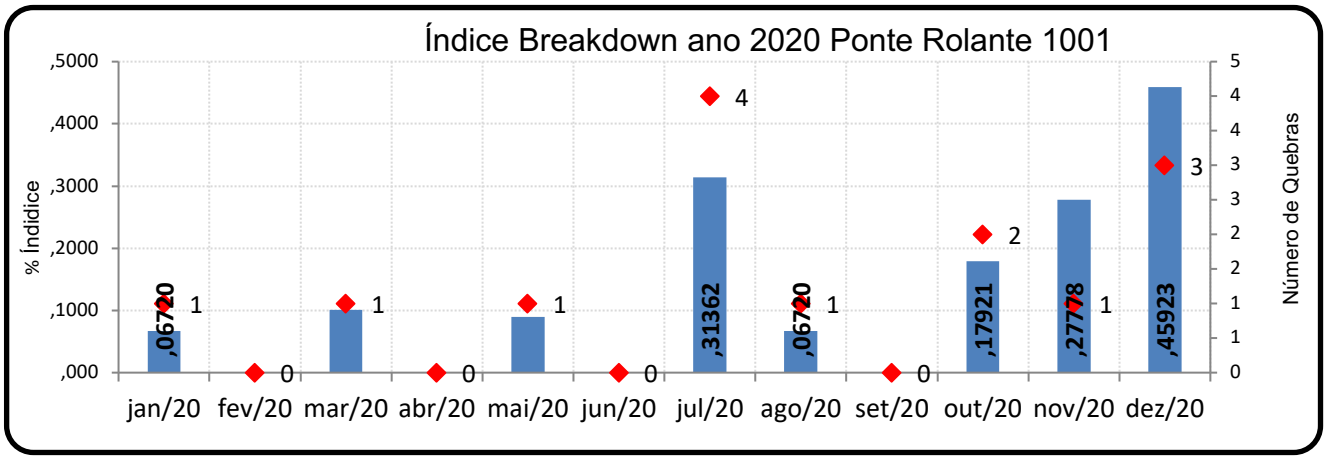
Gráfico 2 – MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001.



Fonte: Gráfico 2 MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa "X"–Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

O indice de breakdown é o percentual de horas que o equipamento ficou parado em relação ao tempo calendário devido às ocorrências de falhas eletromecânicas na ponte rolante 1001 o qual é dado pela fórmula: tempo de quebra x 10 dividido pelo tempo calendário que ocasionaram parada do equipamento (essa formula é usada pela empresa "X"). No Gráfico 3 observa-se a quantidade de quebras no decorrer do ano de 2020 cujo o total foram oito.

Gráfico 3 – Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001



Fonte: Gráfico 3 Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa "X"– Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

Consoante o Gráfico 3 no ano de 2020 ocorreram várias quebras, dessa forma observa-se que no mês de julho ocorrem quatro quebras, impactando diretamento na produtividade do equipamento. Os únicos meses do ano que não tiveram quebra foi fevereiro, abril, junho e setembro, nos demais todos tiveram quebras. Esse cenário mostra o quanto esse equipamento vêm impactando na produtividade do setor de lógistica.

4.3 Identificar os Problemas que existem no plano de manutenção atual

A ponte rolante 1001 é responsável pela logística de movimentação de carga da siderúrgica, dessa forma ocasiona desgaste considerável, como nas vigas e talhas. Assim levando em consideração esta análise, a observação do equipamento, torna-se importante para detectção de qualquer anomalia, bem como verificar as ferramentas para melhor controle do processo. O Qadro 4 apresenta alguns dos possíveis problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001.

Quadro 4 – Problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001

Problemas que existem no plano de manutenção atual	
Ponte Rolante 1001	Não cumprimento das atividades planejadas devido indisponibilidade do equipamento pela area produtiva.
	Quebras eventuais em outros equipamentos impactando na rotina e no cronograma de manutenção.
	Falta de contigentes para execução das atividades programadas sendo assim ocorrendo a perda da capacidade de execução da equipe de manutenção.
	Falta de um crionograma junto ao PCP estabelcendo as melhores datas para manutenções no momento que o equipamento estiver ocioso ou com baixa demanda.
	Planos de contigencia para gargalos imprevistos.
	Atualização dos procedimentos operacionais para realizações de inspeções, manutenção corretiva e preventiva.
	Sistema de integração da produção junto com a mnutenção para relatos e observações de eventualidade incomuns no equipamento.

Fonte: Quadro 4 problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em: 15 de Abril de 2021.

O **Quadro 4** apresenta alguns problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001. Foi observado e dectados problemas no cumprimento das atividades planejadas e as conclusões nas datas estimadas conforme planejamento da empresa. Notou-se que isso ocorreu devido à indisponibilidade causada por quebras eventuais, falta de calibração entre outros problemas. Uma das causas deste gargalo é o impacto na rotina e no cronograma de manutenção.

4.4 Propor melhorias no plano de manutenção a fim de reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia localizada em Belo Horizonte – MG

Foi verificado todo o sistema de manutenção, entre os quais destacem-se: se a empresa portava peças sobressalentes para a ponte rolante 1001; se todos os profissionais de manutenção tinha trieinamentos para realizar as atividades; se os operadores tinha capacitação; e se o equipamento poderia ser tecnologicamente melhorado. Assim observou-se junto a equipe de manutenção da Empresa "X" algumas possíveis sugestões de melhorias, conforme lista do **Quadro 5**.

Quadro 5 – Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001

PROPOSTA DE MELHORIAS			
Oportunidade de melhorias	Objetivo	Setor	Prioridade
Implantação do sistema PDCA	Manter o controle contínuo do processo com interação com as áreas envolvidas com o equipamento, etapa de planejamento, é preciso definir de forma clara os objetivos da manutenção, inclusive as metas referentes aos equipamentos, assim é estabelecido um plano para manter o controle contínuo do processo de manutenção a ser aplicado e observado.	Manutenção, Logística, PCP e PCM.	Alta
Implantação do sistema 5w2H	Verificar situações fundamentadas em encontrar, reconhecer e resolver gargalos do processo e as das áreas.	Manutenção	Alta
Reuniões da equipe de programação	Verificar com antecedência possíveis ocorrências e necessidades, para o cumprimento das metas propostas, estabelecer cronogramas para controle do processo e demandas de cada área.	PCP, PCM e manutenção.	Media
Controle sistêmico das metas definidas através de Kanbam	Controlar e observar metas definidas, estabelecer metas que sejam SMART. S (específica), M (mensurável), A (atingível), R (relevante) e T (temporal).	Manutenção	Media

Fonte: Quadro 5 Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em: 15 de Abril de 2021

No **Quadro 5** foram sugeridas algumas propostas de melhoria para Empresa "X" com obejtivo de sanar as quebras, aumentar a produtividade, alçancar as metas impostas e implantar alguns métodos estatíticos para acompanhar a evolução do equipamento. Com isso pode-se observar ao longo do tempo a melhora do desepenho do equipamento e, consequentemente, o aumento da produtividade da ponte rolante

1001.

5 CONCLUSÃO

A sugestão de melhoria foi estruturar um Planejamento e Controle da Manutenção - PCM, bem como iniciar um processo de implantação de novas metodologias aos objetivos pretendidos. Na época foi identificado a ponte rolante 1001 como equipamento gargalo dentro do sistema produtivo da empresa, foi analisados os históricos prévios por parte da empresa e também aos conhecimentos de antigos funcionários, com a coleta desses dados foi iniciado o estudo, e verificado se o método adotado era eficaz.

Inicialmente para o plano de manutenção implantado, foi sugerido o planejamento das manutenções o que seria estabelecido por etapas com início, meio e acompanhamento. Na teoria a implantação desta didática no sistema de manutenção para a prática do PCM junto ao atual sistema de controle informatizado que planeje, classifique, priorize e mantenha o controle das solicitações de serviço do setor. Estas sugestões provou ser possível para evitar aspectos além das quebras não prevista e indisponibilidade do equipamento. Com essa metodologia, obteve uma redução do retrabalho; além de complementar o cronograma de manutenção é possível ter uma melhor performance operacional e técnica; melhor gestão dos ativos; Senso de responsabilidade dos colaboradores; capacitação dos envolvidos no processo; e controle contínuo da qualidade e redução das falhas; maior envolvimento das equipes nas atividades e melhor controle do setor de manutenção, sendo assim o possível alcance do objetivo que é o aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

Deseja-se que com a interação da manutenção com o planejamento cria-se uma contínua avaliação dos indicadores, pois assim sempre serão elaboradas e implantadas melhorias no processo. É importante que seja realizado um treinamento dos funcionários ligados à manutenção e a operação do equipamento da ponte rolante 1001. Através das propostas apresentadas, espera – se que seja constante cada vez mais uma aproximação das relações entre empresas e as faculdades, ambos colaborando para a realização de trabalhos práticos que contribuem para o futuro e aprendizados dos futuros profissionais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462:** Confiabilidade e Manutenabilidade: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 1994.

BARBOSA, Angelita; AVELAR, Fernanda; SILVA, Roberta. **PCM: Planejamento e Controle de Manutenção**. 1 ed, 2003. P 33

Desenvolvimento de pesquisa. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/andreacosta/**desenvolvimento-de-pesquisa/tecnicas- de-coletas-de-dados-e-instrumentos-de-pesquisa** Acesso em: em 03 de novembro de 2020

DORIGO, J; NASCIF, J. **Manutenção Orientada para resultados.** primeira Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2010

EBS Business School. **Gestão Eficaz – Gestão da Manutenção**. 2011. 3:20 min,son. Disponível em: https://youtu.be/67Gw8Ju9Ddc

Engeteles. **Manutenção corretiva**. [2018]. Disponível em: <https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/> Acesso em: 15 de setembro de 2020.

Engeteles. **Manutenção preditiva**. [2018]. Disponível em: <https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/> Acesso em: 15 de setembro de 2020

MA, Consultoria. **O Que É Pontes Rolantes.** 2020. 6:15 min, son., color. Disponível em: https://youtu.be/DSJ3YD_UBVY. Acesso em 8 out. 2020. GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4º Edição. SãoPaulo: Atlas, 2002.

MARCONI, A. M; LAKATOS M. E. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4º Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

Metodologia cientifica. Disponível em: <https://www.**metodologiacientifica.org**/tipos-de-pesquisa/pesquisa-aplicada/> Acesso em: 03 de novembro de 2020.

OLIVEIRA, G. **Ponte Rolante de Setor Siderúrgico**. São Paulo.2019. Amazon. P5 – 12

PEGO, M. **Fundamentos da Engenharia de Manutenção.** São Paulo. Amazon.2020. P.5 – 10

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção: Teoria e prática**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna, 2009

PINTO, Alan Kardec, XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002.

PRADO, C. C. C. A. **A busca da melhoria da qualidade de serviço de manutenção.** Disponível em: http://tecem.com.br/site/arquivo.asp?codio=7&tipo+1&cat=1&arq=artigo/A_Busca_na_Melhoria_da_Qualidade_nos_servicos_de_Manutenção .pdf. Acesso em: 30/08/2020<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1FA6256B00/nr_11.pdf.>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica**. Segunda Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2001

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4 ed. (editora) estado), 1999, p. 3 – 5

ZANELLA, Liane C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração /UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009. Disponível em: <https://www2.unifap.br/claudiomarcio/files/2015/12/LIVRO-Metodologia-de- Estudo-e-Pesquisa-em-Administração.pdf> Acesso em: 27 de outubro de 2020.

ESTRUTURAS ESPACIAIS: VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ESTRUTURAS ESPACIAIS

Breendhowm Wallcker Oliveira de Assis [3]

[3] Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
2 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
3 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
4 Engenheiro Civil; Mestre em Processos Construtivos; Docente da FEMIG; Orientador

Bruno Oliveira Soares
Diego Henrique Oliveira Machado
Diego de Jesus Queiroz Rosa

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal um estudo sobre as estruturas espaciais abordando aspectos importantes como a abordagem histórica, noções de projetos, tipos e relação dos elementos, vantagens e desvantagens das estruturas espaciais, materiais empregados, as principais estruturas utilizadas e relação de características de cada uma. Este trabalho adota como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica, reunindo os principais conceitos e conhecimentos abordados nas literaturas que servem como fundamento para o tema desta pesquisa, a fim de trazer informações relevantes para os setores econômico, social, acadêmico e ambiental, bem como uma melhor compreensão do assunto. A pesquisa apresenta os resultados de expor os materiais utilizados nas estruturas espaciais, as vantagens e desvantagens do seu uso e apresentação dos principais sistemas utilizados.

Palavras-chave: Estruturas Espaciais. Estruturas Tridimensionais. Sistemas estruturais.

1 INTRODUÇÃO

Em função do crescimento acelerado da população, surge algumas necessidades como a de se ter estruturas que possam acomodar grande quantidade de pessoas ou de proteger elementos de maior porte fazendo com que acontecesse a evolução das tecnologias construtivas com o passar dos anos.

Com a popularização do uso do aço e do ferro como materiais construtivos durante a Revolução Industrial, foi que começou a tornar-se possível a elaboração de estruturas mais extensas e que fossem eficientes a ponto de atender as necessidades das edificações que precisassem atingir grandes vãos livres.

A construção de edificações que requerem grandes vãos livres com menores quantidades de pilares internos possíveis, tem crescido de forma significativa. As estruturas metálicas e a regulamentação dos materiais empregados são importantes para a execução dessas estruturas de grande porte. Ademais, reduz expressivamente o tempo de execução e o custo global da obra.

As treliças metálicas têm grande aplicação na engenharia estrutural e vêm como progresso tecnológico de benfeitorias em estruturas com cobertura de grandes vãos abertos, corrigindo assim problemas de espaços, de manejo de grandes estruturas, peças ou grandes objetos dentro de fábricas, galpões dentre outras estruturas.

Hoje em dia, os sistemas em treliças espaciais de dimensões e complexidade cada vez maiores são usados numa grande variedade de realizações práticas na engenharia e possuem vantagens em relação a outros sistemas como baixo peso, grande rigidez, entre outros fatores. Entretanto, ainda existe uma grande dificuldade de utilização do sistema de ligação entre barras.

Contudo, a pesquisa pretende apresentar as estruturas treliçadas espaciais bem como as vantagens e desvantagens da sua aplicação. Seguindo essa linha almeja-se demostrar a grande importância das treliças nas estruturas através de análises, estudos, cálculos e viabilidade do seu uso.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Histórico das Estruturas Espaciais

O termo “estrutura espacial” é utilizado para denominar um sistema estrutural em que não há subsistemas de planos definidos. A expressão estrutura espacial é aplicada para diversas funções, onde envolve as estruturas reticuladas que são

compostas por elementos de barra, estruturas contínuas, formada por placas, membranas ou cascas, e estruturas mistas, elaborada pela associação de elementos discretos e contínuos (MAKOWSKI, 1987).

Segundo Du Chateau (1984) os principais tipos de estruturas espaciais reticuladas são as treliças espaciais planas, os arcos treliçados espaciais e as cúpulas treliçadas espaciais. Estas estruturas surgiram por volta do século XVIII, porém, em 1907, Alexander Graham Bell desenvolveu um reticulado espacial constituído de barras de igual comprimento, conectadas por nós simples, idênticos para toda a estrutura.

Alexander Graham Bell foi o primeiro engenheiro a mostrar como este sistema é simples e fácil de montar, resultando uma estrutura leve e com grande resistência e chamou a atenção para a economia que poderia advir da industrialização e pré-fabricação deste sistema (MAKOWSKI, 1981).

Depois de algumas décadas desde a primeira estrutura espacial construída por Alexander Graham Bell, tem-se observado um crescente interesse por esta forma de construção, com aplicação em grandes coberturas de estádios, espaços públicos, hangares, coberturas de piscinas, ginásios de esportes, e muitas outras construções; entretanto, no geral, a existência das treliças espaciais no mercado de estruturas de grandes coberturas não vem sendo significativamente expressiva, e o número de suas aplicações é relativamente pequeno e não reflete seus importantes méritos construtivos (EL-SHEIKH; EL-BAKRY, 1996).

2.2 Tipos de Estruturas Espaciais

A expressão estrutura espacial se aplica a uma ampla categoria no setor das construções. De acordo com Makowski (1987), um dos maiores teóricos de estruturas espaciais, essas estruturas são classificadas em três tipos: estruturas em malhas (treliça espacial), estruturas suspensas de toda natureza (coberturas sobre cabos) e estruturas em membranas metálicas.

De acordo com Silva (1999) as estruturas espaciais são:

> Aquelas compostas de malhas planas ou curvas, tridimensionais, interligadas por elementos estruturais chamados barras ou membros, conectados entre si por intermédio de peças ou dispositivos especiais, chamados juntas ou nós. Geralmente, são formadas por duas malhas, uma inferior, chamada também banzo inferior, outra superior, denominada banzo superior, malhas estas que geralmente são interligadas em suas juntas por diagonais, que formam assim um conjunto de tetraedros ou pirâmides, regulares ou não, resultando o que é

chamado de malha espacial (SILVA, 1999, p. 01).

Segundo Porto (2016) as estruturas em malhas (treliça espacial) são constituídas por uma série de barras unidas entre si por nós. As malhas podem ser o produto de muitos corpos geométricos ou da repetição de um entre eles (cúpulas em malhas, abóbadas de berço em malhas, grelhas de duas camadas);

As estruturas suspensas de toda natureza, consideradas as coberturas sobre cabos, são definidas pelo sistema de cabos que mantém a cobertura, com ou sem bordas de apoio. Nas estruturas que são suspensas, a distribuição das solicitações internas é caracterizada pela eliminação da flexão, a construção sobre cabos trabalhando unicamente à tração (MAKOWSKI, 1987).

Já as estruturas em membranas metálicas de acordo com Porto (2016), são as quais os elementos de cobertura participam na resistência dos esforços solicitantes como, por exemplo, as construções em membranas e as construções plissadas.

Por causa do seu comportamento tridimensional, as estruturas espaciais têm como principal vantagem uma boa redistribuição de esforços, ou seja, quando a estrutura é solicitada por uma carga concentrada ou móvel, existe uma veloz dispersão por todos os elementos próximos do seu ponto de ação, reduzindo os esforços no elemento diretamente carregado. Esta característica também pode reduzir o custo das estruturas de suporte, pois como a carga é distribuída por vários elementos, os apoios estruturais serão sujeitos a esforços menores (MARTINS, 2012).

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Materiais Utilizados nas Estruturas Espaciais

São diversos os tipos de materiais que podem ser utilizados em estruturas espaciais, sendo eles o aço, o alumínio, a madeira e o plástico reforçado. Entretanto, a maior aplicação comercial é realizada com materiais metálicos, mais especificadamente o alumínio e o aço.

De acordo com Souza (2002), o alumínio demostra determinadas vantagens em relação ao aço, tais como necessidade de manutenção reduzida, pois o material não está sujeito a corrosão tendo maior resistência em ambientes agressivos, como as áreas litorâneas, e baixo peso próprio da estrutura facilita no içamento e na montagem. Porém, segundo Martini (2016), as estruturas em alumínio, apresentada na Figura 1, vem caindo consideravelmente nos últimos anos devido ao seu elevado custo. Além

disso, o aço resiste mais ao fogo, escoando a 1.200ºC, sendo quase o dobro da resistência do alumínio.

Figura 1: Treliça espacial em perfis de alumínio.

Fonte: http://www.spcom.eng.br/materiais.htm.

Devido às suas propriedades, aço é o material mais utilizado e como maior interesse de pesquisas na atualidade. De acordo com Souza (2003), o desenvolvimento de ligas de alta resistência à corrosão impulsionou o uso deste material.

Diversos tipos de perfis podem ser utilizados, dependendo do sistema escolhido e das características da obra, como, por exemplo, a estrutura apresentada na Figura 2.

Figura 2: Treliça espacial em perfis de aço.

Fonte: http://www.spcom.eng.br/materiais.htm.

Para obter uma estrutura rígida e pouco deformável, o autor Schimdt (2000) recomenda o uso de aços estruturais dúcteis para construção de estruturas espaciais. Para medida de ductilidade ele adota como parâmetro a razão entre a tensão última e a tensão de escoamento e desejável é que este parâmetro seja da ordem de 1,25 ou superior.

Diferente dos convencionais, outro tipo de material que pode ser usado para treliças espaciais é a madeira. De acordo com Martins (2012), o uso da madeira ainda se encontra em desenvolvimento, embora já existam algumas cúpulas construídas com este material. A principal dificuldade é a transferência de forças nas articulações que unem os diversos membros da estrutura, devido às elevadas forças axiais a que estes estão sujeitos. Por isso, geralmente aplicam-se articulações ou nós metálicos e cada membro individual possui encaixes metálicos nas suas extremidades, com o objetivo de transferir as forças ao longo de um maior comprimento do membro.

Um exemplo de uma estrutura espacial em madeira é a cobertura do Skydome J. Lawrence Walkup, localizado no campus da Universidade do Norte do Arizona como mostra a Figura 3. Esta edificação possui a terceira cúpula de madeira com maior vão livre do mundo, um diâmetro de 153 metros e uma altura de 43 metros medidos desde o nível do piso interior (MARTINS, 2012).

Figura 3: Cúpula do Skydome J. Lawrence Walkup, Arizona.

Fonte: Bastian, (2010).

Outro tipo de material que pode ser aplicado em estruturas espaciais que está em desenvolvimento é o plástico reforçado. De acordo com Martins (2012), devido ao baixo módulo de elasticidade que possuem, os plásticos reforçados são normalmente

aplicados como elemento constituinte de treliças espaciais com membranas tracionadas. Sua aplicação possui diversas contingências como, a deterioração devido à exposição solar, fluência devido à natureza viscoelástica dos polímeros e razoável dilatação térmica. Porém, uma vantagem é a criação de uma estrutura com peso reduzido.

No processo de escolha de qual material estrutural utilizar, é de extrema importância compreender as propriedades de cada um como a resistência à tração e/ou compressão e características de plasticidade e elasticidade para, assim definir o melhor material de acordo com a necessidade de cada empreendimento.

3.2 Vantagens de Desvantagens do Uso de Estruturas Espaciais

Cada vez mais, a utilização de estruturas espaciais está se destacando e vem expandindo no mundo todo. O principal motivo do desenvolvimento dessas estruturas se dá pelo aumento considerado de pesquisas, apresentando variados aspectos do seu comportamento e maneiras de aplicação em projetos.

Como toda e qualquer estrutura, cada uma tem suas particularidades bem como suas vantagens e desvantagens. As estruturas espaciais apresentam uma série de vantagens em relação a estruturas convencionais. De acordo com Silva (1999) a principal vantagem é no sistema de padronização que a estrutura proporciona, pois são peças pré-fabricadas, vem com todas as dimensões detalhadas em projeto, fazendo com que toda a estrutura apresente uma padronização.

Uma vantagem muito importante, principalmente nos tempos atuais onde buscamos mais sustentabilidade, a estrutura espacial é um método construtivo a seco, ou seja, utiliza uma menor quantidade de água, reduz a emissão de poluição, execução durará menos tempo, gerando economia de luz, água e resíduos no canteiro de obras. Se o material utilizado for o aço, é um material 100% reciclável.

De acordo com Makowski (1981), uma outra vantagem é o comportamento tridimensional que permite uma distribuição de esforços homogêneo entre as barras que constituem a estrutura, deixando as estruturas padronizadas e baixo peso próprio da estrutura.

No Quadro 1 a seguir é possível verificar algumas outras vantagens da utilização de estruturas espaciais em relação as estruturas convencionais, separadas por suas diversas propriedades e características afim de demostrar com clareza dos benefícios.

Quadro 1: Vantagens das estruturas espaciais.

Vantagens	
Propriedades	**Características**
Padronização	Peças pré-fabricadas, totalmente de acordo com as dimensões detalhadas em projeto.
Adaptação	Adaptação a diversos tipos de projetos.
Peso Próprio Reduzido	Devido às pequenas espessuras das barras.
Sustentabilidade	Método construtivo a seco, ou seja, utiliza uma menor quantidade de água, reduz a emissão de poluição, economia de luz, água e resíduos no canteiro de obras.
Versatilidade	Permite que vãos mais amplos sejam construídos, sem a interrupção de pilares ou vigas.
Rapidez	Peças pré-fabricadas, já com as especificações e dimensões necessárias, pronta para montagem.
Redundância e Rigidez	Possui grau elevado de hiperestaticidade, o que permite resistir a determinados danos que possam ocorrer num número limitado dos seus elementos sem que seobserve o colapso global da estrutura.
Facilidade de Montagem	Por ser tratar de componentes com pequenas dimensões, já pré-fabricadas.
Possiblidade de Desmontagem	No caso de estruturas não permanentes.

Fonte: Adaptado de Avila (2020), Tonon; Fioriti (2012) e Makowski (1981)

Além disso, também é necessário analisar critérios negativos desses sistemas construtivos, como por exemplo, os custos mais elevados devido a necessidade de mão de obra especializada, possível dificuldades com logística e aumento de custo. No Quadro 2, verifica-se as desvantagens.

Quadro 2: Desvantagens das estruturas espaciais.

Desvantagens	
Propriedades	**Características**
Mão-de-obra	Exige mão de obra especializada evitar falhas e danos com o passar do tempo.
Custo	Devido a necessidade de mão de obra especializada, custos com transporte e dependendo do material o custo pode aumentar também.
Vulnerabilidade contra intempéries	Possibilidade do aço acabar sendo distorcido no caso de fenômenos da natureza
Corrosão do material	Caso não tenha revestimentos e tratamentos adequados, pode sofrer corrosão com o passar do tempo.
Maior controle de incêndio	No caso do aço é um material suscetível à propagação de chamas durante um incêndio.
Transporte	Pode gerar maior custo dependendo da logística

Fonte: Adaptado de Avila (2020) e Martins (2012)

Dessa forma, apesar de tantos argumentos favoráveis, entende-se que para o bom funcionamento das estruturas espaciais, é necessário tomar medidas e cuidados, tanto na qualidade do material a ser utilizado, quanto na mão de obra escolhida, analisar a viabilidade e custo benefício dos métodos existentes afins de evitar sérios problemas na estrutura.

3.3 Principais Sistemas de Estruturas Espaciais

Para um sistema estrutural espacial ter eficiência, depende do tipo de nó de ligação utilizado para unir as barras. Segundo Porto (2011), a estrutura deve apresentar uma resistência suficiente que permita a transmissão dos esforços, ser indeformável sob o esforço de cargas estáticas e dinâmicas e deve assegurar a simplicidade de fabricação, a facilidade e a rapidez de montagem.

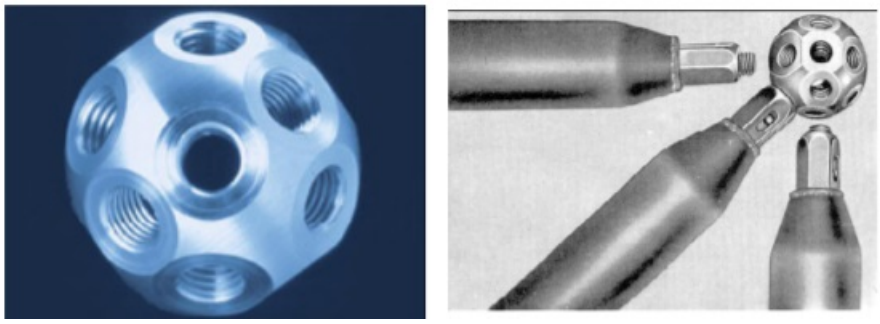
Deste modo, de acordo com Rosa (2001), pode-se dizer que o sucesso comercial de uma estrutura dependerá do seu grau de padronização e das vantagens que o sistema for capaz de oferecer quanto ao seu desempenho estrutural, conciliado a otimização do processo de montagem.

Vários tipos de nós foram apresentados, porém, muitos não manifestaram resultados satisfatórios aos problemas dos esforços solicitantes e outros eram muito complexos e inviáveis financeiramente. Conforme Porto (2016), os principais sistemas com boas características comerciais são: sistema Mero, sistema Space Deck, sistema Triodetic e o sistema Unistrut.

O Sistema Mero foi desenvolvido na Alemanha em 1942, pelo Engenheiro Max Mengeringhausen e uma equipe de colaboradores. É o primeiro sistema estrutural espacial com fabricação industrial, em série e até hoje é o mais conhecido e comercializado mundialmente (ROSA, 2001)

De acordo com Júnior (2008), o elemento fundamental do sistema está até hoje na sua forma original, sem alterações: constitui do nó em uma esfera em aço com 18 furos para serem aparafusados conforme Figura 4. É um sistema leve e quase todo pré-fabricado. Esta esfera, trespassada de furos rosqueado nas três direções do espaço pode receber o mesmo número de barras sem nenhuma excentricidade.

Figura 4:Sistema Mero.

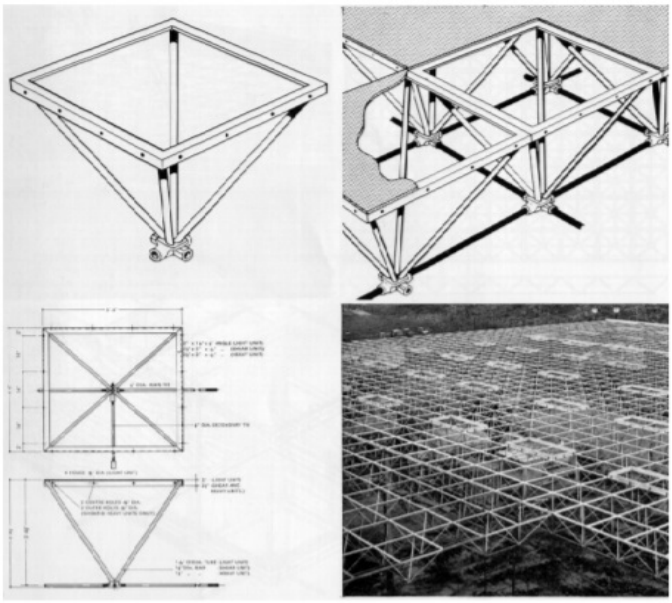


Fonte: Junior (2008).

O Sistema Space Deck, foi desenvolvido na Inglaterra em 1954, consiste na repetição de módulos piramidais em aço, formando uma grelha autossustentável. Até então, já sofreu alguns aperfeiçoamentos, indicando vantagens como, grande solidez, leveza, adaptabilidade, facilidade de transporte, facilidade de armazenamento e rapidez de montagem. (PORTO, 2011).

Segundo Rosa (2001) os módulos tem formato semi-octaedros, um do lado do outro e com a base quadrada voltada para cima, conforme Figura 5. As diagonais em perfis ocos, soldadas aos vértices da base e a um vértice especial e fazer as ligações parafusadas.

Figura 5: Sistema Space Deck.

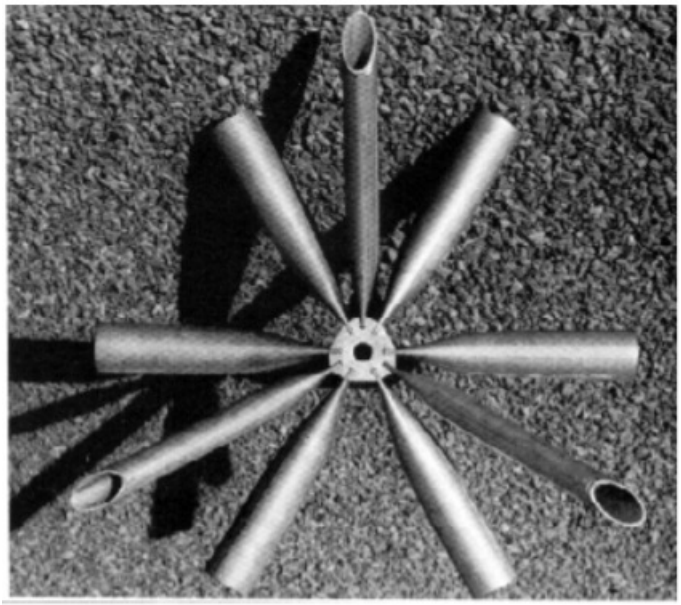


Fonte: Junior, (2008).

O Sistema Triodetic, foi desenvolvido no Canadá em 1955, por Fentiman. De acordo com Rosa (2001) este sistema possui uma característica particular: não aplica parafusos ou solda para unir as barras de seção oca cilíndrica aos nós de ligação.

Segundo Junior (2008) este sistema utiliza como elemento de base um perfil oco circular, em alumínio, de dimensões variáveis, conforme Figura 6. São barras afuniladas na extremidade, seccionadas segundo um angulo adequado e introduzidas por pressão nas fendas dentadas do nó. A ligação é feita por pressão, sem solda nem parafuso.

Figura 6: Sistema Triodetic.

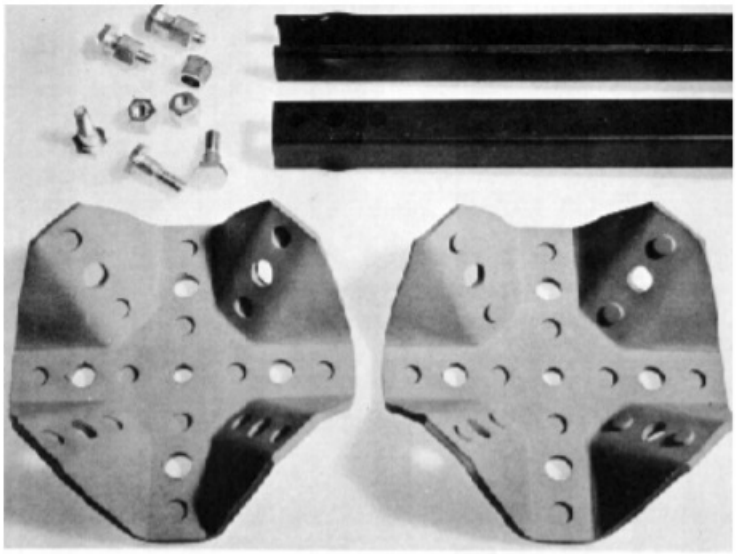


Fonte: Porto, (2011).

O Sistema Unistrut foi desenvolvido pelo americano F. Attwood por volta de 1955, a partir da ideia de que quanto maior for a padronização mais econômica será a

estrutura, ele desenvolveu um sistema baseado em barras de mesmo comprimento e seção e um único tipo de nó, conforme Figura 7 (PORTO, 2011).

Figura 7: Sistema Unistrut.



Fonte: Rosa, (2001).

De acordo com Júnior (2008), o sistema consiste de placas prensadas de forma particular. As barras são todas de mesmo comprimento e secção, conectadas aos nós por um único parafuso em cada extremidade. Todos os elementos são fabricados com ajuda de gabaritos especiais.

Estes quatro sistemas apresentados são os principais métodos de estruturas espaciais no mercado atualmente. É importante ressaltar que cada uma tem suas propriedades e singularidades e é imprescindível que seja feito um estudo de viabilidade durante a elaboração do projeto para garantir a eficiência do sistema no empreendimento.

No Quadro 3, é possível observar um resumo dos sistemas apresentados, com seus respectivos países de origem, o ano do desenvolvimento e das primeiras aplicações de cada método, os materiais os quais podem ser utilizados em casa sistema e as características das ligações nos nós.

Quadro 3: Resumo das principais características dos diferentes sistemas espaciais

Nome do Sistema	País de Origem	Ano de Desenvolvimento e Primeiras Utilizações	Materiais que Podem Ser Utilizados	Características das ligações nos nós
Mero	Alemanha	1940-1950	Alumínio e Aço	As extremidades das barras em forma de cone ou de pirâmide truncada são ligadas ao nó (esfera) por um parafuso axial rosqueado.
Space Deck	Grã-Bretanha	1950-1960	Aço	Alinhamento de pirâmides soldadas, a ponta para baixo. Os quadrados da camada superior são unidos por parafusos, os cabos da camada inferior são ligados a ponta da pirâmide através de juntas macho-fêmea.
Triodetic	Canadá	1950-1960	Alumínio e Aço	As extremidades das barras, achatadas e dentadas, são introduzidas por pressão nas fendas correspondentes de um nó cilíndrico.
Unistrut	Estados Unidos	1950-1960	Aço	Dispositivo de ligação em tela dobrada, perfurada para o aparafusamento das barras.

Fonte: Adaptado de Rosa (2001)

Pode-se observar e analisar no Quadro 4, as características construtivas dos quatro principais sistemas espaciais em malhas já citados, de acordo com a constituição da estrutura, o domínio de utilização e a ligação das barras entre si e aos nós.

Quadro 4: Características Construtivas e Domínio de Utilização dos Diferentes Sistemas Espaciais

Características Construtivas e Domínio de Utilização dos Diferentes Sistemas					
Propriedades	**Características**	**Mero**	**Space Deck**	**Triodetic**	**Unistrut**
Constituição da Estrutura	Nós e barras separadas	x		x	x
	Elementos espaciais geralmente em forma de semi-octaedros. Barras separadas para ligar as pontas das pirâmides.		x		
Domínio de Utilização	Estruturas planas, grelhas	x	x	x	x
	Estruturas simples ou dupla curvatura	x		x	
	Estrutura temporária, por exemplo: andaimes	x			
Ligação das barras entre si e aos nós	Solda	x	x		
	Aparafusamento Axial	x	x		
	Encaixe das ranhuras			x	
	Aparafusamento com encaixe				x

Fonte: Adaptado de Rosa (2001)

Além desses mais usuais e patenteados, segundo Souza e Gonçalves (2007) existem ainda muitos outros sistemas de ligação, patenteados ou não, para estruturas espaciais, porém, a maioria deles é de uso restrito e regional sem grandes êxitos comerciais. A seleção de um determinado sistema precisa ser idealizada de forma extremamente cautelosa, garantindo a eficiência e segurança no empreendimento.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos dados levantados durante a pesquisa, pode-se concluir que os resultados obtidos foram satisfatórios para alcançar o objetivo geral proposto, apresentando as vantagens e desvantagens das estruturas espaciais, um sistema que vem sendo muito utilizado devido aos diversos benefícios que proporciona.

Na atualidade, o uso dessas estruturas espaciais está se consolidando e vem crescendo em todo o mundo. Um elemento importante no crescimento e desenvolvimento das estruturas espaciais foi o grande número de pesquisas, abordando diversos aspectos do seu comportamento e projeto.

Considerando os resultados encontrados neste estudo, percebe-se que as estruturas espaciais possuem diversos métodos conhecidos e usuais e muitos outros já descobertos, mas pouco usado devido algumas dificuldades. Além disso, é significativo frisar

a importância de conhecer bem os sistemas, quais as suas características para saber escolher qual deles tem maior eficiência no empreendimento a ser executado.

A eficiência das estruturas espaciais é determinada pela correta escolha de alguns parâmetros e características que provém principalmente da sua geometria. Para se definir o sistema de ligação a ser utilizado, deve-se analisar os vãos, a magnitude dos carregamentos e esforços nas barras, facilidade de fabricação e montagem e, finalmente os custos envolvidos.

5 REFERÊNCIAS

AVILA, M. A. **Tudo sobre Estruturas Metálicas – Vantagens e Desvantagens.** Revista Total Construção: São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.totalconstrucao.com.br/estruturas-metalicas/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

BASTIAN, N. **Deportes & Conciertos Universitarios.** Cityseeker: Arizona, 2010. Disponível em: < https://cityseeker.com/es/flagstaff/321429-j-lawrence-walkup-skydome>. Acesso em: 14 out. 2020

DU CHATEAU, S. **Structures spatiales**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPACE STRUCTURES: Guildford, 1984. Elsevier Applied Science.

EL-SHEIKH, A.I.; EL-BAKRY, H. **Experimental study of behavior of new space truss system**. Journal of the Structural Engineering, v.122, n. 8: Reston, 1996.

JUNIOR, A. S. M. **Monta Desmonta Remonta, Significado dos Sistemas de Montagem**. USP: São Paulo, 2008.

MAKOWSKI, Z.S. **A worldwide review of space structures in sports buildings**. In: INTERNATINAL COLLOQUIUM ON SPACE STRUCTURES FOR SPORTS BUILDINGS: Beijing, 1987. Elsevier Applied Publishers.

MAKOWSKI, Z. S. **Review of Development of Various Types of Double Grids**. In: Analysis, Design and Construction of Double-Layer Grids: London, 1981 Aplied Science Publishers.

MARTINI, R. J. **Estrutura de cobertura metálica em malha treliçada espacial.** Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Estruturas: Belo Horizonte, 2016.

MARTINS, R. A. L. **Biomimética no projecto de estruturas espaciais.** Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil - Perfil Estruturas e Geotecnia: Lisboa, 2012.

PORTO, C. E. **Tipologias Arquitetônicas de Estruturas Espaciais em Brasília.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB: Brasília, 2016.

PORTO, C. E. **Estruturas Espaciais.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UnB: Brasília, 2011. Disponível em: < https://pt.slideshare.net/mackenzista2/estruturas-espaciais>. Acesso em: 03 abr. 2021.

ROSA, Y. R. S. **Comportamento de Estruturas Espaciais Metálicas com Nós deLigação do Tipo Ponta Amassada.** Departamento de Engenharia Civil Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2001.

SILVA, K.C. **Análise Teórico-Experimental de Barras Comprimidas em Estruturas Metálicas Espaciais** Dissertação de Mestrado - UFOP: Ouro Preto, 1999.

SOUZA, A. N. **Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo: São Carlos, 2002.

SOUZA, A.S.C; GONÇALVES, R.M. **Análise teórica e experimental de treliças espaciais**. Cadernos de engenharia de estruturas: São Carlos, 2006.

SOUZA, A. S. C. **Análise teórica e experimental de treliças espaciais.** Tese de Doutorado apresentada a Escola de São Carlos – USP: São Carlos, 2003.

TONON, B. F.; FIORITI, C. F. **Análise dos sistemas estruturais presentes no centro de convivência infantil da Unesp de Presidente Prudente.** Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão: Presidente Prudente, 2012

PATOLOGIAS DETECTADAS EM PILARES DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA ESTRUTURA LOCALIZADA EM VESPASIANO/MG

Ana Paula de Souza Lima [4]
Caroline Freitas dos Santos
Fabiene Vilas Boas da Mata
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins

RESUMO

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso de identificação e verificação de patologias em pilares de concreto armado. O projeto em análise refere-se a uma estrutura localizada na cidade de Vespasiano em Minas Gerais, na qual é possível identificar visivelmente enfermidades no elemento estrutural. O objetivo da pesquisa é apresentar as possíveis causas das patologias e as suas formas de tratamento, com base em uma pesquisa bibliográfica de fim explicativo, além de coleta de dados por meio de visita no local, quando foram anotadas observações sobre o caso. Por meio de observação, foram identificadas fissuras, rachaduras, desplacamento, corrosão do aço e bicheiras nos pilares estudados. Ao fim, é apresentado uma proposta de um processo executivo de recuperação das estruturas, em forma de passo a passo, para que estas patologias encontradas sejam eliminadas ou, ao menos, minimizadas.

Palavras-chave: Pilares de concreto armado. Patologias em estruturas. Recuperação de patologias.

[4] Graduanda do curso de Engenharia Civil. (FEAMIG) anapaula15102009@hotmail.com
Graduanda do curso de Engenharia Civil. (FEAMIG)krolfreitassantos@gmail.com(
Graduanda do curso de Engenharia Civil.FEAMIG) fabienevilasboas@hotmail.com
Orientadora e docente da Feamig. (FEAMIG) < talita.oliveira@feamig.br>

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, o concreto armado é o material construtivo mais utilizado em todo o mundo, principalmente devido ao ótimo desempenho e facilidade de execução. Dentre as inúmeras utilizações do concreto armado, tem-se os pilares, que são peças estruturais que tem a finalidade de suportar os subsistemas horizontais (vigas e/ou lajes), coletando as cargas verticais e transmitindo-as às fundações mantendo assim todo o equilíbrio do sistema estrutural.

Atualmente no século XXI, são empregadas inúmeras tecnologias em estruturas de concreto armado e, mesmo com a evolução sofrida pelos materiais que são utilizados na construção civil, não foi suficiente para que sejam evitadas as patologias nas estruturas de concreto armado. Estas patologias podem ocorrer desde a fase inicial do projeto estrutural, na sua etapa de execução, ou durante sua vida útil, em decorrência de várias razões. Uma delas, pode ser pelo não seguimento das normas vigentes sobre o material, como, por exemplo, a ABNT NBR 6118 (Projeto e execução de obras de concreto armado), ou das normas de desempenho, como a NBR 15575 (Desempenho de edificações habitacionais). Caso as patologias não sejam tratadas da forma correta, podem levar ao seu colapso, comprometendo a durabilidade da estrutura de concreto armado, e colocando em risco para aqueles que as utilizam.

A partir deste contexto, este trabalho tem como objetivo identificar e analisar as principais patologias encontradas em pilares de uma estrutura localizada na cidade de Vespasiano, Minas Gerais, bem como estudar e apresentar as possíveis formas de sua recuperação estrutural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto como material de construção

Complementando a humanidade desde os seus primórdios, tem-se a Construção Civil. Assim como cita Ribeiro et al. (2002, p.9), “a necessidade de abrigo fora das cavernas naturais alçou o homem para a busca de materiais apropriados a lhes fornecer segurança e qualidade”. E dentre os inúmeros materiais utilizados em construções, os principais são o aço, o asfalto, a madeira e o concreto.

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 12655 de 2015 (p.3) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento, o concreto é um

> “material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água)” (ABNT, 2015, p.3).

Por sua vez, o concreto armado é quando o aço é empregado em conjunto com o concreto, unindo as qualidades da mistura – durabilidade, resistência à compressão, ao fogo e à água – com as da liga metálica – ductilidade e resistência à tração e à compressão (BASTOS, 2019).

2.1.2 Propriedades do Concreto Armado

Para o concreto ser utilizado em uma estrutura armada, necessita ter resistência mecânica, aderência suficiente com as barras das armaduras e densidade que garanta a impermeabilidade da estrutura e a proteção das armaduras em relação a corrosão (GIONGO, 2007). A NBR 8953 (2015) classifica os concretos em dois grupos de resistência para fins estruturais: I para concretos de 20 a 50 Megapascal (MPa) e II para concretos a partir de 50 até 100 MPa. A norma ainda salienta que os concretos com resistência inferior a 20 MPa não são estruturais, devendo ter seu desempenho atendido conforme NBR 6118 e 12655 caso sejam utilizados. Dentre as propriedades do concreto, tem-se a resistência à compressão (f_{ck}), à tração (f_{ct}) e o módulo de elasticidade estático secante do concreto (E_{cs}) (QUADROS, 2014).

Por sua vez, o aço deve ter propriedades que garantam a aderência com o concreto (PARIZOTTO, 2015). A norma NBR 7480 (2007) divide o aço em três categorias:

a) CA-25: formada por barras de superfície lisa, com resistência característica de escoamento igual 250 MPa;
b) CA-50: formada por barras com nervuras transversais e oblíquas, com resistência característica de escoamento igual 500 MPa.
c) CA-60: formada por fios que podem ser lisos, nervurados ou entalhados, com resistência característica de escoamento igual 600 MPa.

2.2 Elemento estrutural: Pilar

Os elementos estruturais são partes dos sistemas estruturais responsáveis por receber e transmitir as solicitações nas estruturas (SOUZA; RODRIGUES, 2008). De acordo com os autores, os elementos podem ser:

- Barras: constituem vigas, pilares, arcos, pórticos, cabos, treliças, entre outros;
- Folhas: constituem placas, membranas, cascas, entre outros;
- Blocos: formam os blocos de fundações, por exemplo.

Como principal objeto de estudo deste trabalho, será destacado os pilares, que, de acordo com a ABNT 6118 (2014, p.84), são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as foças normais de compressão são preponderantes”. Souza e Rodrigues (2008) complementam a definição da norma dizendo que quando a estrutura possui seção circular, elas podem ser chamadas de colunas.

Os pilares possuem grande importância na construção civil, pois são utilizadas em praticamente todos os tipos de construção, enfatizam os autores. A estrutura está associada ao sistema laje-viga-pilar, é comumente chamado de pórtico, o qual tem a função de transmitir os esforços e cargas atuantes para o elemento de fundação (BARROS *et al.*, 2012). O sistema contribui também com a estabilidade e a resistência a esforços normais, cortantes e de flexão, elucida o autor.

2.3 Patologias

Souza e Pipper (1998, p.13) definem a patologia das estruturas o “campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”. Alves (2009 *apud* DEGUSSA, 2008) cita que as patologias são partes da engenharia que estuda os sintomas, as causas e as origens dos defeitos/problemas apresentadas nas construções civis. Assim, o estudo das patologias tem como objetivo a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural das estruturas de concreto armado.

2.3.1 Causas das patologias

As anomalias nas estruturas de concreto armado que ocasionam as patologias são o foco de estudo no presente trabalho. Estas doenças podem surgir nas estruturas desde a fase inicial do projeto, quanto na fase de execução, assim como anos depois da finalização da edificação. Silva e Jonov (2016) apresentam dados da incidência das origens das enfermidades em construções no Brasil, mostrado no Gráfico 1.

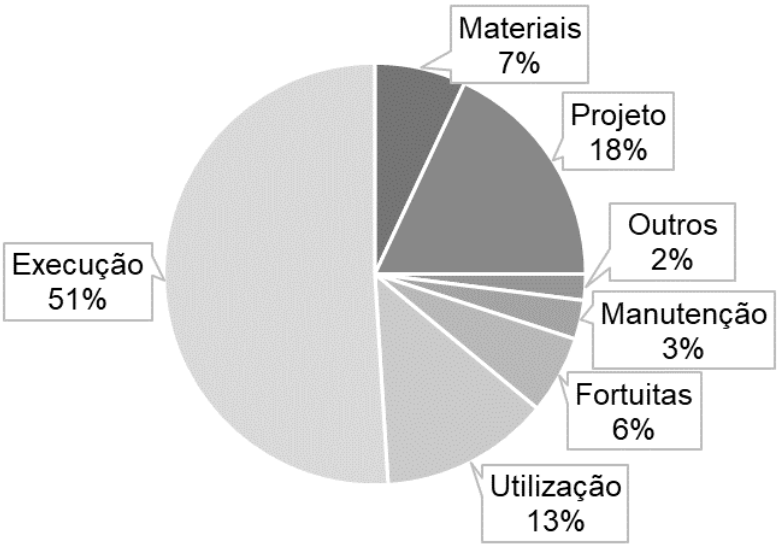


Gráfico 1: Incidência das origens de patologias no Brasil.
Fonte: Adaptado de SILVA; JONOV (2016)

Como é possível observar, os autores constatam que 18% das causas das patologias estão ligadas com erros na execução de projetos, e apenas 3% estão ligados com as manutenções. Destaca-se também que mais da metade das enfermidades são originadas da execução.

Souza e Ripper (1998) enfatizam que as estruturas de concreto armado se deterioram com o passar do tempo, conceito muitas vezes ignorado. As estruturas mal projetadas ou executadas de maneira incorreta, com materiais fora da especificação feita, podem entrar em colapso com pouco tempo (SOUZA; RIPPER, 1998). Corroborando com os autores, Verçoza (1991) diz que se um concreto for corretamente feito e devidamente conservado, sua durabilidade poderá ser comparada com a das pedras. Mesmo assim, com o passar dos anos poderá sofrer deterioração

se exposto a intempéries.

Abordando a parte do aço nas estruturas de concreto armado, Ribeiro (2013) cita que as patologias estão ligadas a corrosão da armadura, o que geralmente acontece depois de alguns anos de uso. De acordo com o autor, este efeito faz com que as barras de aço percam sua resistência comprometendo o funcionamento da estrutura. Ribeiro (2013) destaca que alguns sinais de fissuras e manchas podem indicar que a armadura está exposta e possivelmente iniciando um processo de deterioração.

Verçoza (1991) afirma que muitos são os fatores que podem destruir o concreto armado, enfatizando que existem agentes que atacam somente o concreto, outros que atacam somente as armaduras, como também, que atacam ambos. Esses agentes podem ser classificados como químicos, físicos, biológicos e mecânicos, além de agentes intrínsecos e agentes extrínsecos.

Como é possível observar, várias são as origens das patologias em estruturas de concreto armado. Com isso, abre-se espaço para os trabalhos de recuperação estrutura, processo no qual é necessário experiência e conhecimento do engenheiro que realiza este tipo de serviço.

2.3.2 Tratamento das patologias

Após a identificação de patologias em estruturas de concreto armado, é necessário a realização de uma vistoria técnica, para análise detalhada da real situação da estrutura. A análise de dados é uma etapa muito importante e acontece logo após a vistoria técnica. Ela possibilita ao engenheiro vistoriador um melhor entendimento das condições da estrutura, avançando, assim, para a próxima etapa: diagnósticos.

Segundo Souza e Ripper (1998), a etapa de diagnostico depende de vários fatores, tais como econômicos, técnicos, de segurança e conforto. Esta fase leva ao profissional que está realizando a análise inúmeras conclusões, que podem ser aplicadas a construção. Os autores enfatizam que em alguns casos é necessário a demolição da estrutura, pois no levantamento pode-se verificar inviabilidade para o serviço de recuperação da estrutura.

De acordo com Helene (1988) para escolher uma técnica adequada de correção do problema, além do diagnóstico criterioso que deve ser realizado, é preciso ter o conhecimento da região a ser corrigida, analisando também a importância do funcionamento deste elemento na estrutura. Outro ponto observado pelo Helene, em sua bibliografia de 1992, é que uma das etapas mais importantes é a realização da limpeza inicial da estrutura comprometida, sendo esta fase responsável por 50% da recuperação. Helene (1992) alega que, por mais que sejam utilizados materiais de ótima qualidade, nada adiantará se não tiver os devidos cuidados.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se trata de um estudo de caso no qual se analisa patologias

recorrentes em três pilares executados em concreto armado de uma edificação localizada na cidade de Vespasiano, no estado de Minas Gerais, tendo como intuito propor uma solução para eliminar e/ou minimizar tais anomalias. A construção possui aproximadamente 20 anos de existência, sendo que a estrutura em estudo se trata de um anexo do empreendimento.

A pesquisa se caracteriza como explicativa, sendo feito uma coleta de dados por meio de uma visita ao local, no mês de fevereiro de 2021, levantamento fotográfico e pesquisa bibliográfica, que serviu como base para o estudo, identificação e solução das anomalias na construção.

A principal limitação desta pesquisa foi a não liberação dos projetos estruturais dos pilares construídos pelos responsáveis e, com isso, não foi possível a realização de análises e estudos mais aprofundados. Além disso, houve uma certa dificuldade em acessar a edificação devido a recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) em relação a não aglomeração de pessoas relativo à pandemia do Coronavírus (COVID-19), afetando os encontros presenciais *in loco* para a análise completa da estrutura estudada.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Apresentação e identificação das patologias da estrutura em Vespasiano, Minas Gerais

Os objetos de estudo deste trabalho são três pilares estruturais que se encontram em uma edificação comercial na cidade de Vespasiano, Minas Gerais. Os elementos fazem parte de um anexo do empreendimento, na qual não foi exposto o projeto. Por este motivo, analisar-se-á a estrutura como um todo, sem tratar de como foi feito seu dimensionamento. As Figuras 1 e 2 mostram os pilares estudados.

Figura 1: Identificação do Pilar 1.
Fonte: Autoria própria (2021)

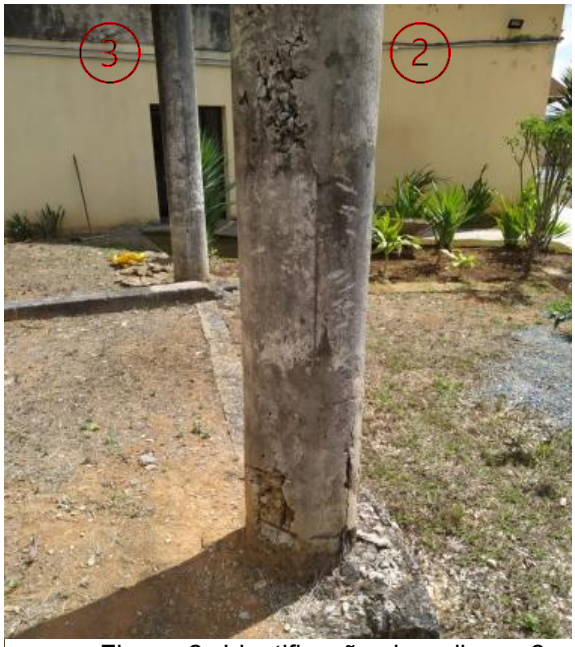


Figura 2: Identificação dos pilares 2 e 3.
Fonte: Autoria própria (2021)

A partir das Figuras 1 e 2 visualiza-se os três pilares, que foram identificados numericamente para facilitar a compreensão dos resultados e análises a serem apresentados. Nas imagens já é possível observar as patologias, e apontar inúmeras fissuras, trincas e rachaduras na estrutura, além da corrosão, principal enfermidade. As Figuras 3 e 4 focam nas anomalias do primeiro pilar.

Figura 3: Corrosão no Pilar 1.
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4: Corrosão do Pilar 1.
Fonte: Autoria própria (2021)

Nas Figuras 3 e 4 é possível observar que houve desplacamento do concreto do Pilar 1, deixando exposta a sua armadura. A partir dos estudos em bibliografias, entende-se que o principal causador desta patologia é a corrosão. Por não haver nenhum desgaste no aço, é provável que o tipo de corrosão seja a química que, de acordo com Meira (2017), acontece em ambientes secos e não provoca a deterioração da superfície metálica. Ao observar o restante do elemento, visualiza-se que já está havendo a abertura de outras fissuras, como é possível ver na Figura 5.

Figura 5: Fissuras no Pilar 1.
Fonte: Autoria própria (2021)

Essas fissuras e rachaduras vistas na Figura 5, podem também ter sido causadas pela corrosão, estando ainda em sua primeira fase de deterioração do concreto. As Figuras 6 a 9 mostram as patologias do Pilar 2.

Figura 6: Corrosão no Pilar 2.
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 7: Corrosão no Pilar 2.
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 8: Fissuras e rachadura no Pilar 2.
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 9: Bicheira no Pilar 2.
Fonte: Autoria própria (2021)

Assim como no Pilar 1, o Pilar 2 apresenta corrosão na sua fase de desplacamento do concreto, como possível visualizar nas Figuras 6 e 7. Entretanto, neste caso, observa-se que na parte mostrada na Figura 6 houve corrosão eletroquímica que, de acordo com Meira (2017), acontece em quando a armadura é exposta a ambiente úmido.

Já na Figura 8, é possível ver que o Pilar 2 também apresenta fissuras na sua estrutura (destacado em vermelho), assim como uma trinca (em azul). Esta já é a terceira fase da corrosão antes do desplacamento, que já ocorreu em outras partes do pilar, como mostrado anteriormente.

Outra patologia encontrada no Pilar 2 são as chamadas bicheiras, mostradas na Figura 9. Esta se dá pelo cobrimento insuficiente da armadura pelo concreto durante a etapa de

concretagem em uma obra, o que gera espaços vazios no material, causando a sua corrosão e expondo o aço em sua última fase.

Por fim, tem-se o Pilar 3, cujo patologia identificada é exibida na Figura 10.

Figura 10: Desplacamento do concreto no Pilar 3

Fonte: Autoria própria (2021)

Como é observável na Figura 10, houve um pequeno desplacamento do concreto no Pilar 3, não sendo possível portanto, identificar a causa desta fragmentação. Porém, a partir da análise feita nos outros dois pilares anteriormente apresentados, é pressuposto que o fundamento desta enfermidade seja a corrosão do concreto, presente nos Pilares 1 e 2.

4.2 Proposta de um processo executivo para que as patologias sejam eliminadas ou minimizadas nos pilares

A partir do levantamento apresentado no tópico anterior, seguindo as bibliografias estudadas e tendo como base o manual de recuperação estrutural disponibilizado digitalmente pela empresa Sika, será exposto a seguir uma proposta para minimização das patologias encontradas nos pilares. Enfatiza-se, portanto, que para uma resolução mais assertiva sobre o caso, seria necessário a análise do projeto estrutural da construção, que não foi apresentado.

O pilar é um elemento estrutural fundamental na segurança e suporte das cargas da estrutura e, como será feito uma intervenção nele, o restante da estrutura deve ser reforçado antes de qualquer ação. Este reforço pode ser feito por meio de suportes provisórios, como pilares de madeira. Além disso, recomenda-se a interdição da área em que será executado o serviço.

Feito estes “pré-procedimentos”, inicia-se a recuperação da estrutura, descritas a seguir e ilustradas pela Figura 11.

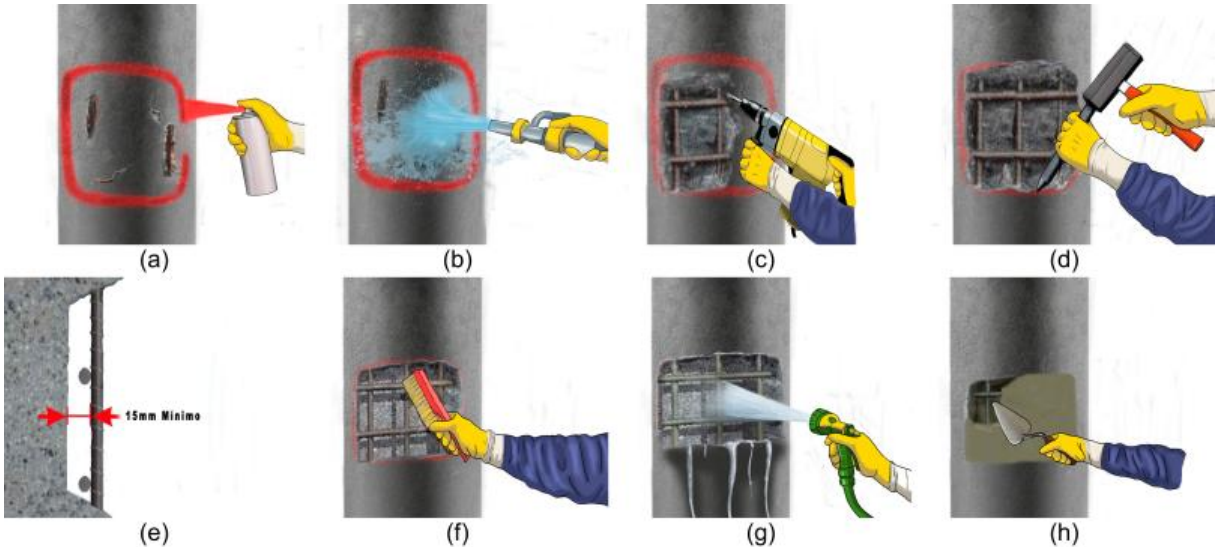


Figura 11: Fissuras e rachadura no Pilar 2.
Fonte: Autoria própria (2021)

Primeiro, realiza-se a delimitação das áreas a serem reparadas (Figura 11a). Segue-se então com a limpeza das áreas das estruturas por meio de jatos de água com pressão (Figura 11b).

O terceiro passo então, é a remoção do concreto das áreas deterioradas, até chegar ao aço. Esta extração deve ser feita com equipamentos e ou maquinários adequados – cortadores a discos ou marteletes (Figura 11c) –, assim como, ferramentas manuais – marretas e talhadeiras (Figura 11d) –, devendo deixar, no mínimo, 2 centímetros livres em torno da armadura (Figura 11e).

Em seguida, faz-se a limpeza das armaduras e a remoção dos produtos corrosivos dela (Figura 11f). Esta etapa deve ser iniciada com a retirada das sujeiras “grossas” por meio de escovas de aço. Após isto, deve ser passado um produto inibidor de corrosão, limpando o restante das impurezas. Caso necessário, indica-se limpeza com a escova e, em alguns casos, com o produto. Finaliza-se esta fase com a preparação do substrato (Figura 11g), retirando todos os resíduos de concreto e pó que permaneceram na superfície por meio de um jato de água até saturar o local. Adiciona-se que, no caso de a armadura estar muito deteriorada e com perdas, deve ser feito sua troca.

Por fim, se faz a aplicação da argamassa (Figura 11h). Recomenda-se que seja utilizado uma argamassa polimérica de reparo com inibidor de corrosão. Entretanto, caso não seja possível, pode ser feita uma mistura seguindo o seguinte traço:

a) 1 saco de cimento;
b) 4 latas de areia;
c) 5 ½ latas de brita (1 ou 2);
d) 1 ¼ latas de água.

Lembra-se que as latas devem ser de 18 litros. Além disso, deve ser feita antes da aplicação da argamassa a colocação da forma do pilar, seguindo a configuração circular do restante do elemento existente. Após isto, espera-se em torno de 14 dias para a cura do concreto,

podendo a forma ser retirada depois desse tempo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi apresentado um caso de três pilares de uma mesma estrutura com patologias visíveis, que pode ter sido causada tanto na fase de projeto quanto na de execução. Apesar da limitação neste causada pela não liberação dos projetos estruturais, este trabalho buscou contribuir com uma proposta de eliminação ou minimização das patologias encontradas nos pilares.

As enfermidades encontradas nos elementos estruturais citados foram majoritariamente a corrosão, considerada por inúmeros engenheiros e outros profissionais da área como a patologia mais recorrente nas estruturas de concreto armado, causando problemas tanto estéticos quanto estrutural, diminuindo até mesmo a sua segurança. Foram encontrados também fissuras, tricas e bicheiras que, mesmo em menor número, não são menos importantes e devem ser corrigidas.

Como uma possibilidade de resolver ou, ao menos, minimizar estes problemas, fora proposto um procedimento considerado básico, porém de grande valência, sendo recomentado por inúmeros profissionais. Basicamente, o processo se dá pela retirada da estrutura danificada, limpeza e sua consequente reconstrução.

Lembrando que a incorreta execução dos processos descritos pode acarretar uma nova deterioração da estrutura e, portanto, uma nova recuperação. É válido reforçar também, que a proposta apresentada neste trabalho não dispensa a necessidade de um engenheiro especializado, assim como mão-de-obra qualificada.

REFERÊNCIAS

ALVES, Jader Rodrigues. **Levantamento das manifestações patológicas em fundações e estruturas nas edificações, com até dez anos de idade, executadas no estado de Goiás**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/677/1/Dissertacao_Jader%20Rodrigues%20Alves_2009.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto e execução de obras de concreto armado. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2014. 238 p.

_____. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2007. 13 p.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2015. 3 p.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2015. 23 p.

_____. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2013.

BARROS, Regiane Prado de; SILVA, Larissa de Souza; SANCHES, Thamyres Gomes. **Pórticos**

isostáticos aplicados na engenharia civil. In: VII Seminário de Extensão. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012. Disponível em: http://www.unitau.br/enic/trabalhos/EPE0287.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. 2019. 89 f. Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019. Disponível em: https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

DEGUSSA. **Manual de Reparo, Proteção e reforço de estruturas de Concreto**. São Paulo, 2003.

GIONGO, José Samuel. **Concreto armado**: Introdução e propriedades dos materiais. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

HELENE, Paulo R. L. M**anutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. Pini: São Paulo, 1992. 2 ed.

_____. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1988.

MEIRA, Gibson Rocha. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: Fundamentos, diagnóstico e prevenção**. João Pessoa: IFPB, 2017. 130 p.

PARIZOTTO, Liana. **Dimensionamento de vigas e lajes em concreto armado segundo a ABNT NBR 6118:2014 e a NF EM 1992-1-1:2005**: Estudo comparativo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

QUADROS, Peterson Araújo. **Estudo das correlações entre as propriedades mecânicas do concreto**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A4NHBS/1/275.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2002.

RIBEIRO, Daniel (Coord.). **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise**. Campus: Rio de Janeiro, 2013.

SIKA. **Concrete repair**: site handbook – Hand placed and spray applications. Disponível em: https://gbr.sika.com/dms/getdocument.get/3a7ec0d4-897f-378d-bff5-b3490ccb6beb/Concrete%20Repair%20Site%20Handbook.pdf. Acesso em: 09 mar. 2021.

SILVA, Adriano de Paula e; JONOV, Cristiane Machado Parisi. F**alhas e Patologias dos Materiais de Construção**. Curso de Mestrado em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes de; RODRIGUES, Rafael Bezerra. **Sistemas estruturas de edificações e exemplos**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

VERÇOZA, Enio Jose. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, 1991. 173 p.

CASA DE ISOPOR: UM SISTEMA CONSTRUTIVO ECOEFICIENTE

Bruno de Oliveira Alvarenga[5]
Leonardo Silva Pignaton
Lucas Henrique Martins Cascalho
Jouber Paulo Ferreira
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins

RESUMO

A utilização de novas tecnologias com o uso materiais alternativos, tornou-se necessário para minorar os impactos ambientais provocados pelo setor da construção civil. O presente trabalho pretende realizar uma pesquisa sobre as casas pré-fabricadas de isopor, buscando esclarecer a origem e como tal sistema tem sido utilizado, bem como os tipos de métodos existentes no mercado e os benefícios gerados na aplicação desse sistema. Torna-se interessante, nesse aspecto, aprofundar as pesquisas acerca da tecnologia e economia que o sistema apresenta e de como ele influencia na vida das pessoas e no meio ambiente. Explora-se a economicidade, a durabilidade, a eficiência, ecoeficiência, as etapas construtivas e elabora-se uma breve comparação entre estrutura com os painéis em EPS e a alvenaria convencional. Utilizou-se como metodologia de pesquisa a revisão bibliográfica e levantamento comparativo sobre os conteúdos citados, com a intenção de melhorar a compreensão sobre o assunto e abordar informações importantes, não só para a comunidade acadêmica visto que é um tema de importante relevância, para os setores sociais, econômicos e ambientais, contribuindo para as boas práticas de ações sustentáveis.

Palavras-chave: Casa de Isopor. EPS. Sistemas Construtivos. Ecoeficiência.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população impacta diretamente o meio ambiente. As ações humanas são capazes de gerar poluição, degradação, alteração no clima e até

[5] Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
2 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
3 Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG.
4 Engenheiro Civil; Especialista em Gestão de Obras de Engenharia; Docente da FEAMIG e da FASEH; Orientador.
5 Engenheira de Produção; Especialista em Gestão de Negócios em Petróleo e Gás; Mestre Engenharia Metalúrgica e de Minas; Docente da FEAMIG e da FASEH; Coorientadora.

esgotamento de recursos e áreas ambientais. Uma das ações humanas que mais afetam e consome o meio ambiente é a indústria da construção civil causando aumento do consumo de energia, desperdício de água, geração de resíduos, poluição, entre outros.

Devido à preocupação com os impactos causados ao meio ambiente e o aumento da competitividade no setor da construção civil, o mercado está buscando, através de inovações, novas técnicas construtivas, métodos e materiais mais eficientes, sustentáveis, como logísticas mais rápidas e custos reduzidos.

A introdução de novos sistemas construtivos ecoeficientes tais como: estrutura de isopor, telhado verde, jardins de chuva, sistemas de capitação de água da chuva, dentre outras, podem reduzir resíduos, consumo de materiais e energia, preservar o ambiente natural e melhorar a qualidade do ambiente construído.

A utilização de painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS), mais conhecido como painéis de isopor, é um tipo de sistema construtivo ecoeficiente, onde em sua utilização proporciona um ambiente mais limpo, com menos resíduos, de execução rápida, com menor custo, além de diversos benefícios contidos em sua composição como, por exemplo, possuir maior resistência se comparado com a alvenaria convencional e ser um material isolante proporcionando isolamento termoacústico.

Contudo, esta pesquisa pretende apresentar os painéis de isopor como um sistema construtivo ecoeficiente, expondo seu método de implantação e seus benefícios, as vantagens e desvantagens, além de demonstrar o custo benefício dessa técnica na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sistema Construtivo Ecoeficiente

Segundo Sanches *et al* (2019) um sistema construtivo pode constituir-se de conjunto de componentes, técnicas e elementos, que trabalham em conjunto ou individualmente. No caso de um sistema construtivo ecoeficiente, inclui-se o conceito e análises da ecoeficiência através da redução de custos e impactos ambientais.

Devido ao aumento da preocupação com o meio ambiente e os impactos ambientais sofridos, é considerável o aumento de pesquisas, novas tecnologias e uso de materiais ecologicamente corretos, assim como de sistemas construtivos ecoeficientes, como telhados verdes, jardins de chuva, painéis de isopor, *Light Steel Framing*, entre outros (CIMINO, 2002).

A construção civil é marcada por sistemas construtivos convencionais, no entanto, diante de várias possibilidades, novas técnicas e materiais, o setor tem procurado adquirir

novas soluções tecnológicas e ecoeficientes, tais como: mão de obra qualificada, produção padronizada, racionalização dos processos, insumos, possibilidade de controle no cronograma da obra e redução do tempo de execução. Princípios característicos dos sistemas industrializados que vão de encontro aos problemas intrínsecos da construção artesanal (SANTIAGO, 2008).

No entanto, em razão da cultura convencional, o sistema construtivo ecoeficiente ainda sofre muito preconceito no mercado de construção civil, principalmente brasileiro, devido às desconfianças sobre as características de resistência, durabilidade e eficiência. Todavia, vem ganhando espaço tornando-se uma mudança inovadora, garantindo uma ótima ecoeficiência e economia nas edificações.

2.2 Alvenaria Convencional

De acordo com Thomaz *et al.* (2009) a alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação, é aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos de estruturas aço, concreto armado entre outras. Ela não trabalha de maneira a suportar cargas verticais calculadas na estrutura e sendo assim, precisam servir de suporte apenas para seu peso próprio e para as cargas de utilização do ambiente ao qual está sendo empregada.

Conforme Azevedo (1997), alvenaria convencional se trata de construções realizadas com as chamadas estruturas de fundação, ou seja, com vigas e pilares em concreto que são calcados e moldadas por meio de moldes de madeira e com vedação utilizando blocos de cerâmica, que são assentados com o uso da argamassa.

Sistemas convencionais de construção como a alvenaria, que utiliza blocos de cerâmica, por exemplo, são produzidos de forma lenta e precisam de uma mão de obra em maior quantidade. Tal método apresenta algumas características pouco vantajosas, como o grande desperdício de material utilizado, a falta de padronização da execução do trabalho, dificuldade na fiscalização e controle de qualidade dos serviços prestados, assim como a necessidade de um bom planejamento no momento da execução (SANTIAGO, 2008).

Segundo Ramalho (2003), a alvenaria convencional no Brasil é um método tradicional, enraizado na cultura habitacional brasileira. Por isso, o método mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utiliza materiais simples, como cimento, blocos para vedação e aço, mas é oneroso nos gastos com mão de obra e tem baixa produtividade.

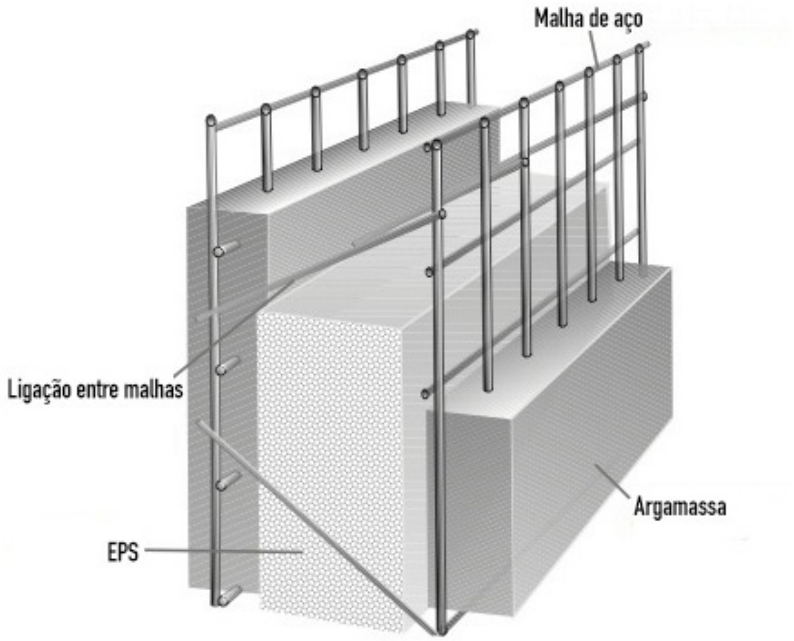
2.3 Casa de Isopor (EPS)

Nos últimos anos, desencadeou-se uma busca por materiais ecoeficientes para uso nas obras de construção civil. Já utilizado em diversos países, o sistema construtivo em painel de EPS (Poliestireno Expandido, conhecido como isopor®) vem se fortalecendo no segmento e se consolidando pela inovação, tecnologia e ecoeficiência (BARRETO, 2017).

Sua ecoeficiência é justificada pela obra limpa com baixa produção de resíduos, baixa contaminação de solo, água e ar, e economia de água na execução e por ser composto de material 100% reciclável. O material possui propriedade retardante a chama, com eficiência termo/acústica, inerente e resistente à agressão de agentes biológicos. Por fim, características como facilidade de fixar as tubulações, facilidade de transporte por se tratar de um material leve e compacto, disponibilidade em diversas espessuras conferem inovação e economia através da racionalização da construção com redução de desperdícios de material, redução do consumo de aço, otimização do tempo da construção, elevada produtividade e serialização da construção (JJ DESIGN, 2016).

A configuração de montagem, o painel de EPS encontra-se no meio, sendo sobreposta por malhas de aço leve de alta resistência interligadas por barras de aço e revestida com argamassa estrutural conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura de Montagem dos painéis de EPS



Fonte: https://www.construcaocomeps.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/ (2016).

Devido à configuração apresentada na Figura 1, esse processo é popularmente chamado de sanduíche. Como todo e qualquer material, os painéis de EPS desenvolve seu melhor desempenho em determinados sistemas construtivos e possuem vantagens e desvantagens de sua utilização se comparado com o a de alvenaria convencional.

2.4 Uso do EPS na Construção Civil

O EPS é um material plástico, reciclável, não poluente, fisicamente estável, é sem dúvida um material isolante da melhor qualidade. Nos últimos anos esse material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência e facilidade de manuseio. Proporciona uma economia no corte, mão-de-obra, equipamentos e tempo de execução (TESSARI, 2006)

São diversos os usos do EPS na construção civil, inclusive em obras de estruturas grandes, como estradas e ferrovias. A espuma rígida de EPS é comprovadamente um material isolante que pode suportar variações de temperaturas de -50º a +80º Celsius, sendo assim um material isolante, capaz de suportar variações de temperaturas (COMISSÃO SETORIAL DE EPS, 2007).

Dentre as inúmeras aproveitamentos do EPS na construção civil, os mais aplicados de acordo com Tessari (2006) são: para o enchimento de elementos estruturais, lajes e fôrmas para concreto; isolamento térmico de lajes impermeabilizadas, telhados, paredes e dutos de ar condicionado; painéis autoportantes; forros isolantes e decorativos; isolamento acústico e térmico; juntas de dilatação e fundações para estradas.

No entanto, como a utilização do EPS é relativamente novo, as pessoas ainda têm certa resistência quanto ao seu uso em edificações, devido à cultura de processos convencionais e a ausência de conhecimento dos benefícios que o material proporciona.

2.5 Principais Características do EPS

O EPS é material plástico celular rígido, resultante da polimerização de estireno em água que não compromete o meio ambiente por ser um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica com os raios solares. Sua composição química surgiu de polímeros e monômeros de estireno, que são líquidos extraídos do petróleo (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Alves (2015) por se tratar de um material plástico, o EPS tem propensão a pegar fogo, por isso, são acrescidos ainda na fase de polimerização, aditivos que irão proporcionar ao material maior resistência ao fogo inibindo a ignição e a propagação do mesmo.

No final, de acordo com EPS Brasil (2014), se obtém um material plástico celular rígido em formato esférico de até 3 milímetros de diâmetro, que poderá atingir um aumento de até 50 vezes do tamanho original durante seu processo de expansão.

O EPS apresenta uma grande variabilidade de utilização, as principais características do EPS são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do EPS.

CARACTERÍSTICAS DO EPS	
Baixa condutibilidade térmica:	A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante.
Leve:	As densidades do EPS variam entre os 10-30 kg/m3, permitindo uma redução substancial do peso das aplicações que o utilizam.
Resistência mecânica:	Apesar de muito leve, o EPS tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária.
Baixa absorção de água e insensível à umidade:	O EPS não é higroscópio. Mesmo quando imerso em água o EPS absorve apenas pequenas quantidades de água. Tal garante que o EPS mantém as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.
Fácil de manusear e colocar:	O EPS é um material que se trabalha com as ferramentas habitualmente disponíveis, garantindo a sua adaptação perfeita à obra. O baixo peso do EPS facilita o manuseamento do mesmo em obra. Todas as operações de movimentação e colocação resultam significativamente encurtadas.
Versátil:	O EPS pode apresentar-se numa multitude de tamanhos e formas, que se ajustam sempre às dimensões da aplicação requerida.
Resistente ao envelhecimento:	Todas as propriedades do EPS mantêm-se inalteradas ao longo da vida do material, que é pelo menos tão longa quanto a vida da construção de que faz parte. O EPS não apodrece nem ganha bolor, não é solúvel em água nem liberta substancias para o ambiente. O EPS não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos.
Amortecedor de impactos:	A estrutura de células fechadas cheias de ar do EPS proporciona um altíssimo poder de absorção de impactos, quedas, vibrações, etc., permitindo reduzir ao mínimo os danos a produtos embalados durante o transporte ou armazenamento.

Fonte: ASSUMPÇÃO (2009).

Ainda segundo Assumpção (2009) esse material ganhou nos últimos 35 anos uma posição estável na construção de edifícios, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência, facilidade de trabalhar e baixo custo.

3 METODOLOGIA

De acordo com Bruyne (1991), a construção de um trabalho científico não deve envolver somente a explicação teórica sobre o tema e tudo o que o envolve como exigência normatizadas ou os conceitos apresentados por autores em matéria de metodologia de pesquisa científica, mas também explicar de forma dinâmica quais foram os métodos empregados.

Realizando-se este estudo, nos conceitos relacionados à metodologia científica, esta pesquisa classifica-se como básica, portanto, houve a captação e acumulo de informações e

conhecimentos que auxiliaram a encontrar resultados o sistema construtivo de painéis em EPS. Aplicando uma abordagem qualitativa por se tratar de um assunto pouco disseminado no Brasil, expondo a limitação de referências bibliográficas, deficiência de normatização e legislação brasileira.

Sua classificação quanto aos fins enquadra-se como exploratória e, ao mesmo tempo, descritiva. Exploratória, pois o estudo explora os benefícios do uso do EPS em sistemas construtivos de forma ecoeficiente, dado que este tema possui pouco conhecimento permitindo assim maior familiaridade com o tema. Descritiva porque tudo que for observado foi descrito, isso com objetivo de expor as características claras sobre a utilização deste sistema.

Quanto aos meios, classifica-se como uma pesquisa bibliográfica e de levantamento. Bibliográfica, pois é um estudo desenvolvido a partir da análise de materiais já publicados que abordaram utilização de EPS na construção civil. Pesquisa de levantamento porque foi feito um levantamento de duas obras sendo uma de alvenaria convencional e outra de estrutura em EPS a fim de elaborar um comparativo de ambos os sistemas.

Para a elaboração do estudo, foi realizada a coleta de dados por meio de teses, dissertações e artigos científicos que tratam sobre o tema para ser utilizado como base no estudo. Para a comparação entre os sistemas avaliados, em alvenaria convencional e o sistema em EPS, foi identificado todos os materiais e procedimentos para a execução de cada um dos elementos que irão compor as construções. Foram levantados dados para a descrição dos mesmos e posteriormente os resultados demonstrados por meio de gráficos e tabelas, em cada sistema construtivo com intuito comparativo.

O estudo está subordinado às limitações desde a falta de padronização e normas locais, até limitações impostas pelo ambiente mercadológico e populacional. Dado que estas limitações foram identificadas previamente e superadas, não invalidaram os objetivos do estudo em questão. Entretanto, os resultados e conclusões não podem ser entendidos como padrões únicos de uso. O estudo apresentado demonstra representatividade e aplicabilidade para colaborar com grupos que buscam entender melhor e abranger seus conhecimentos sobre os painéis de EPS como método construtivo

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Viabilidade de Utilização do Sistema em EPS

Sendo um material de escolha alternativa, devido ao seu desempenho, versatilidade técnica e custo-benefício, o EPS está cada vez mais ganhando espaço na construção civil,

principalmente em virtude de suas características que fornecem alto desempenho, em relação à durabilidade, alta resistência e de peso leve, isolamento térmico e absorção de choques econômicos, entre outros.

O EPS pode ser utilizado em solos instáveis, lajes, paredes e é um material reutilizável, 100% reciclável e não poluente. Além de ser economicamente viável, o material não é alvo de insetos, fungos e bactérias, é extremamente leve que proporciona flexibilidade do material e sustentabilidade da edificação e canteiro.

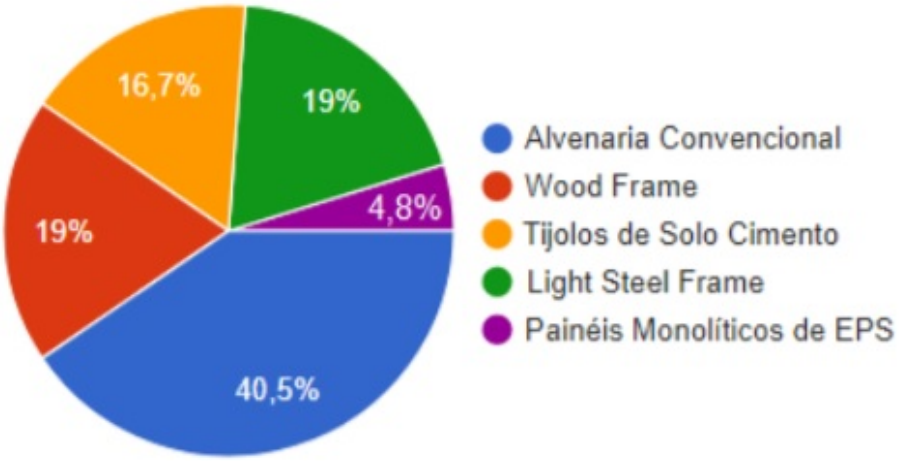
A utilização do sistema EPS em casas construídas em regiões de calor intenso, como no caso do extremo norte e nordeste do país, proporciona uma viabilidade econômica considerável, pois o conforto térmico proporcionado pelo sistema comparado com casas de alvenaria convencional apresenta eficácia nestas condições climáticas, gerando uma economia financeira em sistema de resfriamento além de reduzir o desconforto gerado pelo calor excessivo.

Nas obras de construção civil, a implantação do EPS também proporciona diversas vantagens, como: diminuição da mão de obra devido á leveza e facilidade de aplicação do material, é um ótimo isolante termo acústico causa redução notável do consumo de energia, redução de material para a estrutura e por consequência redução no custo total da obra.

Ainda que, atualmente, haja o aumento da preocupação com o meio ambiente e que se procura por sistemas alternativos que causem menos impactos ambientais, o motivo pelo qual as pessoas estão escolhendo a utilização do EPS nos empreendimentos é o custo menor que o sistema proporciona.

Mesmo com todas essas vantagens, o sistema em EPS é ainda muito pouco conhecido e utilizado no Brasil. Em um estudo feito com profissionais da construção civil, foi perguntado qual sistema construtivo os entrevistados gostariam de usar em um futuro projeto, o mais votado foi o sistema convencional de alvenaria, escolhido por 40,5% e o EPS foi escolhido por apenas 4,8%, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Tipos de sistemas construtivos



Fonte: CAMARGO; FIGUEIREDO, 2019.

Com isso, é possível perceber que o sistema com painéis de EPS é pouco conhecido e ofertado no mercado, trazendo dúvidas mesmo aos que conhecem o método. Engenheiros com pouco conhecimento, deficiência na oferta e de empresas que executam o serviço causa dúvidas nos consumidores.

4.2 Vantagens e Desvantagens da Utilização do EPS na Execução de uma Residência

Com a pretensão de que futuramente as construções sejam menos agressivas ao meio ambiente, que consomem menos recursos naturais e gerem menos resíduos dominará o mercado, os painéis em EPS entram na linha de sistemas construtivos ecoeficientes. É fácil perceber a redução de desperdício, pois de acordo com Costa (2016) a alvenaria tradicional descarta cerca de 30% de materiais na fase de execução, e de todo desperdício mundial 50% provem da construção civil, fazendo necessário à adoção de medidas para diminuir esse percentual, e EPS é uma solução que apresenta diversos benefícios.

Uma das principais vantagens do sistema de painéis em EPS é que num único produto encontra exigências normativas de desempenho estrutural gerando rapidez na execução. Outros aspectos vantajosos são a flexibilidade e durabilidade do sistema, ótimo isolante termo acústico, oferece baixa absorção de água, permitindo que a cura do concreto seja melhor e mais rápida

Segundo Alves (2015), no que se refere ao peso dos painéis, os mesmos chegam a ser cerca de trinta vezes mais leves e até 30% mais resistência do que a alvenaria tradicional de blocos cerâmicos, considerando os painéis sem revestimento. Na fase final, a semelhança estética é nítida, comparado aos sistemas convencionais.

Outra vantagem do método é que os EPS são naturalmente impermeabilizantes, com isso mesmo que tenha umidade nas paredes do lado de fora, os painéis de EPS não permite que a umidade passe para as paredes internas, trazendo mais durabilidade e diminuição de manutenção quanto a infiltrações.

No Quadro 2, a seguir, é possível verificar algumas vantagens da implantação do sistema construtivo de painéis em EPS, separadas por diversas áreas de atuação de modo a demostrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 2 – Vantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	VANTAGENS
Baixa condutividade térmica	A estrutura das células são fechadas, cheias de ar e dificulta a passagem do calor o que torna o isopor um grande isolante térmico.
Leveza	As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m³, o que facilita os serviços, ajudando a mão de obra e com isso as execuções na obra são significativamente reduzidas
Resistência a intempêres	O EPS está ausente de qualquer valor nutritivo, por isso fungos ou microrganismos não podem crescer com EPS.
Resistência mecânica	Apesar de muito leve, o isopor tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária
Baixa absorção de água	O EPS não absorve umidade do ar e apresenta uma elevada resistência a passagem do vapor. Mesmo quando imergido na água, a absorção é mínima. Por isso, mesmo quando submetidas à umidade, consegue manter suas individualidades mecânicas e térmicas.
Absorção de choque	Por conta de suas células serem fechadas e repletas de ar, o EPS, possibilita uma elevada capacidade de absorção de choques, impactos, quedas, vibrações, pancadas, colisões, etc.
Fácil manuseio	Devido a sua leveza descomplica o manuseio do EPS na construção, tendo a maioria de seus deslocamentos significativamente diminuídos
Versatilidade	O EPS pode ser confeccionado de diversas maneiras, formas e tamanho e possui resistência química capaz de ser compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros.
Sistema ecoeficiente	O EPS é 100% reciclável, não agride o meio ambiente

Fonte: Adaptado REIS (2015) e COSTA (2007).

Além disso, também é necessário analisar critérios negativos desses sistemas construtivos. Mesmo diante a tantos benefícios, ainda uma das maiores desvantagens deste método é a desinformação e insegurança de sua eficiência e durabilidade.

Moura e Santos (2019) declaram, para que novas técnicas sejam aceitas no mercado da construção civil, não apenas é necessário um preço competitivo, mas também pesquisas com intuito de aumentar a compreensão sobre o comportamento do sistema, para assim acelerar a otimização dos processos construtivos e deixar de lado métodos ultrapassados e desvantajosos, que ainda são utilizados apenas por serem convencionais.

No Quadro 3, verifica-se as desvantagens da implementação sistema construtivo de painéis em EPS separadas por áreas de atuação de modo a demostrar com clareza nas informações em cada uma das suas propriedades.

Quadro 3 – Desvantagens do uso de sistema construtivo em painéis de EPS

PROPRIEDADES	DESVANTAGENS
Restrições de uso	Indicado apenas para casos específicos. Construção de maneira autoportante para até dois pavimentos
Mão de obra especializada	Necessário mão de obra especializada e empresas especializadas na fabricação dos paineis de EPS.
Barreira Cultural	Por se tratar de uma inovação tecnológica, é um método pouco conhecido e para os que conhecem ainda causa muita dúvida quanto a sua qualidade.
Restrições de Financiamento	Pouca aplicabilidade e falta de informação, financeiras dificiltam os finaciamentos para execução da obra com paineis de EPS
Incêndios	O Corpo de Bombeiros não recomenda a especificação da solução para alguns tipos de construções, pois quando o poliestireno expandido é exposto a temperaturas acima de 80ºC, o núcleo começa a se degradar.

Fonte: Adaptado MOURA; SANTOS (2019).

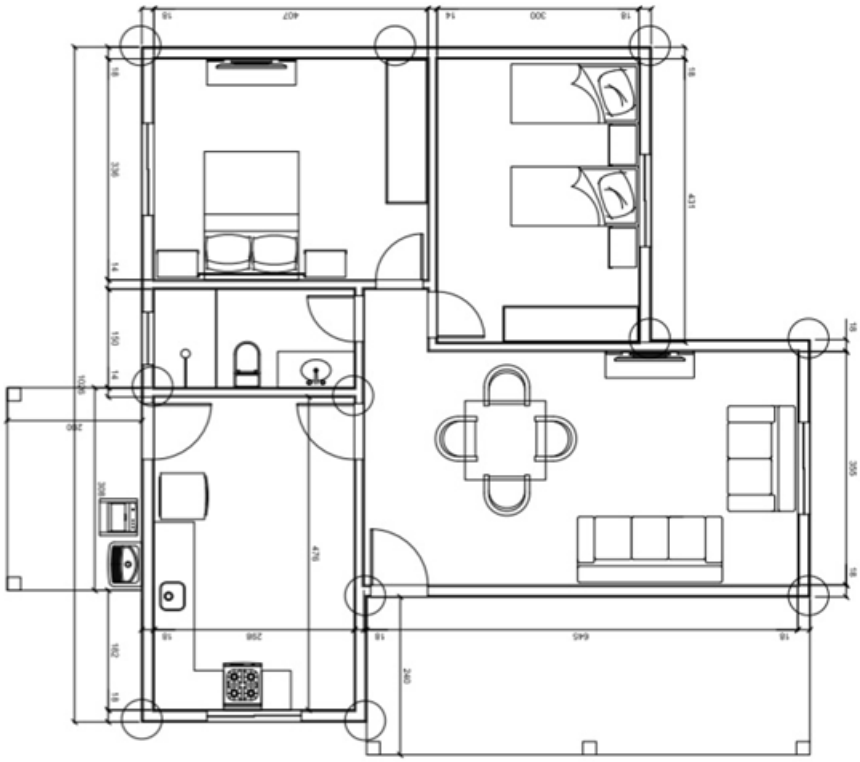
Dessa forma, apesar de tantos argumentos favoráveis, entende-se que para garantir a eficiência do método construtivo de painéis em EPS, é necessário tomar mais conhecimento, medidas e cuidados, tanto na qualidade do material a ser utilizado, quanto na mão de obra, visto que, é uma edificação ou residência que abrigará pessoas e precisar gerar segurança pra os moradores.

4.3 Comparativo de custo entre painéis de EPS e alvenaria convencional

Como o trabalho objetiva uma análise comparativa dos serviços comuns aos dois métodos construtivos estudados, foi utilizado para comparação os custos de terraplanagem, fundação, estrutura, impermeabilização, fechamentos, revestimentos internos, pisos e fachada, instalações, bancada e cobertura.

A construção analisada é de uma residência unifamiliar, pavimento térreo, totalizando 81 m² de área construída, realizada no sistema construtivo convencional, conforme Figura 2. A residência é composta por dois dormitórios, um banheiro, uma sala e uma cozinha. Para execução em painéis de EPS não é necessário fazer nenhuma alteração projeto arquitetônico

Figura 2 – Planta da casa estudada



Fonte: Autor, 2021.

No sistema convencional, a casa resultou no custo de R$ 166.322,72 (cento e sessenta e seis mil, trezentos e vinte e dois reais e setenta e dois centavos) considerando todos os itens de acordo com a Tabela 1. É uma obra com prazo médio de 120 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 1 – Custos do Sistema Convencional

CUSTO SISTEMA CONVENCIONAL	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	R$ 4.649,00
Fundação	R$ 29.497,21
Estrutura	R$ 42.505,53
Impermeabilização	R$ 4.376,48
Fechamentos	R$ 21.790,87
Revestimentos Internos	R$ 21.373,36
Revestimentos de Fachada	R$ 9.402,99
Revestimentos de Piso	R$ 15.241,15
Instalações	R$ 6.000,00
Bancadas	R$ 1.309,38
Cobertura	R$ 10.176,75
TOTAL	R$ 166.322,72

Fonte: Autores, 2021.

No sistema de painéis de EPS, a casa resultou no custo de R$ 121.500,00 (centro e vinte e um mil e quinhentos reais), considerando todos os itens de acordo com a Tabela 2. É uma obra com prazo médio de 75 dias de construção com todas as instalações e acabamento devidamente realizadas.

Tabela 2 – Custos do Sistema em EPS

CUSTO SISTEMA EM EPS	
DESCRIÇÃO	VALOR
Terraplenagem	
Fundação	
Estrutura	
Impermeabilização	
Fechamentos	
Revestimentos Internos	R$ 121.500,00
Revestimentos de Fachada	
Revestimentos de Piso	
Instalações	
Bancadas	
Cobertura	
TOTAL	R$ 121.500,00

Fonte: Autores, 2021.

Com isso, pode-se concluir que neste caso estudado a escolha do sistema de painéis de EPS tem às duas grandes vantagens de uma obra: tempo e custo. Em relação a diferença no custo entre um sistema e outro, o de EPS ficou 26,95% mais barato quando comparado com o convencional e em relação ao tempo de execução a diferença foi de 37,5% a menos no sistema de painéis de EPS.

Não foi possível fazer o levantamento de custo de etapa por etapa pois a empresa que nos forneceu o orçamento dos painéis de EPS, tem um custo por m² variando o valor conforme com os acabamentos escolhidos.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado, evidenciou-se que os painéis de EPS são candidatos capazes de substituir a alvenaria convencional na vedação de empreendimentos, visto que apresenta diversas vantagens em relação ao sistema convencional, principalmente no custo.

Foi visto que o sistema construtivo de EPS atende diversos requisitos, proporciona diminuição no tempo de execução e na geração menos resíduos e desperdícios e é um sistema ecoeficiente, porém é um método pouco utilizado, de pouco conhecimento e com escassez de mão de obra especializada.

Acredita-se que várias áreas da construção civil, arquitetura e ambiental necessitam de pesquisas mais aprofundadas para estimular o desenvolvimento desta técnica no setor. Por isso, algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser aconselhados a partir deste estudo, tais como explorar mais dados de modo a cooperar e incentivar com o tema em questão, analises de viabilidade em determinadas regiões e comparar as etapas construtivas considerando outras características, materiais e padrões de qualidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. P. O. Sistema Construtivo em Painéis de EPS. Artigo (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade católica de Brasília: Brasília, 2015.

ASSUMPÇÃO, R. T. EM423 Resistência dos Materiais. Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2009.

AZEVEDO, Hélio Alves de. Edifício e seu Acabamento. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2004.

BARRETO, M. N. Casa EPS: Edifício Residencial em painéis monolíticos de Polietileno Expandido. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2017.

CAMARGO, G. M.; FIGUEIREDO, F. B. Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto alvenaria convencional na cidade de Dourados-MS. Universidade Federal da Grande Dourados: Dourados, 2019.

CIMINO, M. A. Construção sustentável e eco eficiência. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: <http://www.editorasegmento.com.br/semesp2/detalhes_tese.php?cod_tese=10>. Acesso em: 06 out. 2020.

COSTA, F. L. T. Casa de EPS: Análise do uso dos painéis monolíticos de poliestileno expandido em construções residenciais. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil: Maceió, 2016.

COSTA, R. N. A. Viabilidade Térmica, Econômica e de Materiais de um Sistema Solar de Aquecimento de Água a Baixo Custo Para Fins Residenciais. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2007.

EPS – Poliestireno Expansível. Comissão Setorial, (2007). Disponível em http:// www.epsbrasil.eco.br/ Acesso em 27 de set. 2020.

JJ DESIGN ARQUITETURA. Sistemas Construtivos Sustentáveis. Disponível em: <http://www.jjdesign.com.br/sustentabilidade/sistemas-construtivos-sustentaveis.html>. Acesso em: 28 de set. 2020.

MOURA, J. V. S.; SANTOS, M. T. F. Utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil. Faculdade Evangélica de Goianésia: Goianésia, 2019.

OLIVEIRA, L. S. Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João Del-Rei: São João Del Rei, 2013.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.

REIS, C. Painéis Monolíticos em EPS (Poliestireno Expandido). Guia de Obra, 2015. Disponível em: < http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/> Acesso em: 29 de mar. 2021.

SANCHES, L. L; PASQUALINI, S. I. M.; FERREIRA, J. P.; MARTINS, T. R. O. Benefícios do Uso do Telhado Verde em Sistemas Construtivos. CONRESOL: Foz do Iguaçu, 2019.

SANTIAGO, A. K. O Uso do Sistema Light Steel Framing Associado a Outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural. Dissertação de Mestrado – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, 2008.

TESSARI, J. Utilização do Poliestileno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2006.

THOMAZ, E.; FILHO, C. V. M.; CLETO, F. R.; CARDOSO, F. F. Código de Práticas Nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT, 2009.

O PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE CÂMARAS FRIAS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO FRIGORÍFICO: UM ESTUDO DE CASO

Abner Jonatas William Oliveira[6]
Rodrigo Antônio Peixoto
Tálita Rodrigues

RESUMO

Devido à evolução das indústrias do setor frigorífico, a gestão da manutenção torna-se uma necessidade crescente, isto porque, é necessário manter os produtos com qualidade, bem refrigerados e evitar perdas decorrentes de defeitos e quebras inesperadas. Cada vez é maior a preocupação com os processos produtivos desse setor, que possui produtos sensíveis quanto à variação da temperatura dos produtos que irão impactar o consumidor final, caso estes cuidados não sejam tomados. Portanto, a manutenção tem o papel de garantir a funcionalidade dos equipamentos e infraestrutura do empreendimento frigorífico. Por isso, é importante manter um controle de manutenção estruturado, para que não haja gastos fora do previsto e que isso gere impactos na cadeia produtiva frigorífica. Assim, o objetivo geral deste estudo é analisar a eficiência de uma câmara fria de um frigorífico a partir da sua manutenção. Como metodologia, este trabalho foi um estudo de caso, sobre os principais ganhos e processos envolvidos na gestão da manutenção em um frigorífico, como instrumentos de coleta foram utilizados a observação e a coleta documental. Como resultados obtidos nesta pesquisa observou-se que a partir da identificação dessas perdas, a empresa passou a adotar a manutenção preventiva, organizada em determinados espaços de tempo a fim de reduzir o tempo de parada, bem como cada uma das situações classificadas acima, e a ocorrência das perdas. Assim, com o planejamento correto da manutenção das máquinas em frigoríficos de médio porte, como o estudado, pode propiciar benefícios para as câmaras frias, sendo estudo de caso, os dados não são generalizáveis. Entre estes benefícios estão o fato de que as manutenções preventivas programadas, quando aplicadas nas máquinas, não impactam na produção comercial, que pode ter continuidade e alcançar melhores índices. Como conclusões, foi possível perceber os principais ganhos do planejamento de manutenção existente nas câmaras frias, além de propor algumas melhorias para o modelo atual. Assim, conclui-se que, o processo manutenção no Frigorífico X trouxe o aumento da vida útil dos equipamentos. Assim, a manutenção preventiva trouxe a redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, eliminando os problemas nos maquinários antes mesmo que eles ocorram utilizando- se da manutenção como ferramenta importante para a redução de possíveis problemas nos maquinários.

Palavras-chave: Engenharia de manutenção. Planejamento. PCMO. Frigoríficos.

[6]Aluno do curso de Engenharia de Produção. E-mail: rodrigo.peixoto@brf.com
[2] Aluno do curso de Engenharia de Produção. E-mail: abner.wo97@gmail.com
3 Orientadora e docente da FEAMIG.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento da manutenção, assim entendida a técnica que busca indicar as condições em que se encontram das máquinas, utiliza-se da medição de dados e informações que podem apontar o nível de desgaste ou de degradação do maquinário e apontando o tempo, espaço e condições de intervenção no maquinário. A manutenção planejada é capaz de predizer o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que este tempo de vida seja aproveitado, ela pode evitar acidentes e contribui para a redução de custos com a recuperação, conserto ou incidentes com as máquinas expostas a ela

O objetivo desta pesquisa é analisar a eficiência de uma câmara fria de um frigorífico a partir da sua manutenção.

Segundo Slack *et. al.* (2002), os conceitos de competitividade estão claramente inseridos dentro da operação industrial, uma vez que influenciam diretamente sobre os aspectos de desempenho dos processos produtivos. Esses desempenhos dizem respeito a entregas como atendimento ao cliente, fabricação de produtos sem defeitos, manutenção dos prazos de entrega, habilidade para alterar volumes ou prazos de entrega, além de redução de desperdícios na cadeia.

A erradicação de perdas e dos custos nos processos produtivos é essencial para que as organizações se mantenham competitivas. Dessa forma, a indisponibilidade dos equipamentos e as perdas de produtividade devem ser minimizadas ao extremo, para que as indústrias produzam com flexibilidade e atendam as demandas do mercado (OLIVEIRA, 2000).

Entretanto, no setor frigorífico, quaisquer problemas com maquinário são capazes de gerar volumes expressivos de perda, com prejuízos marcantes que fazem o setor perder competitividade, já que lida com matéria frágil e facilmente perecível.

No Brasil as empresas do ramo frigorífico correspondem a cerca de 0,0008% da economia no Brasil. De acordo com o cadastro de empresas existem cinco milhões de empresas no país. Dentre as empresas, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE o setor de abate e fabricação de produtos de carne compreende em torno de quatro mil empresas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2017).

Existe uma série de problemas a ser enfrentado no ramo, tais como, problemas com manutenção do maquinário, equipamentos, freezers dentre outros, isso pode prejudicar muito o prazo de entrega dos produtos que dependem de transporte e acondicionamento refrigerado, aumentar os custos e reduzir a eficácia do serviço prestado. Diante disso, é necessário fazer uma análise interna e externa do frigorífico, buscando encontrar os problemas relacionados à engenharia de manutenção e que contribuem para a redução da produtividade.

Esta pesquisa se justifica pelo fato de que a empresa estudada busca, por meio da tecnologia dos seus processos de manutenção de forma preditiva, atender o mercado consumidor com produtos de qualidade, evitando quebras que levam a perdas e deterioração na qualidade dos produtos que comercializa, para manter-se competitiva no setor de refrigerados em Belo Horizonte. A partir de tal justificativa pode-se aqui utilizar como questão norteadora a seguinte: Qual a eficiência de uma câmara fria do frigorífico X a partir da sua manutenção?

A presente pesquisa é aplicada, já que se tratou de um estudo de caso acerca do planejamento da gestão da manutenção de câmaras frias em um frigorífico. Nesse sentido, aponta-se que a natureza desta pesquisa foi qualitativa, pois serviu para entender com profundidade e singularidade os problemas, as etapas, passos e ganhos da gestão da manutenção de câmaras frias para o setor frigorífico.

Este estudo se classifica como uma pesquisa descritiva, porque foi empregada com o objetivo de analisar descritivamente características, fenômenos, e experiências observadas no que se refere às etapas da gestão da manutenção de câmaras frias em um frigorífico. No que se refere a seus meios, foi um estudo de caso, já que buscou investigar, em profundidade, com singularidade, e *in loco* quais os principais ganhos e processos envolvidos na gestão da manutenção em um frigorífico, pelos participantes. O universo desta pesquisa é o frigorífico escolhido e a amostra foi composta pelo planejamento da gestão de manutenção em um dos setores deste frigorífico.

No que se refere aos instrumentos de coleta, esta pesquisa empregou duas etapas distintas, a saber, a observação, com a finalidade de aproximar os pesquisadores de seu objeto de estudo, durante a qual foram dados sobre as interferências e formas de se projetar a gestão da manutenção no frigorífico estudado. As visitas na empresa e análise dos dados obtidos durante o período de dezembro de 2019 a março de 2020 foram realizadas por apenas um dos autores do trabalho, por exigência da empresa em estudo.

A segunda etapa foi a análise documental, na qual os autores do trabalho percorreram documentos do frigorífico sobre como a manutenção é planejada e executada no setor de câmaras frias. As informações constantes neste trabalho foram adquiridas em manuais e placas dos equipamentos e em relatos escritos de serviços já executados no frigorífico em estudo, junto ao setor de manutenção

Já a análise de dados foi realizada pela interpretação dos dados obtidos na observação e no estudo de caso da empresa frigorífica, de forma qualitativa, portanto, a partir da análise de conteúdo em categorias e foi utilizado o software Microsoft Excel para uma melhor tabulação dos dados obtidos.

A empresa objeto de pesquisa é um frigorífico de médio porte localizado em Belo Horizonte, que conta com cerca de 20 funcionários e se dedica à conservação e comercialização de carnes e frios diversos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)

Atualmente, a função manutenção representa papel de igual importância ao da função produção, no sentido de contribuir decisivamente para atingir os objetivos traçados para o negócio. Isso significa que seu planejamento deve estar adequado aos propósitos da organização, e também deve estar comprometido no sentido de gerar lucro para a mesma. Apenas um gerenciamento eficaz da manutenção permitirá uma perfeita interligação com os objetivos e metas da empresa. No entanto, para que este nível seja alcançado, é necessário envolvimento de toda a empresa, direcionando e definindo os objetivos de manutenção de acordo com a criticidade desejada ao processo.

Segundo Souza (2008):

> Neste sentido, a função manutenção deve promover os cinco elementos básicos de competitividade propostos por Slack (1993), para poder contribuir de forma significativa para o desempenho da empresa. A gestão da função manutenção com base na qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos são, sem dúvida, desempenho, à luz de ser relacionamento com a função produção (SOUZA, 2008, p. 133).

Portanto, é possível compreender que o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é uma ferramenta de extrema importância para a competitividade das empresas, a entrega de metas, a erradicação de desperdícios e o retrabalho.

Nesse sentido, o PCM é um:

> Conjunto estratégico de ações para preparar, programar, controlar e verificar o resultado da execução das atividades da função manutenção contra valores pré-estabelecidos e adotar medidas de correções de desvios para a consecução das metas e objetivos da produção, consequentemente da missão da empresa (SOUZA, 2008, p. 34).

Entretanto, existem alguns passos que devem ser seguidos para que a implantação do PCM possa ocorrer de forma organizada, seguindo-se um protocolo, chamado de estruturação de um Sistema de Planejamento e Controle, que pode ser manual ou informatizado, de acordo com as necessidades de cada empresa, seu ramo de atuação e a velocidade de suas entregas.

2.2 Sistema industrial de refrigeração

Conforme Tipler (1995), no início do século XX, e com o surgimento da eletricidade, pequenas máquinas e motores passaram a ser movimentadas por essa forma de energia. Com esta nova fonte de energia, os técnicos buscaram meios de produzir o frio em pequena escala, na própria residência dos usuários. O primeiro refrigerador doméstico surgiu em 1913, mas sua aceitação foi mínima, tendo em vista que o mesmo era constituído de um sistema de operação manual, exigindo atenção constante, muito esforço e apresentando baixo rendimento.

Para Campos (2009), no sistema de refrigeração, apenas em 1918 é que apareceu o primeiro refrigerador automático, movido à eletricidade, e que foi fabricado pela Kelvinator Company, dos Estados Unidos. A partir de 1920, a evolução foi tremenda, com uma produção sempre crescente de refrigeradores mecânicos, cada vez mais modernos e funcionais, e com controles mais apurados.

Os sistemas de refrigeração funcionam em ciclos, no primeiro deles, o fluído refrigerante passa por uma série de processos termodinâmicos em diferentes componentes do sistema de refrigeração: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão. O evaporador é um trocador de calor que permite a troca térmica entre o fluído refrigerante e o ambiente refrigerado. Nele, ocorre a evaporação do fluído refrigerante, sendo que o fluído na fase gasosa é superaquecido e conduzido ao compressor, este superaquecimento acontece para garantir que não haja fluído refrigerante na fase líquida no compressor. Após passar pelo compressor, o fluído segue para o condensador, que troca calor com o meio externo do sistema, resultando na condensação do fluído refrigerante. Importante lembrar que a condensação é possível devido ao aumento da pressão. Já na saída do condensador há o

sub resfriamento, etapa na qual 100% do fluído que vai para a válvula de expansão se encontra na fase líquida (SILVA, 2014).

Após esse processo, esse fluído dirige-se ao dispositivo de expansão, onde ocorre a redução de sua pressão. Desta maneira, o fluido retorna ao evaporador, completando o ciclo de refrigeração.

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Mapeamento do processo de manutenção no setor de câmaras frias do Frigorífico X

O primeiro passo durante o trabalho de campo foi identificar como ocorria a manutenção no frigorífico. Para tanto, foi elaborado o organograma da manutenção, como disposto na Figura 1, a partir das informações cedidas pelo Frigorífico X. A gestão da manutenção no frigorífico estudado inclui duas frentes de trabalho, sendo a primeira com as atividades próprias do gerenciamento da manutenção. Nesta frente de trabalho estão incluídos o planejamento da manutenção, elaboração de um orçamento que atendas as necessidades da manutenção, a solicitação de compras das peças e materiais e a elaboração de contramedidas para falhas e melhorias.

Na segunda frente de trabalho que é a execução da manutenção propriamente dita, estão incluídas as tarefas de execução consistem na execução das tarefas planejadas, com a quantidade de pessoal necessário, dentro do cronograma e com a qualidade requerida. Para uma boa execução, é necessário conhecimento técnico específico de montagem, soldagem, operações de levantamento e transporte, elétrica, mecânica, hidráulica, pneumática, dentre outros

Consultando o Procedimento Operacional Padrão do setor pode-se observar que a manutenção ocorre por meio de um encadeamento de procedimentos. Esses processos têm início a partir da Solicitação de Ordem de Serviço (SOS), conforme a seguir:

Figura 1 – Etapas da manutenção

Fonte: Os autores (2020).

A Figura 1 mostra que o setor de engenharia de manutenção funciona da seguinte forma:

1 = A manutenção é iniciada após a quebra do componente, quando há a solicitação da ordem de serviço para o responsável pela manutenção do equipamento;

2 = Após essa ordem há o lançamento dessa ordem de serviço no sistema de gestão da manutenção utilizado atualmente, que é um sistema manual;

3 = Assim há abertura da ordem de serviço,

4 = Após a abertura da ordem de serviço a mesma é enviada para os trabalhadores diretos da manutenção, juntamente com a liberação para realização do serviço;

5= Neste ponto, os trabalhadores executam o serviço de manutenção e encerram o procedimento.

No frigorífico em estudo foi possível identificar como funciona o setor de manutenção. Ele é responsável por efetuar reparos e conservações nos equipamentos e instalações do frigorífico, as manutenções são ordenadas de acordo com programação prévia, a partir da emissão de uma ordem de serviço.

O sistema utilizado para gestão de manutenção atual é o SAP, o setor de manutenção é composto por 15 funcionários no geral. Deste total, 12 trabalham na manutenção das câmaras frias de forma preventiva, preditiva, corretiva e lubrificação, as mesmas são câmaras a gás refrigerante que utilizam FREON R404A. As principais metas do setor são: demanda de energia elétrica; Eficiência de temperatura das câmaras frigoríficas sendo 7

câmaras de congelados

Estes componentes são submetidos a manutenção em serviços elétricos: nessa manutenção, os colaboradores responsáveis pelos setores e insumos elétricos realizam diferentes tarefas relacionadas a manutenção elétrica, como por exemplo, a manutenção nas instalações elétricas, instalação e conservação de interruptores, tomadas, iluminação, cabeamento, alguns tipos de motores elétricos, ligações, terminais, cabeamento, instalação e conservação de painéis elétricos, botoeiras, chaves de acionamento; instalação e substituição de contatores elétricos utilizados no acionamento de máquinas e motores.

A manutenção elétrica é importante para evitar curtos, quedas de energia, falta de iluminação, quebra de cabeamentos, além de substituir componentes mais antigos por outros mais modernos, capazes de reduzir o consumo elétrico e eficiência energética do maquinário.

- Serviços mecânicos: já os serviços de manutenção mecânica servem para que os profissionais realizem tarefas diretamente ligadas aos componentes como as câmaras frigoríficas, no que diz respeito à sua manutenção mecânica. Entre estes serviços estão os de soldagem, com soldas para reparos em guias e chapas metálicas; a manutenção de tornearia, com serviços de usinagem e reparos de pequenas peças utilizadas na fábrica como eixos e polias; manutenção em tubulações, destinados a eliminar de vazamentos em tubulações de vapor, ar e água; manutenção para substituição de peças como rolamentos, mancais, engrenagens, correias, correntes; manutenção de lubrificações, voltada para lubrificações em peças mecânicas para reduzir o atrito de peças móveis e evitar o desgaste e superaquecimento dos equipamentos. Máquinas mecânicas, manutenção nos elevadores, esteiras e outras máquinas em geral.

Nota-se, que o processo possui diversas etapas e só tem início quando o dano já está instalado no maquinário, o que desencadeia a parada nos processos de envase e resfriamento. Essas paradas influenciam na redução da capacidade resfriamento, além de acarretar a perda de mercadoria pela pausa no resfriamento, o que a torna imprópria para consumo, ocasionando dessa forma prejuízos para a empresa.

3.2 Principais maquinários manutenidos no processo de produção do frigorífico

Para a realização deste estudo, também foi importante identificar os maquinários a serem submetidos ao plano de manutenção, aqueles que são mais importantes e que

compreendem as maiores perdas quando ficam parados em virtude de quebras inesperadas. Também são esses maquinários os responsáveis pelos maiores gastos energéticos, que influenciam nos custos do frigorífico.

Estes maquinários são, respectivamente, as câmaras frias que são indispensáveis para a manutenção dos produtos, atividade fim do frigorífico, ilustrada na Figura 2, mais respectivamente o gerador de energia, que mantém as câmaras ligadas em casos de falta de energia elétrica, ilustradas na Figura 3.

Segundo Silva; Antunes (2014), as câmaras frias são indispensáveis nos setores de envase e empacotamento nos frigoríficos. Isto porque, são elas as responsáveis pela manutenção da temperatura dos produtos e, consequentemente, sua qualidade final. Esse maquinário é uma ferramenta utilizada para otimizar o armazenamento de produtos por meio de sua refrigeração (temperatura entre 0°C e 4°C) ou congelamento (temperaturas abaixo de 0°C até -18°C). Quando funciona corretamente, isto é, a partir de baixas temperaturas, ela é responsável pela manutenção da qualidade dos produtos envasados e empacotados até que eles sejam remanejados.

Figura 2 – Câmaras frias

Fonte: O autores (2020).

Figura 3 – Gerador de energia

Fonte: Os autores (2020).

Também foi elaborado o mapeamento do conjunto de câmaras do Frigorífico X, que estão dimensionadas da seguinte forma no Quadro 1:

Quadro 1: Mapeamento do conjunto de câmaras do Frigorífico X

Câmara 1	Câmara 2
Comprimento: 1.512 m	Comprimento: 1.512 m
Altura: 2,63 m	Altura: 2,63 m
Largura: 3,10 m	Largura: 3,10 m
Área da porta: 1,70 m^2	Área da porta: 1,70 m^2

Fonte: Os autores (2020).

Até o ano de 2017 a empresa adotava a modalidade de manutenção corretiva não planejada em todos os seus setores, como também nas câmaras frias. Esse tipo de manutenção deixou de ser empregado porque acarretava paradas de máquinas e perdas durante o processo produtivo.

Para a adoção dessa medida, com um novo planejamento de manutenção foi feito um levantamento do tipo de efeito de cada falha das câmaras *firasn*. As classificações foram selecionadas classificadas como:

(A) – Problema na qualidade dos alimentos;

(B)– Problema de integridade ambiental;

(C) – Parada forçada do maquinário (ocasionando perda de produtos e atraso em entregas);

(E) – Problema econômico insignificante;

(F) – Falha oculta.

Assim, a partir da identificação dessas perdas, a empresa passou a adotar a manutenção preventiva, organizada em determinados espaços de tempo a fim de reduzir o tempo de parada, bem como cada uma das situações classificadas acima, e a ocorrência das perdas.

O frigorífico também optou por essa modalidade de manutenção por ser mais simples, apresentar um custo baixo e suprir a maioria das necessidades do setor no frigorífico, como também se enquadrar nos objetivos, metas e controles da empresa estudada. Entretanto, de acordo com Hornburg (2018), a manutenção precisa evoluir conforme evoluem os processos e as tecnologias no setor.

3.3 Volume das perdas existentes no setor devido as falhas existentes

O próximo passo foi identificar as perdas devidas às falhas do planejamento atual de gestão da manutenção e identificar os possíveis gargalos, especialmente no que se refere a eficiência energética e aos tempos de parada. As perdas foram identificadas através do

levantamento feito de cada falha das câmaras onde observou-se a necessidade do planejamento de manutenção.

As principais perdas, devido a falhas em razão do tipo de manutenção conforme é realizado na empresa atualmente serão apresentadas no Quadro 2.

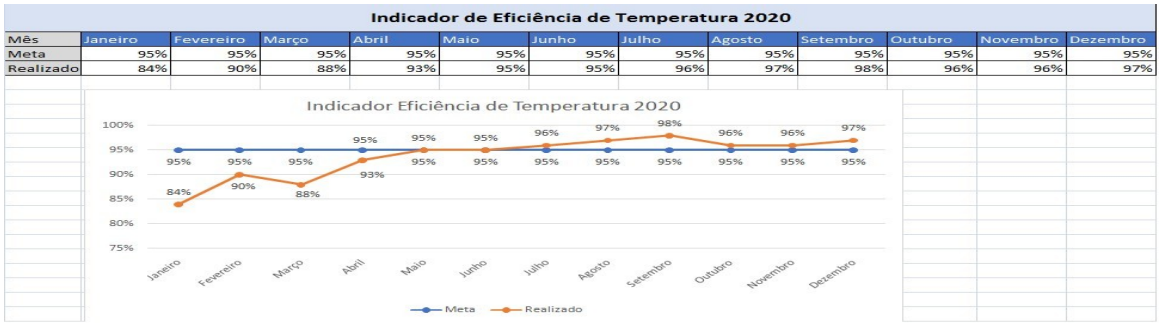
Quadro 2 – Perdas e não conformidades identificadas no Frigorífico X

Perdas	Causa / não conformidade
Desperdício de produto	Devido a vazamentos e acúmulo após transporte dos produtos
Super congelamento dos produtos	Antes mesmo que irem para a câmara fria, as embalagens já possuem flocos, desregulam o limite térmico das câmaras
Grande perda de produto por perda do frio ao abrir as portas das câmaras	Sem condições financeiras para fechamento automático.
Perda por falta de controle da temperatura	Câmara no decorrer do dia aberta inúmeras vezes e sem critério.
Produtos atingindo ponto de congelamento com longo tempo	Descongelamento da câmara com causas a especificar

Fonte: Os autores (2020).

Os dados observados no Quadro 2 mostram a necessidade de aplicação de manutenção preditiva, em que se deve realizar pequenos reparos e a limpeza do local, de forma preditiva, pré-marcada, evitando dessa forma o número de manutenções corretivas e havendo mais tempo para realizar manutenções que teriam maior impacto positivo sobre a disponibilidade do equipamento e melhor resfriamento dos produtos e, como consequência, sobre a produção.

Gráfico 1: Indicador de eficiência de temperatura 2020



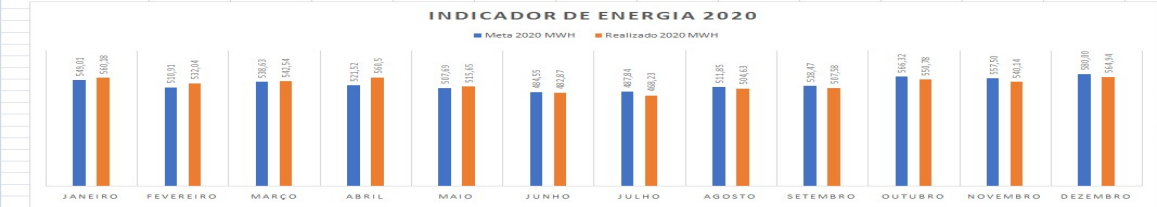
Indicador de Eficiência de Temperatura 2020												
Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Meta	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Realizado	84%	90%	88%	93%	95%	95%	96%	97%	98%	96%	96%	97%

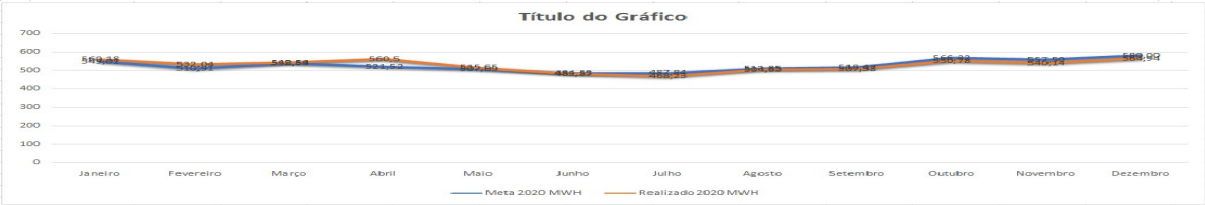
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O Gráfico 1 demonstra os indicadores de eficiência do ambiente analisado, expondo os indicadores e suas curvas de aumento e/ou declínio conforme os meses do ano. Dessa forma, observa-se que os meses de setembro e dezembro foram os meses com os melhores índices de eficiência.

Gráfico 2: Indicador de energia do ano de 2020

Indicador de Energia 2020													
Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Meta 2020 MWH	549,01	510,91	538,63	521,52	507,69	484,55	487,84	511,85	518,47	566,32	557,50	580,00	6334,29
Realizado 2020 MWH	560,18	532,04	542,54	560,5	515,65	482,87	468,23	504,63	507,58	550,78	540,14	564,94	6330,08





Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Já no Gráfico 2 observa-se os indicadores de energia, demonstrando os meses de outubro e dezembro como sendo os mais eficientes. Dessa forma, acredita-se, analisando os gráficos acima que são problemas que podem ser facilmente resolvidos, como a perda de resfriamento por mau uso das câmaras frias, que levam à perda de produtos e, consequentemente, menor capacidade produtiva e de escoamento.

Assim, conclui-se que o planejamento correto da manutenção das máquinas em frigoríficos de médio porte, como o estudado, pode propiciar benefícios para as câmaras frias, tendo como estudo de caso, os dados não são generalizáveis. Entre estes benefícios estão o fato de que as manutenções preventivas programadas, quando aplicadas nas máquinas, não impactam na produção comercial, que pode ter continuidade e alcançar melhores índices.

Outro benefício percebido é que os trabalhadores do setor de manutenção podem ter mais contato com o maquinário, assim, ficam mais familiarizados com o comportamento desse maquinário e capazes de analisar com maior critério as possíveis folgas, desgastes, vazamentos, ruídos, odores estranhos apresentados por estas máquinas, além da frequência da execução das manutenções preventivas programadas durante o período de refrigeração, fazendo com que as máquinas falhem ou quebrem cada vez menos. Também é possível que os índices menores de falhas ou quebras propiciam melhores índices de eficiência e produtividade para a linha de empacotamento, e o custo para a implementação é baixo, e há ganho financeiro, mesmo com um acréscimo moderado no percentual de eficiência produtiva.

3.4 Melhorias para o setor de câmaras frias do Frigorífico X

Algumas sugestões foram expostas ao Frigorífico X com a finalidade de redução das

paradas dos maquinários e uma melhoria ainda maior na gestão da manutenção dos mesmos, são elas conforme o Quadro 3:

Quadro 3: Sugestões

a) Revisar procedimento de manutenção buscando a excelência no serviço
b) Divulgar o procedimento *on line* para todos os empregados
c) Realizar campanha para divulgar a manutenção de forma proativa, divulgando o formulário de registro
d) Treinar todos os envolvidos no procedimento atualizado
e) Treinamento constante aos funcionários envolvidos com a gestão da manutenção
f) Definir responsabilidades aos integrantes da comissão
g) Definir ações ao processo de investigação e análise de manutenção
h) Prover recursos e estabelecer prioridades
i) Padronização do procedimento, tornando-o um processo mais enxuto e de fácil compreensão pelos técnicos
j) Verificar melhores maneiras de realização das atividades, sendo descrito passo a passo para melhor compreensão de todos

Fonte: Os autores (2020).

Outras medidas também foram propostas para melhorias do frigorífico em estudo, como algum *software* para controle das manutenções, o que significa uma informatização dos processos com maior segurança nas informações. O uso de *softwares* de manutenção ainda apresenta benefícios como o armazenamento do histórico das máquinas, facilidade no manuseio e gestão dos dados e informações, cálculo e gestão dos indicadores de manutenção. Estes *softwares* ainda apresentam baixo custo, sendo alguns gratuitos, uma forma de melhoria sem que haja custos adicionais para o frigorífico em estudo.

Outra recomendação é contratar um profissional com formação específica para conduzir o PCMO. Além disso, o frigorífico pode, ainda, organizar o regime de operação para três turnos diários de trabalho, diferentemente dos dois turnos adotados hoje. Isto porque, quanto menor o número de trabalhadores que manuseiam os equipamentos, menor será a probabilidade de problemas operacionais. Também se faz necessário à elaboração de um setor específico para a Engenharia de Manutenção, que será onde todas as demandas da manutenção se iniciarão e terminarão.

Por fim, como se verá adiante, nos Quadros 4 e 5, essas manutenções devem ser realizadas no período máximo de 6 (seis) meses de intervalo, sendo que as manutenções preventivas devem ser programadas de intervalos de três horas. Ainda se orienta ao

frigorífico, executar essas intervenções por 2 (dois) dias consecutivos, utilizando o horário das 17h as 8h. Esta orientação busca reduzir os impactos nos índices de produtividade, medidos pelo empacotamento de produtos, além de buscar manter o maquinário em condições de operação.

Por fim, é preciso ainda implantar indicadores de desempenho da manutenção para medir a eficiência do PCMO e do setor de manutenção do maquinário do frigorífico. O modelo atual, com os índices de produtividade, os tempos de parada, e os intervalos das manutenções estão descritos no Quadro 4. Enquanto no Quadro 5 estão descritas outras.

Quadro 4: Modelo atual

Dia	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado	
Período	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 5:00 23:59 23:59	
Tempo	**24 h**	**24 h**	**24 h**	**24 h**	**24 h**	**5 h**	**19h**
Produção	0	0	0	0	0	0 125.000	

Fonte: Dados da empresa (2020).

Quadro 5: Modelo sugerido

Dia	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira		Quinta-feira			Sexta-feira	Sábado		
Período	00:00 23:59	00:00 23:59	00:00 05:00 05:00 23:59		00:00 16:00 21:00 16:00 21:00 23:59			00:00 23:59	00:00 08:00 08:00 13:00 13:00 23:59		
Tempo	**24 h**	**24 h**	**5h**	**19h**	**16h**	**5h**	**3h**	**24 h**	**5 h**	**5h**	**11 h**
Produção	0	0	0 125.000		105.00 0 25.000			125.000	55.00 0 70.00		

Fonte: Dados da empresa (2020).

Como mostra o Quadro 6, atualmente o plano de manutenção envolve o trabalho entre 8h e 17h e a parada de 5 dias, isso totaliza 120 horas sem operação. Há somente 19 horas de produção, com 125.000 empacotamentos, por período semanal. Já no Quadro 7, está ilustrado o modelo que se propõe para ser adotado, com turnos de trabalho de 12 horas, quando a parada pode ser de 2 dias, totalizando apenas 48 horas sem operação e 81 horas de produção, o que geraria quase três vezes mais empacotamentos por semana.

Dessa forma, é de suma importância que o Frigorífico X juntamente com seus colaboradores, busquem juntos cada vez mais a excelência na gestão de manutenção, visto a necessidade de preservação dos maquinários e a lucratividade da empresa. Com o procedi-

mento padronizado para as atividades de manutenção exercidas, é mais fácil a análise e apontamento de melhorias futuras.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo percebe-se que os processos de manutenção são de total relevância para as empresas, visto que os mesmos têm aumentado nos últimos tempos devido à complexidade crescente dos sistemas e às duras implicações decorrentes de eventuais falhas. Sabe-se que existe uma necessidade por sistemas mais confiáveis, onde a mesma insere-se em um contexto de interesses conflitantes que envolvem a minimização de gastos e o aumento da lucratividade da empresa. Com as inovações impostas pela tecnologia, procedimentos geralmente executados e controlados de forma manual passam a ser processado pelos computadores, que hoje são uma poderosa ferramenta de trabalho indispensável no seu dia a dia.

A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor custo. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade. Para atingir a meta de qualidade do produto, a manutenção do maquinário deve ser aplicada com maior rigor, ou seja, máquinas deficientes X máquinas eficientes; abastecimento deficiente X abastecimento otimizado. Dessa forma, o aumento de produção de uma empresa se resume em atender à demanda crescente do mercado.

Entende-se que indicadores são importantes para o auxílio na gestão da manutenção no Frigorífico X, tendo em vista que podem fornecer informações importantes para a implementação de ações corretivas, preventivas e preditivas nos sistemas do frigorífico estudado.

Assim, conclui-se que, o processo manutenção no Frigorífico X trouxe o aumento da vida útil dos equipamentos. Assim, a manutenção preventiva trouxe a redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, eliminando os problemas nos maquinários antes mesmo que eles ocorram utilizando-se da manutenção como ferramenta importante para a redução de possíveis problemas nos maquinários.

Acredita-se que outros estudos devem ser realizados futuramente com a finalidade de melhor entender a dinâmica da manutenção e a implementação da gestão da manutenção.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Ricardo A. S. **Refrigeração e climatização**. Belém, 2009.

HORBURG. **Manual de manutenção em Frigoríficos**. 2018. Disponível em http://

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas do Cadastro Central de Empresas.** 2017. Disponível em:https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9016-estatisticas-do-cadastro- central-de-empresas.html. Acesso em abril de 2020.

OLIVEIRA, Rodrigo J. *et al*. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

SILVA, Diogo Anselmini da; ANTUNES, Marcos Vinicius. **Proposta de implantação da manutenção preventiva em um supermercado do oeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

SLACK, Nigel *et al*. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP):** Uma abordagem Analítica. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. 2008.

TIPLER, Paul A. **Física para cientistas e engenheiros**: Volume 2 Gravitação, ondas e termodinâmica. 3. ed. Rio de Janeiro, Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1995.

SISTEMA DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE: ERROS RELACIONADOS AO EFEITO DO MULTICAMINHAMENTO

Fábio Cristian Davi[7]
Evandro de Castro Gomide[8]

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo geral expor a dinâmica e as principais causas de um dos erros de propagação de sinal, dito multicaminhamento, além de apresentar métodos de quantificação deste fenômeno indesejado em arquivos de dados coletados durante a operação com receptores GNSS, a fim de analisar se este efeito afeta, ou não, os bons resultados na obtenção de coordenadas. Em função da pandemia do COVID-19 que restringiu a coleta de dados em campo, optou-se por utilizar os arquivos GNSS, disponibilizados no site oficial do IBGE, mais precisamente, das 14 estações da RBMC do Estado de MG com observações na data de 31 de julho de 2020, juntamente com seus respectivos relatórios descritivos de coordenadas oficiais do mesmo ano. Todas as estações escolhidas foram processadas no PPP do IBGE, em um intervalo escolhido de 4 horas. A subtração dos resultados das coordenadas UTM corrigidas com os resultados das coordenadas UTM oficiais, teve como resultado a acurácia das coordenadas das estações em questão. Já os valores, disponibilizados em números, do multicaminhamento, foram obtidos com o uso do *software* TEQC da UNAVCO. Com todos os dados em mãos, gráficos de comparação foram elaborados, facilitando a análise do efeito do multicaminhamento sobre a acurácia das coordenadas das 14 estações escolhidas. Baseado nos dados obtidos e na metodologia aplicada, o resultado deste experimento demonstrou não ser possível constatar a influência do efeito do multicaminhamento sobre a acurácia, ou mesmo sobre a precisão, nas coordenadas coletadas.

Palavras-chave: GNSS. Multicaminhamento. Coordenadas. TEQC. Erros.

[7] Graduando em Engenharia de Agrimensura – FEAMIG – E-mail: davi.cfabio@gmail.com
[8] Engenheiro Agrimensor; Especialista em Georreferenciamento de Imóveis Rurais; Docente da FEAMIG

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Navegação Global por Satélite ou "*Global Navigation Satellite System"* (GNSS) é o método mais avançado de posicionamento e navegação da atualidade. A informática, a indústria eletrônica e a revolução digital foram os principais responsáveis por seu desenvolvimento (ANDRADE, 1998).

Satélites GNSS possuem excelentes resultados na obtenção de coordenadas, porém erros sistemáticos deste método são comuns, sejam eles relacionados com os próprios satélites, com os receptores, com os sinais emitidos, entre outros (BUENO, 2010).

É exatamente sobre um desses erros sistemáticos, conhecido como "multicaminhamento", que esta pesquisa está centrada. A grosso modo, o multicaminhamento é um efeito provocado por sinais de radiofrequência emitido pelos satélites e refletidos em uma ou mais superfícies antes de atingir a antena de um receptor GNSS. Este erro é, teoricamente grave, pois interfere na medição da distância, uma das principais variáveis para o estabelecimento de uma coordenada na Terra, principalmente em trabalhos de engenharia, que exigem, na maioria das vezes, locações e levantamentos centimétricos (MONICO, 2008).

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é tratar sobre um dos principais erros de propagação de sinais emitido por satélites GNSS – dito multicaminhamento. Busca-se aqui expor a dinâmica de como esse erro ocorre e também apresentar métodos de quantificação deste efeito (com o uso do *software* TEQC da UNAVCO) em arquivos de dados coletados durante a operação com receptores GNSS, a fim de analisar se o multicaminhamento afeta, ou não, os bons resultados na obtenção de coordenadas na superfície terrestre.

2 O SISTEMA DE NAVEGAÇÃO GLOBAL POR SATÉLITE

O GNSS aperfeiçoou o processo de navegação e posicionamento de um objeto no espaço ao obter ganhos de custo e tempo além de aumentar extraordinariamente a precisão e a acurácia na determinação de coordenadas (MONICO, 2008).

O segmento espacial do GNSS é composto por satélites artificiais, definidos como naves espaciais fabricadas pelo homem e enviadas para o espaço, sendo então capazes de orbitar a Terra (INPE, 2011). GNSS é o nome atribuído ao conjunto de várias constelações de satélites artificiais, oriundos de vários países, a exemplo do precursor sistema GPS (estadunidense), seguido pelo GLONASS (russo), GALILEO (europeu), entre outras

(SEEBER, 2003).

Segundo o IBGE (2020), o GNSS possibilita o posicionamento em tempo real de objetos, resultando em diversas aplicações, como mapeamentos topográficos e geodésicos. É um sistema de navegação baseado em coordenadas tridimensionais, obtidas em tempo real a partir de pontos situados sobre a superfície da Terra (PARZZANINI, 2019). A função dos satélites GNSS é basicamente transmitir dados. Isto é feito medindo-se a distância entre o receptor e vários satélites. Como as coordenadas dos satélites são conhecidas, é possível determinar a posição de uma estação na terra, no ar ou no mar (TV UNESP, 2017).

O GNSS também contempla o segmento de controle ou estações espalhadas na superfície do planeta que realizam atualizações periódicas das mensagens de navegações, além também, do segmento de usuários, ou receptores responsáveis por captar e processar os sinais emitidos pelos satélites (VAZ, 2015; LANGENDOLFF e PELLEGRINI, 2008). Este último vai além dos receptores, incluindo programas de processamento, métodos e técnicas de levantamento (OLIVEIRA, 2011). Dentre alguns tipos de posicionamento previstos no "Manual Técnico de Posicionamento para Georreferenciamento de Imóveis Rurais" (INCRA), destacam-se os posicionamentos relativos: estático, cinemático, RTK convencional, DGPS e PPP ou Posicionamento por Ponto Preciso (que será usado aqui), entre outros (INCRA, 2013).

Os sinais emitidos de satélites para receptores são feitos por ondas de rádio e propagam-se no vácuo na velocidade da luz (HELERBROCK, s/d). O GPS, por exemplo, possui 24 satélites (mínimos para se obter uma cobertura global) que transmitem estes sinais de rádio (ondas eletromagnéticas) com informações de seu posicionamento orbital, vinculados a um referencial geodésico e também ao tempo cronometrado por um relógio atômico em cada satélite. Estes últimos são necessariamente postos em diferentes órbitas distribuídas ao redor do planeta, que possibilitam uma cobertura global. Este arranjo possibilita que um receptor GPS na Terra receba dados, no mínimo, de quatro satélites diferentes. Os dados obtidos possibilitam o cálculo da posição de um receptor locado na Terra (ZANOTTA, *et al*, 2011).

A estrutura dos sinais da constelação GPS tem como base uma frequência de 10,23 MHz, gerados pelo relógio atômico (PARZZANINI, 2019). Os satélites transmitem diversas frequências, com destaque para as duas mais usadas em trabalhos de topografia e agrimensura: a **L1**, equivalente a um comprimento de onda de ≅ 19,0425 cm; e a **L2**, equivalente a um comprimento de onda de ≅ 24,4374 cm. A banda L1 carrega dois códigos: "*Coarse/Acquisition*" (C/A), menos preciso, e o código (P), que é mais preciso (MOLIN,

2010). Já a banda L2 possui apenas o código P (PEREIRA, 2010). Alguns padrões de frequência, além de outras diferenças, variam em cada constelação GNSS, contudo a base de funcionamento deste método é basicamente a mesma para todas.

Os dados observados no método GNSS são deduzidos a partir da medição do tempo de percurso ou da diferença de fase entre os sinais recebidos dos satélites e os gerados pelos receptores. Esses dados são conhecidos como “observáveis GNSS” e os dois principais são a “pseudodistância” e a “fase da onda portadora” (SEGANTINE, 2005 *apud* SILVEIRA, 2008).

A pseudodistância é a distância calculada com base no tempo de trânsito do sinal entre o receptor e o satélite, e é identificada como a medida do código, em razão do processo de correlação do código utilizado na realização da medida, que, por sua vez, fica na ordem métrica, insuficiente para trabalhos muito precisos (PARZZANINI, 2019; MONICO, 2011).

Para se obter um posicionamento com precisão centimétrica, a observável fundamental é a “fase da onda portadora”, que permite que a distância seja determinada através da contagem do número de ciclos existente entre o satélite e o receptor (MONICO, 2008). A onda portadora é caracterizada por três variáveis: amplitude, frequência e fase, e é exatamente esta sequência que compõe um ciclo. Já a modulação, é a modificação de uma onda portadora, antes de ser irradiada, feito de modo que as informações ou dados possam ser transportados. Ao modelar as diferenças de fase, obtém-se a ambiguidade inteira, que é o número inteiro de comprimento da onda entre o satélite e o receptor. Contudo, a distância exata entre o satélite e o receptor nem sempre terá um número inteiro de comprimento de onda, podendo existir uma fração desta medida determinada por meio da diferença de fase. Ao adicionar o número inteiro à fração de comprimento de onda e multiplicar esta soma pelo respectivo comprimento de onda da portadora, é possível determinar a distância verdadeira entre o receptor e o satélite a cada instante (FIGUEIRÊDO, 2005; VAZ, 2015). A Figura 1 é uma representação do sinal da fase da onda portadora, onde N é a ambiguidade

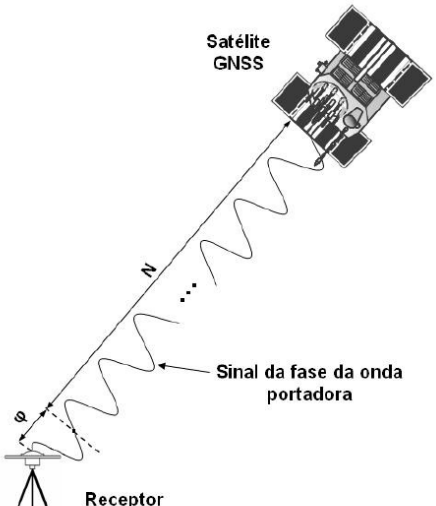


Figura 1 – Fase da onda portadora.
Fonte: MONICO (2008)

Todas as constelações GNSS sofrem erros sistemáticos que podem interferir no resultado do posicionamento (PEREIRA, 2010). Tais erros estão relacionados as duas observáveis já mencionadas: a pseudodistância e a fase da onda portadora (MONICO, 2008).

Dentre algumas das várias fontes conhecidas responsáveis por erros sistemáticos do GNSS, pode-se citar: os satélites, que geram erros da órbita, do relógio, entre outros; os receptores, que geram atrasos entre as duas portadoras em seu hardware, erros relacionados ao centro de fase da antena, entre outros (MONICO, 2008). Todavia, destaca-se aqui, o multicaminhamento, que é um erro na "propagação dos sinais" entre satélites e receptores.

As distâncias medidas pelas observáveis podem ser afetadas caso os sinais sejam distorcidos ao serem emitidos. Este efeito é um erro resultante da reflexão do sinal em obstáculos como montanhas, prédios, árvores ou espelhos d'água, causando um aumento do tempo de deslocamento entre satélite e receptor e, consequentemente, valores falsos para as distâncias calculadas (ZANOTTA *et al*, 2011). Como o sinal leva mais tempo para alcançar o receptor, este último "entende" que o satélite está a uma distância maior do que na realidade, gerando o efeito do multicaminhamento, ilustrado na Figura 2 (PERONI, 2004).

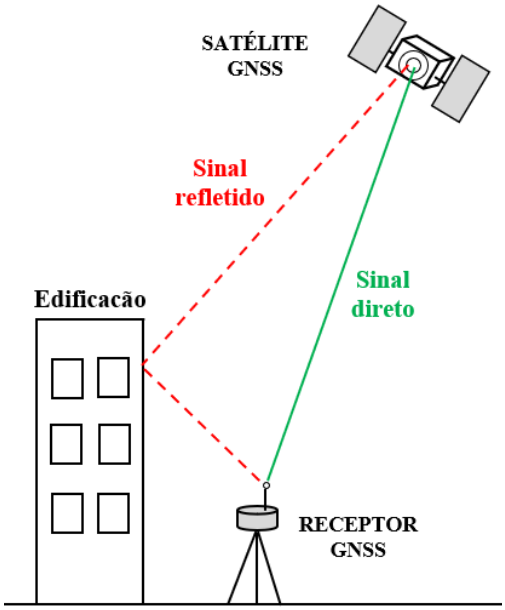


Figura 2 – Exemplo da ocorrência do multicaminhamento.
Fonte: Adaptado de NOVATEL (2015).

O multicaminhamento é, de acordo com Leick (1995 *apud* PEREIRA, 2010) o principal erro a ser considerado no posicionamento GNSS. De modo geral, não há um modelo para tratar este efeito, pois as situações geométricas dos diferentes locais variam de forma arbitrária. As práticas de atenuação do multicaminhamento vão desde o aumento de tempo de coleta dos dados até o uso de antenas específicas e, quando possível, evita-se posicionar o receptor próximo a edificações ou estruturas físicas (LANGENDOLFF e PELLEGRINI, 2008).

Muito embora o efeito do multicaminhamento seja difícil de ser tratado, seu efeito pode ser quantificado pelo *software* TEQC, projetado pela UNAVCO (Consórcio-Universidade), voltado para a tradução, edição e verificação de dados GNSS. O TEQC e seu tutorial de uso e noções básicas, estão disponíveis no site da UNAVCO (UNAVCO, 2019; UNAVCO; 2014). Esta prática de quantificação é, aparentemente, pouco difundida, porém útil para a análise da qualidade de alguns trabalhos de posicionamento, como, por exemplo, homologar um marco geodésico oficial de referência, a exemplo das estações da RBMC do IBGE.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Os dados utilizados neste experimento foram adquiridos no site do IBGE por meio de *download* das estações da RBMC do Estado de MG, que oferecem dados de rastreio idênticos aos que poderiam ser coletados em campo – sem nenhum prejuízo para este experimento.

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) é “o conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS, que proporcionam, uma vez por dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas” (IBGE, 2021, s/p.). A escolha dessas estações foi feita pelo download do “cartograma”, no campo “Geociências”, no site do IBGE, que contém mapas do Brasil mostrando as redes de estações ativas de um determinado ano. Ao abrir o mapa do ano que se deseja, pode-se verificar e anotar as estações ativas de um determinado Estado ou região do Brasil. Assim, foram escolhidas 14 estações do Estado de MG na data 31 de julho de 2020.

Feito o recorte e decidido a data, obteve-se os “dados” no próprio site do IBGE ao se fazer o *download* dos arquivos zipados (.zip) da pasta do dia “213” (referente ao dia 31 de

julho de 2020) de cada uma das estações de MG escolhidas no cartograma do ano de 2020: GVA1; JAMG; MGBH; MGIN; MGJF; MGJP; MGMC; MGMT; MGRP; MGTO; MGUB; MGV1; UBE1 e VICO. Ao descompactar esses arquivos, obteve-se os dados de observação e navegação GNSS, propriamente ditos, com várias extensões ("n", "l", "g", "d", entre outros). Por exemplo, "d" é o arquivo compactado conhecido como HATANAKA e "n" possui dados transmitidos das órbitas GPS (PARZZANINI, 2019). Estes dados são similares aos arquivos que teriam sido coletados em campo, observando que, em ambas as situações, usam-se, normalmente, receptores GNSS de duas frequências.

O arquivo RINEX, ou arquivo de observação com a extensão "o", que proporciona que os dados das observáveis sejam lidos e processados em qualquer *software* de processamento, incluindo o TEQC, foi necessariamente gerado com a ajuda do *software* "crx2rnx" – que também pode ser encontrado e "baixado" no site da UNAVCO.

Assim, gerou-se um arquivo RINEX para cada uma das 14 estações da RBMC. Ao abrir cada um destes arquivos individualmente, por exemplo, no *WordPad*, pode-se ler informações importantes no cabeçalho inicial da primeira página, como o tipo do receptor usado, a altura que o mesmo foi estabelecido, a hora em que a primeira observação começou a ser gravada, o ano, o mês e o dia do rastreio, entre outros. Nota-se que todos os arquivos do tipo RINEX gerados para cada uma das estações, possuem 24 horas de observações.

Contudo, este trabalho de pesquisa está voltado para as práticas da Agrimensura, onde marcos geodésicos de referência são normalmente estabelecidos em campo com o rastreio de 4 horas, segundo precisões esperadas em metros para um levantamento estático para receptores de duas frequências (padrão que pode ser verificado nos Relatórios de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE). Deste modo, foi escolhido, para cada uma das 14 estações, um intervalo de 4 horas de rastreio, ou seja, foram criados novos arquivos RINEX, menores que os arquivos originais de 24 horas, com início às 8h e fim às 12 horas. Para maiores detalhes de como estabelecer um intervalo em arquivos RINEX, verificar o "tutorial de uso e noções básicas do TEQC", disponível no site da UNAVCO (UNAVCO, 2014).

Assim, todos os arquivos RINEX dentro do intervalo estabelecido de 4 horas foram processados, individualmente, no PPP[9] do IBGE a fim de comparar os resultados obtidos das coordenadas UTM (Norte, Este e altitude), com os resultados das mesmas coordenadas

[9] O "Posicionamento por Ponto Preciso" do IBGE é um serviço online gratuito para pós-processamento de dados GNSS e permite aos usuários com receptores GNSS obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS 2000 (IBGE, 2021).

oficiais UTM (Norte, Este e altitude) dos relatórios descritivos, também emitido pelo IBGE, de cada uma destas estações. Ambos os relatórios são disponibilizados em um documento *PDF*. A diferença dessas duas coordenadas UTM obtidas em cada um desses relatórios tem como resultado o valor da acurácia.

Assim, o Quadro 1 a seguir mostra os valores das acurácias obtidas de cada uma das 14 estações da RBMC do Estado de MG, isto é, mostra o resultado das diferenças das coordenadas UTM oficiais (Norte, Este e altitude) dos relatórios descritivos menos as coordenadas UTM (Norte, Este e altitude) dos arquivos de 31 de julho de 2020 com intervalo de 4 horas, que foram processados e corrigidos pelo PPP do IBGE.

DIFERENÇAS			
Descritivo - Em 2000.4			
Marcos	UTM N (m)	UTM E (m)	Alt.Geo.(m)
GVA1	0,005	0,025	-0,011
JAMG	-0,011	0,019	-0,030
MGBH	0,001	-0,002	0,005
MGIN	-0,027	0,018	0,010
MGJF	-0,007	0,015	0,007
MGJP	-0,006	0,010	0,034
MGMC	-0,020	0,017	-0,026
MGMT	-0,028	0,017	-0,021
MGRP	-0,019	0,015	-0,015
MGTO	-0,005	0,025	0,006
MGUB	-0,029	0,006	-0,009
MGV1	-0,021	0,015	-0,008
UBE1	-0,021	0,011	-0,005
VICO	0,004	0,027	0,005

Quadro 1 – Diferenças de coordenadas – relatórios descritivos IBGE vs. resultados do PPP do IBGE
Fonte: Autor (2021); IBGE (2020).

Como já informado, o controle de qualidade do multicaminhamento pode ser feito pelo *software* TEQC que gera este controle de qualidade de uma estação por vez e os resultados são apresentados em arquivos com várias extensões, dentre elas: o MP1 e o MP2, que mostram o efeito do multicaminhamento em, respectivamente, L1 e L2 (FAZAN *et al*., 2002).

O impacto do multicaminhamento sobre a fase da onda portadora é traduzido como o erro máximo correspondente a aproximadamente um quarto do comprimento de onda de 19,05 cm, ou seja, 4,8 cm para a portadora L1. Para a portadora L2 este erro é de 6,10 cm. (LEICK, 1995 *apud* MONICO, 2008; PARZZANINI, 2019). Somente a referência mais

rigorosa de 4,8 cm será considerada nesta pesquisa

Monico (2008) salienta a lógica matemática de como o multicaminhamento pode ser medido, mesmo em condições pouco favoráveis em boa parte dos levantamentos com receptores GNSS, como no exemplo das combinações lineares de observáveis a seguir:

$$\mathbf{MP1 = PD_{L1} - (1 + \frac{2}{\alpha - 1})\ \Phi_{L1} + (\frac{2}{\alpha - 1})\Phi_{L2}} \qquad \& \qquad \mathbf{MP2 = PD_{L2} - (\frac{2\alpha}{\alpha - 1})\ \Phi_{L1} + (\frac{2\alpha}{\alpha - 1})\ \Phi_{L2}}$$

Onde $\boldsymbol{\alpha = (f_1 / f_2)^2}$, indica a quantidade do multicaminhamento em uma estação.

Assim, com o uso do *software* TEQC no sistema operacional DOS (*Disk Operation System*), foram gerados, para cada uma das 14 estações, um arquivo com a extensão "S". Ao abrir cada arquivo com o *WordPad*, pode-se anotar os valores de MP1 e MP2, representados como MP12 e MP21 (UNAVCO, 2014). O modo de gerar estes arquivos "S" para avaliar o "Controle de Qualidade" (QC) do multicaminhamento está disponível no "tutorial de uso e noções básicas do TEQC" (UNAVCO, 2014). O Quadro 2 a seguir mostra os valores de MP1 e MP2 obtidos para as 14 estações da RBMC do Estado de MG em 31 de julho de 2020:

UNAVCO teqc +qc Controle de Qualidade Multicaminhamento		
Marcos RBMC	MP12 (m)	MP21 (m)
GVA1	0,077971	0,011048
JAMG	0,553286	0,379741
MGBH	0,693961	0,354971
MGIN	0,529207	0,423546
MGJF	0,506189	0,510838
MGJP	0,477086	0,567161
MGMC	0,637909	0,514010
MGMT	0,569913	0,411214
MGRP	0,537464	0,479944
MGTO	0,631441	0,425926
MGUB	0,659445	0,359883
MGV1	0,107722	0,140212
UBE1	0,106090	0,119790
VICO	0,582076	0,507359

Quadro 2 – Valores de MP1 e MP2 das estações da RBMC do Estado de MG.
Fonte: Autor (2021); IBGE (2020); UNAVCO (2014).

Com todos os dados em mãos, pode-se elaborar gráficos de comparação, um planimétrico e outro altimétrico, entre as acurácias obtidas e os valores de MP1 e MP2. Entretanto, os vetores planimétricos estão representados pela acurácia obtida entre a diferença das coordenadas oficiais e das coordenadas corrigidas pelo PPP. Por serem vetores perpendiculares entre si, Norte (N) e Este (E), a posição relativa entre vetores dessa natureza é calculada pela fórmula $d^2 = d1^2 + d2^2$ (TEIXEIRA, s/d). O Quadro 3 mostra o

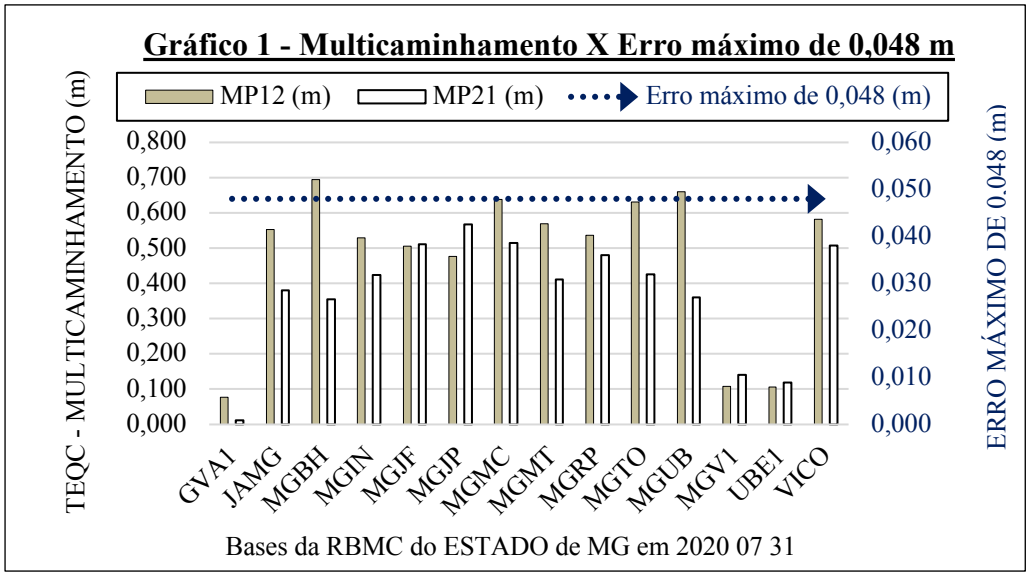
resultado destes vetores, isto é, do erro obtido na obtenção de coordenadas:

DIFERENÇAS			FÓRMULA	ERRO (m)
Descritivo - Em 2000.4				
Marcos	UTM N (m)	UTM E (m)		
GVA1	0,005	0,025	$d^2 = UTM\ N^2 + UTM\ E^2$	0,025
JAMG	-0,011	0,019		0,022
MGBH	0,001	-0,002		0,002
MGIN	-0,027	0,018		0,032
MGJF	-0,007	0,015		0,017
MGJP	-0,006	0,010		0,012
MGMC	-0,020	0,017		0,026
MGMT	-0,028	0,017		0,033
MGRP	-0,019	0,015		0,024
MGTO	-0,005	0,025		0,026
MGUB	-0,029	0,006		0,030
MGV1	-0,021	0,015		0,026
UBE1	-0,021	0,011		0,024
VICO	0,004	0,027		0,027

Quadro 3 – Vetores / erros obtidos durante a obtenção de coordenadas das 14 estações da RBMC
Fonte: Autor (2021); IBGE (2020); UNAVCO (2014).

Os gráficos a seguir foram elaborados com o intuito de enriquecer a análise e a visualização de todos os dados coletados até agora para avaliar se o multicaminhamento realmente afeta a acurácia das coordenadas levantadas com o uso de receptores GNSS.

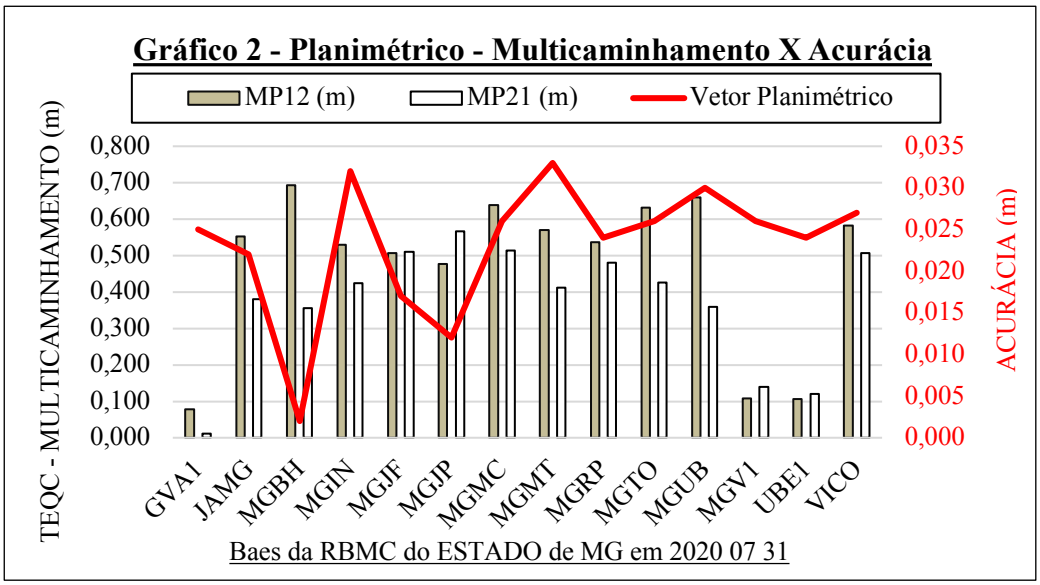
Os dados usados no Gráfico 1 a seguir, podem ser vistos no Quadro 3, que mostra valores de MP1 e MP2, e foram colocados em confronto com o erro máximo de 0,048 m descrito por Monico (2008). O Gráfico 1 serve de comparação para os Gráficos 1 e 2.



Fonte: AUTOR (2021); IBGE (2020); MONICO (20 08); UNAVCO (2014)

Já o Gráfico 2 abaixo, confronta os dados da Tabela 3, que contém valores de MP1 e MP2, com os dados da Tabela 4, que possui os resultados dos vetores N e E, que

representam o erro da acurácia em cada uma das 14 estações da RBMC de MG no dia 31 de julho de 2020.



Fonte: AUTOR (2021); IBGE (2020); MONICO (2008); UNAVCO (2014)

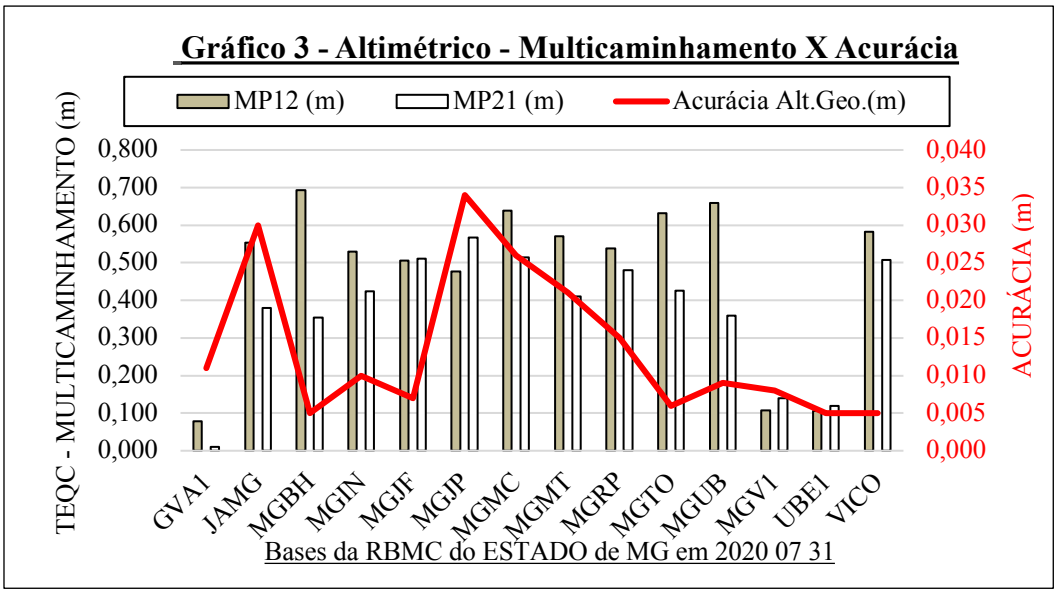
Em primeira análise, ao observar em conjunto os Gráficos 1 e 2, pode-se inferir que as acurácias dos vetores planimétricos das 14 estações da RBMC sofrem influência em maior ou menor quantidade dos efeitos do multicaminhamento.

Vale observar que praticamente todas as estações da RBMC apresentaram valores abaixo ou igual ao erro máximo de 0,048m, com exceção das estações MGBH e MGUB, que ultrapassaram este limite em MP1. Entretanto, a estação MGBH possui o melhor resultado da acurácia de todas as 14 estações. Já a estação MGUB apresenta acurácia de 0,030m, que é um valor próximo da maior parte dos resultados da acurácia das estações vistas no gráfico que, contudo, obtiveram valores de multicaminhamento abaixo do erro máximo. Já as estações MGV1, UBE1 e GVA1, embora apresentem valores baixos em MP1 e MP2, obtiveram acurácia próximo dos 0,030m, o que, teoricamente, é um contrassenso.

Assim, deduz-se que 05 das 14 estações analisadas não apresentaram correlação lógica entre o efeito do multicaminhamento e os valores da acurácia. Todas as outras 09 estações possuem, aparentemente, uma correlação aproximada entre o multicaminhamento e as acurácias, com valores à primeira vista próximos entre si. Todavia, pode-se observar que mesmo nestes casos não há um padrão e/ou sequência que mostre uma relação entre os valores obtidos do efeito do multicaminhamento (em MP1 e MP2) com os valores obtidos da acurácia, visto que ambos os valores variam consideravelmente entre essas 09 estações.

Já o Gráfico 3, confronta os dados da Tabela 3 com a Tabela 2 que, por sua vez,

contém dados altimétricos da acurácia – agora sem a necessidade de calcular o vetor, mas apenas considerar os valores da diferença entre a altura elipsoidal do relatório descritivo menos a altura geométrica dos arquivos do PPP.



Fonte: AUTOR (2021); IBGE (2020); MONICO (2008); UNAVCO (2014)

Ao comparar o Gráfico 3 com o Gráfico 1 (que mostra o multicaminhamento em relação ao erro máximo de 0,048 m), pode-se notar que o mesmo também não apresenta uma correlação aparente que indique um padrão entre o efeito do multicaminhamento e a obtenção da acurácia. Os únicos resultados vistos que poderiam correlacionar os valores obtidos em MP1 e MP2 com um bom resultado da acurácia são as estações MGV1 e UBE1. Entretanto, todas as outras correlações destes valores são arbitrárias se analisadas em conjunto, pois boa parte das estações apresentam bons resultados da acurácia com altos valores do multicaminhamento. Por outro lado, a estação GVA1 apresenta uma acurácia relativamente alta versus um valor do multicaminhamento muito baixo. Considerando a correlação dos resultados do Gráfico 3, não é possível afirmar de forma conclusiva que o efeito do multicaminhamento realmente afeta a obtenção de bons ou maus resultados da acurácia ao se determinar coordenadas geodésicas.

Ainda, considerando os dados observados em todos os Gráficos elaborados neste estudo, bem como a metodologia adotada, não foi possível constatar que o multicaminhamento afeta a acurácia ou mesmo a precisão.

Assim, a recomendação de técnicas e métodos para prevenir este efeito ficarão restritas a literatura especializada disponível. Em casos de implantação de estações de redes geodésicas, a exemplo da RBMC, deve-se evitar a locação de marcos em locais

propensos a este efeito. Já no dia a dia das práticas da Agrimensura, isso nem sempre é possível, pois são trabalhos executados em obras, área florestais, entre outras situações. Nestes casos, é aconselhável realizar maior tempo de rastreio, a fim de obter melhores resultados de precisão. Observa-se que de acordo com a metodologia aplicada neste estudo não é possível afirmar que esse maior tempo de rastreio terá um impacto necessariamente positivo sobre a acurácia.

Todavia constatou-se que apenas com 4 horas de rastreio, os resultados obtidos de todas as estações da RBMC se encontram dentro da precisão esperada do IBGE para um levantamento estático (em metros) (IBGE, 2020).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tinha como objetivo geral expor as causas e a dinâmica de erros de propagação de sinal e, também, apresentar métodos de quantificação deste efeito em arquivos de dados coletados durante a operação com receptores GNSS, a fim de analisar se o multicaminhamento afeta ou não bons resultados na obtenção de coordenadas.

O objetivo geral da pesquisa foi atingido, ao apresentar algumas das características de funcionamento do GNSS e, consequentemente explicar seus diversos tipos de erros, dentre eles e mais especificamente, o do efeito do multicaminhamento. Em seguida, foi apresentado o *software* TEQC, capaz de editar e também prover diversas informações sobre os dados coletados com receptores GNSS, como o controle de qualidade (QC), dado em números, do multicaminhamento nas portadoras L1 e L2. Os dados escolhidos para a análise foram planejados inicialmente para serem colhidos em campo, porém, devido a pandemia do COVID-19, optou-se por baixar os arquivos RINEX das 14 estações da RBMC/IBGE do Estado de MG no dia 31 de julho de 2021. Para todos os arquivos de dados destas estações foram escolhidos o intervalo de 4 horas de rastreio, e os resultados destas coordenadas UTM, de 4 horas, foram processados pelo PPP do IBGE; em sequência, foram comparadas/subtraídas com os resultados das coordenadas oficiais, também em UTM, disponibilizadas pelo relatório descritivo do IBGE do ano de 2020. O resultado dessa diferença de coordenadas proporcionou o valor da acurácia obtida para cada uma dessas estações. Com todos esses dados em mãos foi possível comparar, com a ajuda de gráficos, como o multicaminhamento, aqui quantificado em números, afetou o valor da acurácia para cada uma dessas 14 estações.

Baseado nos dados obtidos e na metodologia utilizada, não foi possível constatar a influência do efeito do multicaminhamento na precisão ou na acurácia. Pode-se sugerir que

a não constatação do que foi planejado por essa pesquisa seja em função de alguns fatores, como a escolha das estações, do horário, ou da geometria dos satélites no intervalo de tempo de rastreio escolhido. Pode-se inferir que os filtros para a redução do multicaminhamento, presentes nos equipamentos mais atuais e modernos, realmente funcionam.

Portanto, este trabalho não se esgota em si mesmo. Assim, sugere-se estudos posteriores que demonstrem quais foram as condições ou tipos de erros que levaram a estes resultados da acurácia segundo os parâmetros definidos nesta pesquisa, como, por exemplo, constatar se os fabricantes conseguiram reduzir o multicaminhamento por filtros ou algoritmos.

REFERÊNCIAS

AMADEI, J. R. P.; FERRAZ, V. C. T. Guia para elaboração de referências: ABNT NBR 6023:2018. Bauru, 2019. 54 p. Disponível em: <https://usp.br/sddarquivos/aulasmetodologia/abnt6023.pdf>. Acesso em 30 mar. 2020.

ANDRADE, J. Bittencourt de. **Fotogrametria**. Ed. SBEE. Curitiba, Brasil: 1998.

BUENO, Régis. O efeito do multicaminhamento na determinação de coordenadas no posicionamento por satélites. MundoGeo. Agrimensura. 04 dez. 2010. Disponível em: <https://mundogeo.com/2000/01/01/o-efeito-do-multicaminhamento-na-determinacao-de-coordenadas-no-posicionamento-por-satelites/> Acesso em 22 fev. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. **INCRA**. 1ª Edição. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em 07 mar. 2020.

FAZAN, J. A.; MONICO, J. F. G.; CAMARGO, P. O. Controle de Qualidade dos Dados GPS da RBMC. Relatório Científico de Bolsa de Pesquisa de Iniciação Científica. FAPESP (Processo n. 01/03145-2). Presidente Prudente, SP. 2002.

FIGUEIRÊDO, D. C. Curso Básico de GPS. Apostila – CONAB – setembro de 2005.

HELERBROCK, R. Ondas de rádio. *In*: Mundo Educação – Física. Magnetismo. S/d. Disponível em:<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/ondas-radio.htm>. Acesso em 04 mai. 2020.

IBGE. O que é Cartografia. GNSS. Atlas Escolar: conceitos gerais. 2020. Disponível em:<https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sistema-global-de-navegac-a-o-por-sate-litess.html>. Acesso em 03 mar. 2020.

IBGE. O que é RBMC. Geociências/Posicionamento geodésico/Redes Geodésicas. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-

geodesico/rede-geodesica/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-continuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 21 mar. 2021.

INPE. Nano Satélites - CONASAT. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. 2011. Disponível em: <http://www.crn.inpe.br/conasat1/nanosatt.php>. Acesso em 30 abr. 2020.

LANGENDOLFF, A; PELLEGRINI, G. **Fundamentos de Cartografia e o Sistema de Posicionamento Global – GPS**. Curso Técnico em Geoprocessamento. Colégio Politécnico da UFSM. Santa Maria, RS. 2008.

MOLIN, J. P. Sistemas de Posicionamento. 2010. Projeto Apostila. DER-ESALQ/USP.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª edição. São Paulo: Editora UNESP, 2008. ISBN 978-85-7139-788-0.

MONICO, J. F. G. Pseudodistância e Fase da Onda Portadora. Alta acurácia. MundoGeo, 14 abr. 2011. Disponível em: <https://mundogeo.com/2010/05/05/pseudodistancia-e-fase-da-onda-portadora/>. Acesso em 28 fev. 2020.

NOVATEL INC. An Introduction to GNSS. 2015 Second Edition – e-book. ISBN: 978-0-9813754-0-3. Disponível em: <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss>. Acesso em 06 mai. 2020.

OLIVEIRA, J. C. de. Conceitos Básicos sobre Posicionamento por Satélites Artificiais. XIV Curso de uso escolar de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. INPE. Julho 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/Apresentacao_GPS.pdf >. Acesso em 30 abr. 2020

PARZZANINI, Pedro Donizete. Métodos de Posicionamento GNSS. Apostila – Notas de aula. FEAMIG. Belo Horizonte, 2019.

PERONI, R. Fundamentos de GPS. Apostila – Informática aplicada a Geografia. FINOM – Faculdade do Noroestes de Minas, 2004.

PEREIRA, L. A. *Global Navigation Satellite System* – GNSS. Apostila. Curso de Geoprocessamento para Gestão Urbana e Cadastro Rural. UNILINS – Lins, SP. 2010.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations methods, and applications.** Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003, 612 p. extended ed. Disponível em: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-seeber-g-satellite-geodesy-2003.pdf>. Acesso em 16 abr. 2020.

SILVEIRA, G. C. **Influência da Geometria dos Satélites na Precisão das Coordenadas Geodésica Obtidas com o Sistema GPS.** 2008. 170 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-28042009-171231/publico/Silveira2008.pdf>. Acesso em 04 mai. 2020.

TEIXEIRA, M. M. Operações com vetores. *In:* Brasil Escola. S/d. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/operacoes-com-vetores.htm>. Acesso em 26 mar. 2021.

TV UNESP. Múltiplos usos do GNSS. Ciências sem limites. Vídeo entrevista com o Prof. João Francisco Galera Monico. TV UNESP. 2017. 1 vídeo (27 minutos). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pqybZ_q9ILE&app=desktop>. Acesso em 25 fev. 2020.

UNAVCO. TEQC – Translation, Editing, and Quality Check. (Software). Denver, USA, 2019. Disponível em: <https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/teqc.html#overview>. Acesso em 25 mai. 2020.

UNAVCO. Teqc Tutorial – Basics of Teqc Use and Teqc Products – by Lou Estey and Stuart Wier. Boulder, Colorado U.S.A., 2014. Disponível em: <https://www.unavco.org/software/data-processing/teqc/doc/UNAVCO_Teqc_Tutorial.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2020.

VAZ, Flávio. GNSS: Métodos de Posicionamento. Tecnologias de Rastreamento de Veículos. Apostila USP, São Paulo, PTR5923, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/380603/mod_resource/content/1/GNSS-Metodos%20de%20posicionamento.pdf>. Acesso em 13 fev. 2020.

ZANOTTA, D. C.; CAPPELLETOO, E.; MATSUOKA, M. T. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física. SciELO. Revista Bras. Ensino Fís. Vol. 33 no. 2 São Paulo– Abril / Junho-2011. ISSN 1806-1117. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000200014>. Acesso em 03 mai. 2020.

TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO: ANÁLISE DA EFICÁCIA DO SISTEMA ANAERÓBIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NO RESIDENCIAL ATENAS

Rafael Martins de Oliveira (FEAMIG) <rafael_deoliveira@jabil.com>[10]
Silvestre Drumond Pereira Andrade (FEAMIG) <silvestrebhmg@gmail.com>
Wellington Martins Nobre (FEAMIG) well.martin@hotmail.com
Marcos Marques Moreira Rocha (FEAMIG) <marcos.marques@feamig.br>[11]

RESUMO

O Esgoto Doméstico é formado da água procedente da limpeza de roupas, banho, pias e descarga de vasos sanitários oriundos de residências. Para realizar o lançamento desse efluente em redes coletoras de esgoto, é necessário seguir parâmetros deliberados pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG), que estão de acordo com os indicadores determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O presente trabalho refere-se à um estudo de caso com pesquisa exploratória e prática, baseado em bibliografias e documentos técnicos apresentados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), com a finalidade de analisar a eficácia de um sistema anaeróbio de tratamento de esgoto doméstico no Residencial Atenas, empreendimento localizado na cidade de Betim, em Minas Gerais.

Palavras-chave: Construção civil. Saneamento básico. Sistema anaeróbio de Tratamento de Esgoto Doméstico.

[10] Graduandos de Engenharia Civil da FEAMIG.
[11] Orientador e docente da FEAMIG.

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário é um sistema que tem a finalidade de dispor de forma adequada, conveniente e higienicamente segura o esgoto sanitário. No Brasil, ele é garantido à população por meio do Artigo 3º da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico.

Desta forma, todo empreendimento, seja ele comercial ou residencial, deve haver uma forma correta de coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário. Isso é realizado por meio de um conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços, devendo o projeto ser aprovado previamente na empresa responsável pela prestação de serviços de saneamento.

Na maior parte do estado de Minas Gerais (MG), a dirigente do setor é a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Mesmo sendo parte da área de atendimento da empresa, uma fração do bairro Marimbá, na cidade de Betim, MG, não possui infraestrutura que permita que o esgotamento sanitário seja feito de forma direta, sendo necessários o transporte ou tratamento do esgoto no local.

Nesse contexto, será abordado neste trabalho uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) construída dentro do Residencial Atenas como solução encontrada pela Construtora Donum para a realização do empreendimento. Tem-se como intuito, também, analisar a eficácia sobre o sistema de tratamento adotado com base nos termos e diretrizes exigidas pela COPASA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Esgotamento sanitário

Define-se por esgoto sanitário, segundo a norma NBR 9648 de 1986 (Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento), o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. De acordo com o Departamento de Coordenação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), pelo Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais (PNC), o Sistema de Esgotamento Sanitário é composto pelas seguintes partes:

- Rede Coletora: conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir o esgoto. O sistema de esgoto predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial ou ramal. Os ramais, por sua vez, são ligados a coletores tronco, que é o coletor principal de uma bacia de drenagem.
- Interceptor: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.

- Estação Elevatória de Esgoto Bruto – EEE: conjunto de instalações destinadas a transferir o esgoto de uma cota mais baixa para outra mais alta.
- Emissário: canalização destinada a conduzir o esgoto a uma Estação de Tratamento de Esgoto, sem receber contribuições em marcha.
- Estação de Tratamento de Esgoto – ETE: conjunto de instalações destinadas ao tratamento do esgoto antes de seu lançamento.
- Corpo receptor: corpo de água onde é lançado o esgoto tratado.

Dentro do esgotamento sanitário, tem-se o esgoto doméstico, que será apresentado no próximo tópico.

2.1.1 Esgoto doméstico

Esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, conforme NBR 9648 de 1986. Este também necessita passar por um tratamento específico tornando assim possível a volta da água para a natureza de forma a não prejudicar o meio ambiente que a receberá.

O tratamento do esgoto doméstico é feito pelas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) ou Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), de acordo com a Lei Federal nº 8080 de 1990 (Lei Orgânica da Saúde) e a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiental (CONAMA) nº 357 de 2005.

Os tipos de tratamento são estabelecidos com base na qualidade final desejada e nos dejetos a serem retirados do despejo, conforme definições apresentadas no tópico que segue.

2.2 Tratamento de esgoto

Para Teodoro (2012 *apud* GUIMARÃES; NOUR, 2011) tratamento de esgoto é o conjunto de procedimentos físicos, químicos e biológicos aplicados na água com a finalidade de retornar ao consumidor em boas condições. Nesses processos elimina-se microrganismos patogênicos e materiais sólido, reduz a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e substâncias químicas indesejáveis (a demanda química de oxigênio – DQO).

Mesmo com a natureza possuindo a capacidade de decompor a matéria orgânica nos rios, lagos e mares, os efluentes se apresentam em grande quantidade, exigindo de um tratamento mais eficaz em uma Estação de Tratamento de Esgoto, na qual consiste resumidamente na retirada de toda e qualquer impureza encontrada na água para a devolução de maneira segura e correta ao meio ambiente.

2.2.1 Níveis de tratamento

Para que um processo de tratamento de esgotos seja concluído de maneira absoluta, existem os chamados níveis de tratamento, que são as etapas as quais os despejos são expostos de acordo com o nível de tratamento necessário a atender a qualidade desejada. São eles: preliminar, primário, secundário e terciário.

De acordo com Von Sperling (1998), o tratamento preliminar retira os sólidos grosseiros; o primário remove os sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica em suspensão (DBO); o secundário é basicamente composto por mecanismos biológicos, tendo a finalidade da remoção de matéria orgânica em suspensão e solúveis e, eventualmente, nutrientes; e, por fim, o terciário, que remove poluentes específicos ou produtos que não foram completamente retirados nos processos anteriores como nutrientes, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão. O autor ainda dá ênfase que a remoção de nutrientes e de patogênicos pode ser considerada como integrante do tratamento secundário, dependendo da concepção do tratamento local.

2.3 Processos de tratamento

Existem diversos processos de Tratamento de Esgotos. Dentre eles, tem-se: lagoas de estabilização, lodos ativados, disposição no solo, reatores aeróbios com biofilmes e sistemas anaeróbios. Como este último é o foco deste trabalho, será apresentado apenas a sua definição.

2.3.1 Sistemas anaeróbios

Campos (1999) define como sistemas (ou reatores) anaeróbios "reatores biológicos nos quais o esgoto é tratado na ausência de oxigênio livre (ambiente anaeróbio), ocorrendo a formação de uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio)".

A primeira fase do sistema anaeróbio é o tanque séptico, onde são lançados os esgotos provenientes das residências, hospitais, condomínios, entre outros. De acordo com a norma ANBT NBR 7229 de 1993 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos), utiliza-se para este tratamento, processos de sedimentação, flotação e digestão. Confere-se na Figura 1 o processo de tratamento em um tanque séptico.

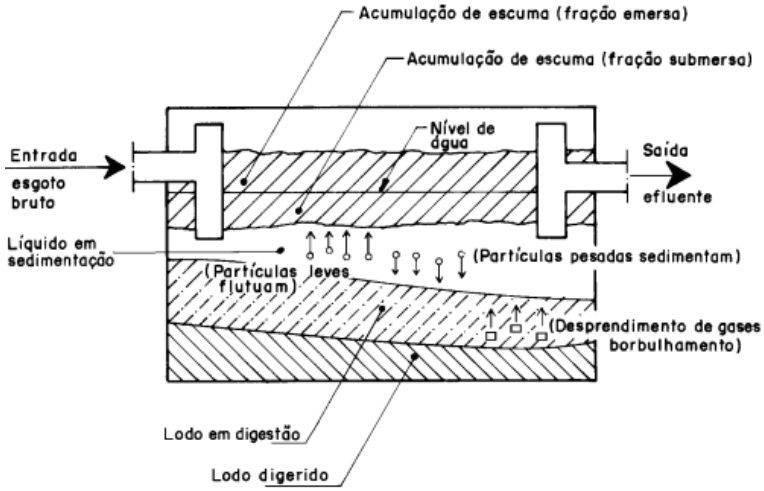


Figura 12: Funcionamento geral de um tanque séptico.
Fonte: NBR 7229 (1993)

A Figura 1 apresenta o funcionamento geral de um tanque séptico, no qual o esgoto passa pela acumulação da escuma, sedimentação das partículas pesadas e separação do lodo, ou seja, toda a separação dos sólidos e líquidos dos efluentes.

Após esse processo, passa-se prelo tratamento complementar no filtro anaeróbio. De acordo com Neto (2008), este filtro é alimentado com material de efluente e esgoto formando um leito fixo com material de enchimento. Assim, na superfície deste, os microorganismos se desenvolvem e se agrupam em flocos ou grânulos.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é um estudo de caso que tem como objetivo realizar uma análise da eficácia de um sistema de tratamento de esgoto doméstico. Esta discussão é feita através de uma comparação entre resultados de um ensaio laboratorial, parâmetros definidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e pela Deliberação Normativa (DN) conjunta entre o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG), nº 01, de 05 de maio de 2008, além de dados obtidos por estudo bibliográfico.

O objeto de estudo se trata de um sistema anaeróbio de tratamento de esgoto doméstico localizado dentro do Residencial Atenas, da Construtora Donum. O empreendimento localiza-se no bairro Marimbá, em Betim, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. O conjunto, com habite-se emitido dia 16 de dezembro de 2019, é formado por 64 unidades residenciais divididos em 4 blocos de 16 apartamentos cada.

4 Resultados e Análises

Para realizar uma correta discussão sobre a eficácia do sistema anaeróbio do objeto de estudo – o Residencial Atenas –, primeiramente serão apresentados sua localização, área de execução e projetos do sistema de tratamento utilizado.

4.1 Mapeamento da área de execução do projeto, conforme análise da COPASA

O Residencial Atenas, da Construtora Donum, se localiza entre as ruas Álvaro da Silveira, Monte Alegre e Pitangui, na cidade de Betim, Minas Gerais, ocupando os lotes 01 a 04 e 25 a 30 da quadra 41 do bairro Marimbá, que é considerado de classe média baixa. Entretanto, a área de implantação do empreendimento não possuía uma infraestrutura que atendia os requisitos estabelecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), como apresentado na Figura 2.

Quanto ao esgotamento sanitário, tendo em vista que o sistema de esgotamento sanitário da região onde se situa o empreendimento ainda não está implantado, deverá ser apresentada uma solução específica para a destinação final dos efluentes do mesmo, abrangendo o tratamento e disposição adequada dos esgotos, que garantam a preservação da bacia hidrográfica local

OBSERVAÇÕES:

Nº de unidades: Habitacionais – 64
População atendida: 256
Consumo per capta bruto: 150 L/HAB.DIA
Vazão da hora de maior consumo: 0,80 l/s
Vazão do dia de maior consumo: 0,53 l/s

Figura 13: 2ª DTB.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM (2014)

Como visto na Figura 2, não havia um sistema de esgotamento sanitário implantado pela concessionária na região e sim uma rede coletora municipal implantada pela Prefeitura de Betim. Logo, a construtora deveria apresentar uma solução para a destinação final dos efluentes do residencial, na qual abrangesse o tratamento e a disposição adequada dos esgotos. Com isso, realizou-se um estudo para definir a forma que melhor se adequasse aos parâmetros exigidos, sem que onerasse os custos finais da obra.

4.2 Apresentação da proposta de solução para a destinação do esgotamento sanitário do Residencial Atenas

A solução encontrada para o problema foi a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) interna, operada pelo condomínio, sendo disposta então na rede coletora da Rua Monte Alegre, onde se localiza o empreendimento, como apresentada na Figura 3.

2 - PARÂMETROS DO PROJETO PARA ÁGUA E ESGOTO:

Tipo de Ocupação	Nº de Unidades	População Atendida	Consumo Percapta Bruta
Residencial Multifamiliar	64	256	150 l/h. dia

3 - VAZÃO MÁXIMA HORÁRIA:

Vazão da hora de maior consumo	0,80 l/s
Vazão do dia de maior consumo	0,53 l/s

4 - ABASTECIMENTO DE ÁGUA:

Tendo em vista a existência de rede distribuidora de água, em frente ao empreendimento, a ligação predial poderá ser negociada e solicitada diretamente na Agência de Atendimento Comercial da COPASA MG e realizada em conformidade com os termos do Art. 28 da Resolução 040/2013 da ARSAE.

5 - ESGOTAMENTO SANITÁRIO:

O esgotamento sanitário se dará pelo Ponto de Lançamento indicado a seguir:

Ponto de Lançamento de Esgoto 1:	
Local	Rua Monte Alegre, nº 35. Bairro Marimbá.
Diâmetro da Rede	DN 150 mm
Material	Tubo Em Pvc-O Dn 150
Destinação final do efluente	ETE interna.

Figura 14: 3ª DTB.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM (2019)

Tendo sido aprovada esta opção, como visto na terceira DTB mostrada na Figura 3, foi feito um estudo sobre os sistemas de Estação de Tratamento de Esgotos existentes, que são: sistemas anaeróbios, lagoas de estabilização, lodos ativados, disposição no solo e reatores aeróbios com biofilmes. O que melhor se encaixava aos parâmetros necessários era o sistema anaeróbio de tratamento, composto por um tanque séptico e um filtro anaeróbio.

O projeto, que pode ser conferido na íntegra nos Anexos A e B, é composto por dois tanques sépticos e três filtros anaeróbio. Após passarem por estes processos, caem no poço de visita da rede coletora municipal de esgoto, cujo ponto de lançamento é mostrado na Figura 4.

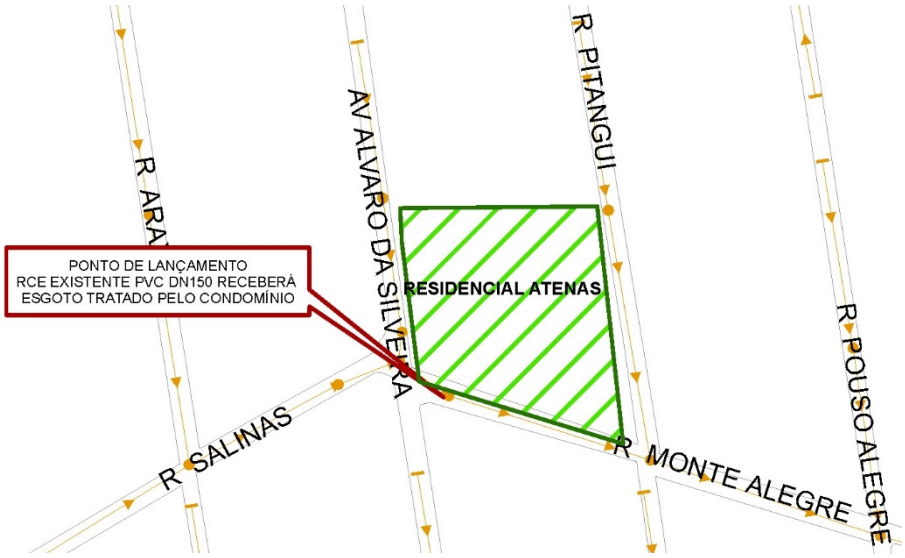


Figura 15: Ponto de lançamento do Residencial Atenas.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2019)

Como exibido na Figura 4, o ponto de lançamento é na Rua Monte Alegre. O ponto contém um tubo de PVC (Policloreto de Vinila) de diâmetro nominal (DN) 150 milímetros e recebe todo o esgoto tratado pelo condomínio. Por fim, na Figura 5 exibe-se o local já com o sistema anaeróbio implantado.

Figura 16: Sistema anaeróbio *in loco*.
Fonte: Autoria própria (2021)

A partir da Figura 5, observa-se que o sistema foi implantado diferente do projeto. A partir da visita feita no local, quando foi tirada a foto apresentada, não foi possível identificar quais eram os elementos do sistema anaeróbio – fossa séptica e filtro anaeróbio – assim como o poço de visita e a caixa equalizadora de vazão.

4.3 Análise da eficácia do sistema anaeróbio no Residencial Atenas

Dentre as condicionantes da Licença Ambiental Simplificada (LAS) da ETE tem-se a apresentação de análises periódicas do sistema anaeróbio, conforme exibido na Figura 6, parte do documento.

N.º	DESCRIÇÃO	PRAZO*
1	Executar o Programa de Automonitoramento de efluentes líquidos domésticos, conforme o Anexo II.	Durante a vigência da licença

Nota: (*) Contando a partir da data de concessão da LAS Classe 2. Deverão ser encaminhados à PMB/SEMMAD os documentos nos prazos acima supracitados.

Local de amostragem	Parâmetros	Frequência
Saída da Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários – ETE	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*, Demanda Química de Oxigênio (DQO)*, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos em Suspensão, Agentes Tensoativos, Óleos e Graxas, Potencial Hidrogeniônico (pH), temperatura e vazão média.	Quadrimestral

* Os Parâmetros DBO e DQO deverão ser monitorados também na entrada dos sistemas.

Figura 17: Condicionantes da LAS.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2019)

Conforme documento, que tem trecho mostrado na Figura 6, deve ser feito pela empresa um Programa de Automonitoramento de efluentes líquidos domésticos. Destaca-se entre os parâmetros, a apresentação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e do Potencial Hidrogeniônico (pH). Estes dados devem ser atestados por meio de análises com

frequência quadrimestral, realizadas na entrada e na saída da Estação de Tratamento de Efluentes Sanitários,

A LAS, que tem validade de cinco anos, é datada 15 de agosto de 2019, ou seja, já deveria ter sido apresentado ao menos 6 relatórios de análises contendo tais dados. Entretanto, a única análise apresentada aos autores deste trabalho foi com coleta realizada dia 29 de junho de 2020. Dessa forma, o estudo abordado neste tópico será baseado apenas neste relatório. Vale ressaltar, que a expedição do Habite-se e da Baixa de Construção do Residencial Atenas foi realizada no dia 16 de dezembro de 2019.

Neste ensaio, foram realizados análise do tipo composta[12]. Para fins de estudos, estas análises serão identificadas como A e B. A primeira é relativa à coleta na entrada da Estação de Tratamento de Efluente Doméstico; a segunda, à coleta na saída da ETE. As figuras 7 e 8 mostram os dados de coleta das amostras na ordem citada.

Dados de coleta da Amostra			
Aliquota	Volume da Amostra	Data Coleta Realizada	Data Recebimento
1	Coleta composta	29/06/2020 08:05:00	30/06/2020 16:13:28
2	Coleta composta	29/06/2020 10:06:00	30/06/2020 16:13:28
3	Coleta composta	29/06/2020 12:02:00	30/06/2020 16:13:28
4	Coleta composta	29/06/2020 14:01:00	30/06/2020 16:13:28
5	Coleta composta	29/06/2020 16:04:00	30/06/2020 16:13:28
6	Coleta composta	29/06/2020 17:40:00	30/06/2020 16:13:28

Figura 18: Dados de coleta da amostra – Ensaio A.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2020)

Dados de coleta da Amostra			
Aliquota	Volume da Amostra	Data Coleta Realizada	Data Recebimento
1	Coleta composta	29/06/2020 08:10:00	30/06/2020 16:18:19
2	Coleta composta	29/06/2020 10:11:00	30/06/2020 16:18:19
3	Coleta composta	29/06/2020 12:07:00	30/06/2020 16:18:19
4	Coleta composta	29/06/2020 14:05:00	30/06/2020 16:18:19
5	Coleta composta	29/06/2020 16:07:00	30/06/2020 16:18:19
6	Coleta composta	29/06/2020 17:45:00	30/06/2020 16:18:19

Figura 19: Dados de coleta da amostra – Ensaio B.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2020)

Como visto nas figuras, as coletas das amostras foram realizadas entre 8h05 e 17h45. Os resultados dos ensaios são apresentados nas figuras 9 e 10.

Parâmetros	Resultados	Un	DN COPAM/CERH 01/2008 EFL	Incerteza	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	642,8	mg/L	até 60,000000	-	2,0	30/06/2020
Demanda Química de Oxigênio	1.423	mg/L O2	até 180	-	12	30/06/2020
pH	7,71	pH	de 6,00 a 9,00	-	1,00	29/06/2020

Figura 20: Resultados do Ensaio A.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2020)

[12] "A amostra simples (pontual ou instantânea) é aquela coletada em uma única tomada de amostra, num determinado instante, para a realização das determinações e ensaios [...] A amostra composta é constituída por uma série de amostras simples, coletadas durante um determinado período e misturadas para constituir uma única amostra homogeneizada" (BRANDÃO *et al.*, 2011, p.53)

Parâmetros	Resultados	Un	DN COPAM/CERH 01/2008 EFL	Incerteza	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	388,8	mg/L	até 60,000000	-	2,0	30/06/2020
Demanda Química de Oxigênio	644	mg/L O2	até 180	-	12	30/06/2020
pH	6,59	pH	de 6,00 a 9,00	-	1,00	29/06/2020

Figura 21: Resultados do Ensaio B.
Fonte: CONSTRUTORA DONUM LTDA (2020)

Conforme apresentado na Figura 9, na entrada, o valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi de 642,8 miligramas por litro (mg/L); da Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi de 1423 mg/L O2 e do Potencial Hidrogeniônico (pH) foi de 7,71. Já na saída, mostrado na Figura 10, os valores foram de 388,8 mg/L, 644 mg/L e 6,59, respectivamente.

De acordo com o relatório de saída, a eficiência de remoção de DBO foi de 39,5% e a de DQO foi 54,7%. Porém, de acordo com a Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH-MG, nº 01 de 2008, a condição de lançamento de efluentes em rede coletora de esgoto é:

a) DBO: até 60 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários;
b) DQO: até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários;
c) pH: entre 6,0 e 9,0.

Logo, é possível analisar que, de acordo com a coleta realizada em 29 de junho de 2020, o sistema anaeróbio de tratamento de esgoto doméstico implantado no Residencial Atenas não foi eficaz em termos de DBO e DQO, pois não satisfez nenhum dos parâmetros necessários para o lançamento dos efluentes na rede coletora de esgotos. O único valor que ficou dentro dos critérios apresentados foi o de pH, que apresentou apenas uma alta, porém dentro do aceitável.

5 CONCLUSÃO

A partir do trabalho, foi possível acompanhar o desenvolvimento da solução para a correta destinação do esgotamento sanitário do Residencial Atenas, empreendimento localizado no bairro Marimbá, em Betim, Minas Gerais, de acordo com os requisitos estabelecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). O problema se deu devido à falta de uma Rede Coletora de Esgoto (RCE) da COPASA existente no local, existindo apenas uma da prefeitura da cidade.

O recurso apresentado foi a criação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) dentro da área do empreendimento, na qual poderia ter seus efluentes lançados na RCE da Prefeitura de Betim. Dentro das opções existentes de ETEs, foi escolhida o sistema anaeróbio de tratamento de esgoto doméstico, o qual é composto por tanque séptico e filtro anaeróbio. Para a sua utilização, portanto, é necessária uma Licença Ambiental, que foi emitida pela prefeitura do local como uma Licença Ambiental Simplificada (LAS).

A partir do apresentado, observou-se que o primeiro problema identificado após a construção da ETE foi a sua realização diferente do projetado. Com isso, mesmo com visita ao local, não foi possível identificar quais eram os tanques e quais eram os filtros, sendo esta a segunda adversidade, o que impediu de ser feita uma abordagem maior sobre erros cometidos durante sua obra.

Já por meio da análise apresentada no tópico 4.3, datada 29 de junho de 2020, verificou-se que o sistema anaeróbio de tratamento de esgoto doméstico utilizado no Residencial Atenas não satisfez os parâmetros determinados pela Deliberação Normativa (DN) conjunta entre o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (CERH-MG), nº 01, de 05 de maio de 2008, extrapolando os limites exigidos e, também, não atendendo a porcentagem mínima de remoção impostas.

Contudo, não foi possível realizar uma discussão e relação com outros valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Potencial Hidrogeniônico (pH), pois, mesmo com a condicionante da LAS que determinava o atestamento quadrimestral dessas análises, não foi apresentado ao grupo nem à Prefeitura de Betim estes relatórios. Dessa forma, pode-se enfatizar, também, a falta de fiscalização do órgão relativo aos seus sistemas de esgotamento sanitário, visto que ela deveria ser responsável pelo monitoramento das condicionantes, principalmente porque envolve a poluição inclusive dos afluentes que são dispostos essas redes coletoras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 1986. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 1993. 15 p.

BRANDÃO, Carlos Jesus; BOTELHO, Márcia Janete Coelho; SATO, Maria Inês Zanoli; LAMPARELLI, Marta Condé (Org.). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. Brasília, DF, 2007.

CAMPOS, José Roberto (coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf. Acesso em: 15 de out 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTAL (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de mar de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2005.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CERH-MG). Deliberação Normativa Conjunta nº 01, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Belo Horizonte, MG, 2008.

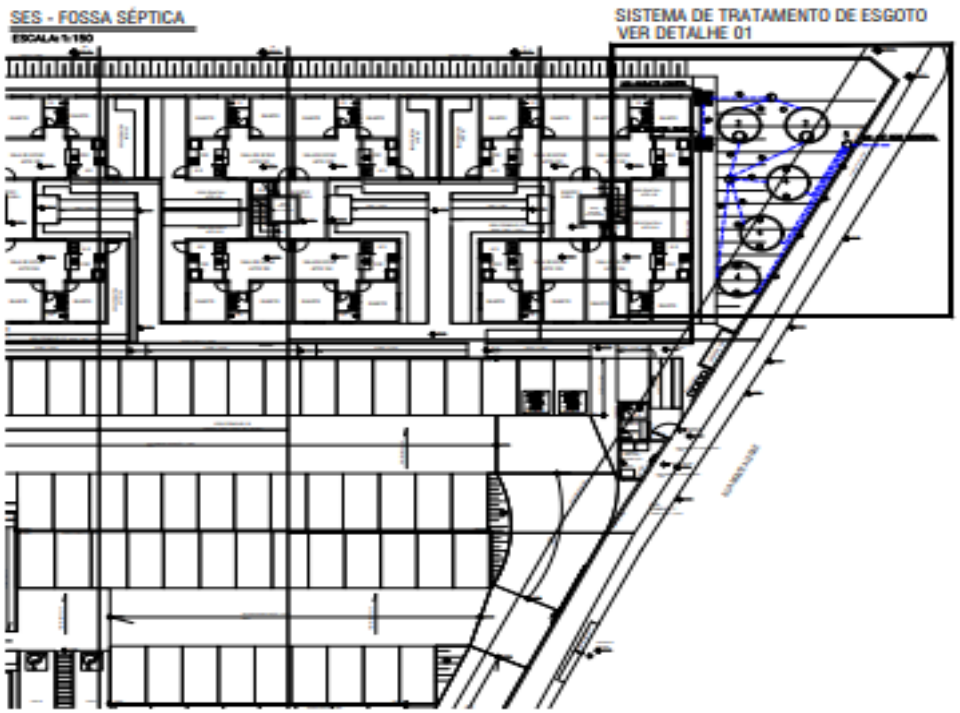
GUIMARÃES, José Roberto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. **Tratando nossos esgotos**: Processos que imitam a natureza. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf. Acesso em: 14 de out. de 2020.

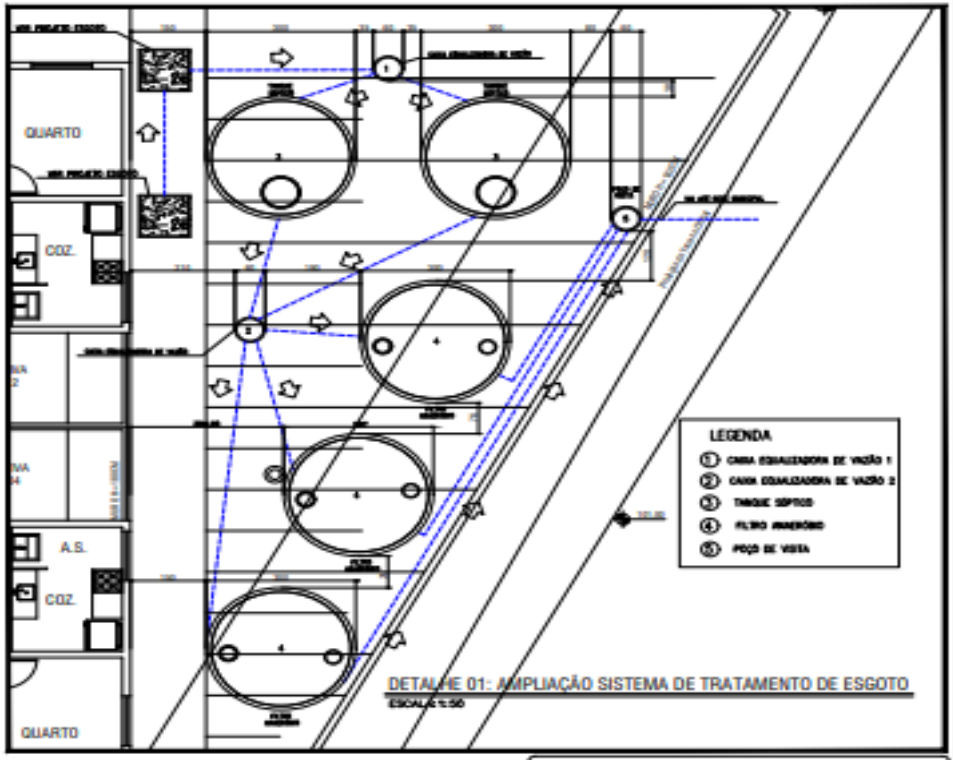
NETO, Cícero Onofre de Andrade. **O uso de filtro anaeróbio para tratamento de esgoto sanitário**. 2008. Disponível em: https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/o-uso-do-filtro-anaerobio-para-tratamento-de-esgoto-sanitario. Acesso em: 15 out. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (SISNAMA). Departamento de Coordenação. **Licenciamento ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto e Aterros Sanitários**. Brasília: MMA, 2009. 67 p. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/dai_pnc/_publicacao/76_publicacao19042011110356.pdf. Acesso em: 15 out. 2020.

TEODORO, Mauro Fernando. **Alterações de qualidade do solo em função da aplicação de lodo de esgoto**. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA. Assis, 2012. 56 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 1998.





NOTAS GERAIS

INTRÉPIDA

RESIDENCIAL ATENAS

SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

01/04

ESTUDO DE CASO DE OBRA DE CONTENÇÃO COMO SOLUÇÃO PARA EROSÃO DO TALUDE, LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA – MG

Junio Pereira Ribeiro[13]
Marcelo Castelo Branco de Souza Mendonça[14]
Ronaldo Morais da Silva Filho[15]
Paulo Mário Cruz de Freitas[16]

RESUMO

A presente pesquisa pretende analisar a solução de contenção proposta para o desmoronamento de um talude em uma avenida localizada no município de Santa Luzia, Minas Gerais e fazer um comparativo com outra alternativa de contenção que será o muro de flexão em concreto armado, popularmente conhecido como muro de arrimo. Foram desenvolvidos os estudos, por uma empresa especializada, de contenção do talude erodido para a Prefeitura Municipal de Santa Luzia que realizou a contratação de uma empresa local para execução das obras em caráter emergencial. Será utilizado o software GawacWin para comparar o dimensionamento do gabião e o software Geo5 para dimensionar o muro de flexão, com as mesmas condições e os mesmos dados da situação criada para o gabião, demonstrando a vantajosidade e versatilidade do gabião como uma alternativa de contenção.

Palavras-chave: Contenções. Talude. Gabião. Fator de Segurança. Muro de Flexão

[13] Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG junioopribeiro@gmail.com
[14] Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG marcelocastelo.85@gmail.com
[15] Graduando em Engenharia Civil – FEAMIG ronaldomoraissf@gmail.com
[16] Engenheiro Civil; Mestre em Geologia (Hidrogeologia); Docente da FEAMIG; Orientador.

1 INTRODUÇÃO

Devido à crescente ocupação de áreas urbanas de forma desordenada, houve um aumento de moradias em áreas de risco. Essas moradias, geralmente, estão irregulares e instaladas em locais impróprios ao assentamento humano, pois estão sujeitas a riscos naturais como a inundação, desmoronamento ou deslizamento de terra em áreas de alta declividade e a incidência de chuvas favorece substancialmente a ocorrência desses fenômenos.

É função do poder público, promover as condições dignas de moradia e entregar os serviços básicos à população. Para isso são necessários investimentos em infraestrutura urbana, como por exemplo, a abertura de avenidas para acesso e estruturas preventivas ou corretivas para contenção de locais com possível potencial de desmoronamento.

Diante deste cenário torna-se necessário o estudo do comportamento dos taludes, através de uma avaliação geológica e topográfica para evitar que a ação antrópica seja o gatilho para novos desastres.

Estruturas de contenção são construídas com a intenção de admitir estabilidade contra a ruptura de maciços de terra ou rocha. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços com o seu peso próprio ou por carregamentos externos, evitando o escorregamento ou movimentação de solo. Alguns exemplos dessas estruturas são os muros de flexão e muros de contenção por gravidade como o gabião.

A presente pesquisa será a análise da solução de engenharia proposta para a contenção de um talude erodido localizado na Avenida Adail Tófani, no Bairro Liberdade município de Santa Luzia, Minas Gerais utilizando a tecnologia de gabião como alternativa e uma comparação entre outra alternativa de contenção, muro de flexão, para verificação da técnica mais vantajosa do local de estudo levando em consideração ao aspectos do fator de segurança, ambiental, econômicos e prazo de execução, tendo em vista o caráter emergencial.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Geotecnia

Geotecnia é uma área relevante para Engenharia que estuda o comportamento dos

solos e rochas utilizando aplicações de métodos científicos e princípios para interpretação e análise dos materiais. A Geotecnia é abordada em todos os projetos de engenharia desde a parte de fundações, aterros, barragens ou estruturas de contenções, Pinto (2006) complementa que este é o ramo da engenharia em que o Engenheiro Civil se baseia para desenvolver seus projetos.

A geotecnia é fortemente aplicada para engenharia de barragens, fundações, pavimentação, túneis e na área ambiental. As áreas de atuação podem abranger atividades de consultoria para Mapeamentos Geotécnicos com estudos de comportamento dos solos e estabilização química, aterros sanitários, empresas especializadas em fundações. Para a recuperação de áreas degradadas, obras de caráter preventivo em locais com risco de deslizamento de talude ou obras emergenciais geralmente são executadas estruturas de contenção e as estruturas de contenções mais utilizadas são o muro de flexão e também o gabião que surge como uma alternativa mais econômica e “adaptável” a algumas situações.

2.2 Muro de arrimo

Pode-se definir muro de arrimo (Figura 1) como estrutura de contenção criadas com a função de resistir aos empuxos laterais que são encontrados nos taludes naturais, por escavações ou até mesmo pela água. Este tipo de estrutura é usado quando temos diferentes tipos de níveis o que faz com que tenha tipos diferentes de carregamentos, logo teremos um descarregamento desta carga. O muro de arrimo deve suportar as carga laterais encontradas, pois a adversidade de limites pode trazer sérios danos a estrutura como perda de estabilidade global, ruptura do elemento estruturais ou ligação entre elementos, ruptura conjunta do terreno, movimentos excessivos da estrutura de suporte, problemas que a agua pode causar através de escoamento irregular ou repasses de água ou partículas pela estrutura.

Figura 1: Muro de arrimo em concreto armado

Fonte: Gomes e Lima, 2018

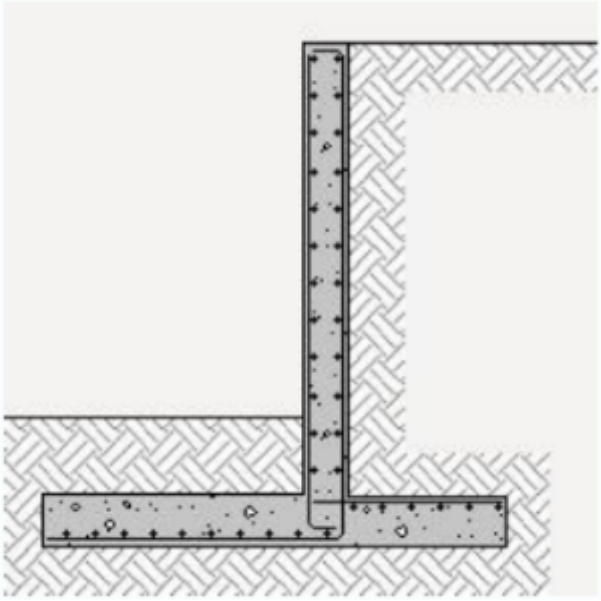
Especialistas divergem em relação a variedade de tipos de muros de arrimo gerando assim uma diversificação na classificação, neste estudo iremos abordar sobre os muros de contenção de gravidade e em concreto armado.

2.3 Muro de flexão

Os muros de flexão em concreto armado diferem dos muros de gravidade, pois mostram uma adição de esforços resistentes de flexão, são estruturas rígidas que não aceitam nenhum tipo de deformação.

Estes muros são estruturas com seção transversal em forma de “L” na maioria dos casos, no entanto podem também apresentar seção transversal em forma de “T” em situações de maiores alturas. São denominados desta forma, pela razão de resistirem aos empuxos por flexão, empregando parte do peso próprio do solo que se sustenta sobre a base da estrutura, para manter sua estabilidade. (Figura 2).

Figura 2: Seção do muro em “T”

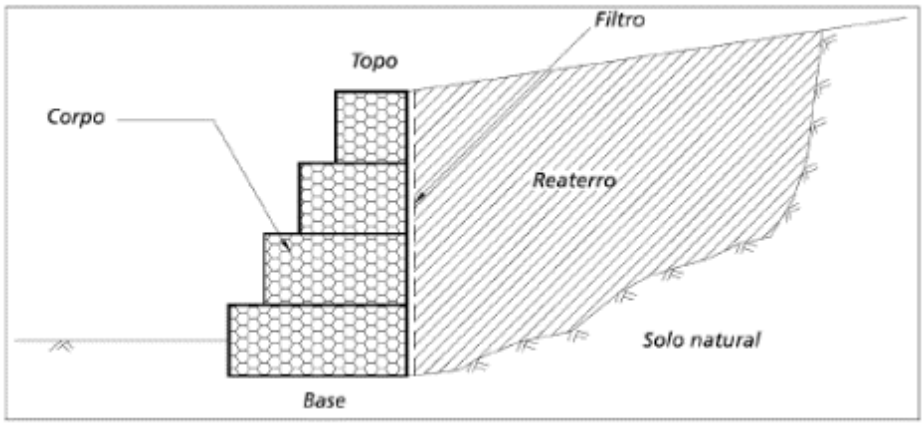


Fonte: Junior e Lemes, 2014

2.4 Muro em gabião

As estruturas de contenção a gravidade em gabiões são um tradicional sistema de contenção. Segundo Barros (2010), contenções em gabiões são constituídas por gaiolas metálicas com telas de malha hexagonal de dupla torção construídas com fios de aço galvanizado e preenchidas com pedras organizadas manualmente. Essas estruturas são muito vantajosas, pois possuem um conjunto de características funcionais que não encontramos em outros tipos de estruturas (Figura 3).

Figura 3: Muro em gabiões

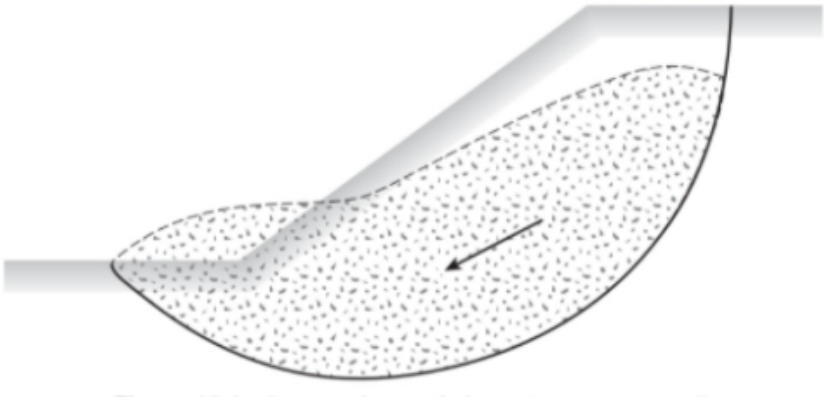


Fonte: Barros, 2010

2.5 Estabilidade de taludes – Dimensionamento e metodologia de cálculo

Frequentemente, os engenheiros civis se deparam com a necessidade de verificar a segurança de superfícies inclinadas dos solos, que são chamados de taludes. Esses taludes podem ser naturais (encostas) ou construídos pelo homem (cortes e aterros). O fenômeno gravitacional tende a mover o solo para baixo, conforme indicado na Figura 4. Se a componente da gravidade for elevada podem ocorrer ruptura do talude que é o deslizamento da massa de solo para baixo.

Figura 4: Escorregamento de talude



Fonte: Braja, 2020

2.5.1 Fator de Segurança

Segundo a norma NBR 11682 (ABNT, 2009) o fator de segurança é a relação entre

os esforços estabilizantes (atuantes) para determinado método de cálculo adotado. A tarefa do engenheiro é determinar o fator de segurança (FS) mais adequado para a contenção de um talude, levando em consideração o local da obra e áreas vizinhas, potencial de danos ambientais, materiais e a finalidade da contenção.

Segundo Braja (2020) o fator de segurança é definido por:

$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$

Onde: F_s = fator de segurança com relação à resistência

τ_f = resistência média ao cisalhamento do solo

τ_d = tensão média de cisalhamento desenvolvida ao longo da superfície potencial de ruptura

Os parâmetros praticados para elaboração de projetos são:

$$F_s = \left\{ \begin{matrix} > 1 \ \rightarrow obra\ estável \\ = 1 \ \rightarrow talude\ em\ estado\ de\ ruptura\ iminente \\ < 1 \ \rightarrow não\ tem\ significado\ físico \end{matrix} \right\}$$

A norma NBR 11682 (ABNT, 2009), estabelece que, dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em uma das classificações de nível de segurança, definidos a partir dos riscos de perdas humanas, conforme indicado na Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Nível de segurança desejável contra perdas humanas

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais urbanos, ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: ABNT NBR 11682, 2009

Tabela 2: Fatores mínimos para estabilidade de taludes

Nível de segurança conta perdas de vidas humanas / Nível de segurança conta danos materiais e ambientais	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Nota 1: No caso de grande variabilidade dos resultados de ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semi-probabilístico indicado no Anexo D da referida norma.

Nota 2: No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ, c e ϕ, em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1.1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

Nota 3: Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Fonte: ABNT NBR 11682, 2009

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

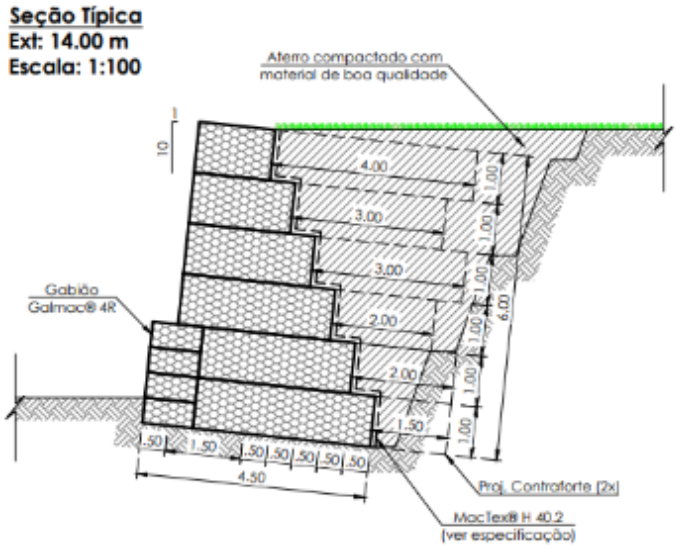
Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise da documentação fornecida pela empresa que realizou os estudos prévios e dimensionamento da estrutura de gabião proposta para contenção do talude situado em Santa Luzia e dos cálculos realizados para o dimensionamento de um muro de flexão, considerando as mesmas premissas adotadas para a contenção em gabião e por último o comparativo de custo e de execução de ambas as soluções.

3.1 Solução adotada para contenção do talude erodido utilizando a tecnologia de gabião como alternativa

Levando em conta as características da obra, de caráter emergencial de escasso tempo hábil para execução e além das principais características do gabião como: estrutura versátil e de fácil execução, não necessita de mão de obra específica, podem ser usados em superfícies com as piores características de solos, além disso, as estruturas de contenção em gabiões adaptam-se às acomodações e movimentos do terreno, sem perda de sua estabilidade e eficiência.

Outra característica não menos importante é de o gabião ser uma estrutura auto drenante composta por trinta por cento de vazios o que inibe futuros problemas referente a drenagem do solo, isso faz do gabião uma solução moderna e eficiente para a contenção de taludes e encostas, dessa maneira, chegou-se à conclusão de que esta era a melhor alternativa. Na Figura 5 observa-se a seção tipo adotada para o muro em gabião.

Figura 5: Seção tipo da contenção em gabião



Fonte: Maccaferri, 2020

Para o cálculo do muro em gabião foi utilizado o software GawacWin, software desenvolvido pela empresa Maccaferri. Os métodos utilizados nos cálculos fazem referência ao “Equilíbrio Limite”, que utilizam as teorias de Rankine, Coulomb, Bishop, entre outros (método Simplex) para a verificação de estabilidade global da estrutura. O programa leva em consideração as características mecânicas dos gabiões Maccaferri e peso específico padrão dos agregados. Os resultados dos cálculos não serão realísticos no caso da utilização de outros tipos de materiais. A Tabela 3 informa os resultados obtidos pelo software.

Tabela 3: Resultados dos Fatores de Segurança – Muro em gabião

Externa								Interna	Global	
FS para Deslisamento		FS para Tombamento		FS - Tensão na Base esq.		FS - Tensão na Base dir.		FS Interna (crítica)	FS Global	
3.58	Satisfied	7.60	Satisfied	4.49	Satisfied	6.10	Satisfied		2.93	Satisfied

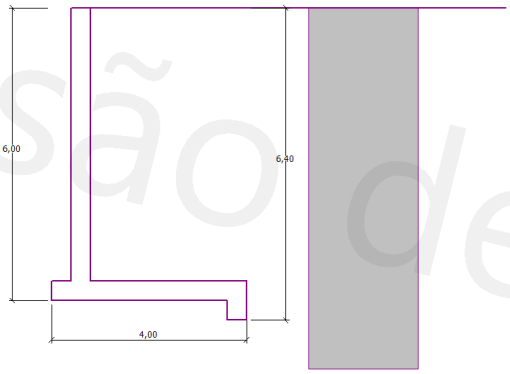
Fonte: Software GawacWin

3.2 Solução alternativa para contenção do talude erodido

A solução alternativa escolhida para estudo nesta presente pesquisa, dentre várias opções, foi o muro de flexão. O dimensionamento será de forma mais genérica apenas para o estudo acadêmico e também à título de observação e comparação. Serão adotadas as mesmas diferenças de nível do terreno e comprimento que foram consideradas no dimensionamento do gabião.

Os parâmetros utilizados para definir o tipo de solo foram os mesmos adotados para o dimensionamento do gabião, que foi através da análise visual in loco, onde foi constatado em uma observação superficial que não havia matéria orgânica no solo e utilizados os conceitos da mecânica dos solos para determinar a sua caracterização. Na Figura 6 observa-se a seção tipo adotada para o muro de flexão.

Figura 6: Seção tipo da contenção do muro de flexão



Fonte: Software Geo5

Para os cálculos da análise de estabilidade, tombamento e pressão na fundação foi utilizando o software Geo5 da empresa Fine considerando o método de Coulomb para os cálculos. A Tabela 4 informa os resultados obtidos pelo software.

Tabela 4: Resultados dos Fatores de Segurança – Muro de Flexão

Fator de segurança = 7,25 > 1,50
Resistência do muro ao tombamento É SATISFATÓRIA

Verificação de deslizamento
Reação horizontal H_{res} = 258,47 kN/m
Força horizontal ativa H_{act} = 26,70 kN/m

Fator de segurança = 9,68 > 1,50
Resistência do muro ao deslizamento É SATISFATÓRIA

Verificação global - MURO É SATISFATÓRIA

Fonte: Software Geo5

3.3 Comparação do gabião como a solução alternativa no aspecto custo x benefício

Para realizar o comparativo de custos entre as duas soluções adotadas, foram utilizados os quantitativos levantados do estudo do muro em gabião e os quantitativos do dimensionamento do muro de flexão levantados pelos autores desta pesquisa.

Os preços utilizados no orçamento de ambas as soluções foram coletados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, que pertence à Caixa Econômica Federal, com data base de Fevereiro de 2021, abrangência da região de Belo Horizonte, considerando os encargos de mão de obra sem desoneração.

De acordo com as planilhas de quantidades e preços, a diferença de valores entre o muro em gabião e o muro de flexão é considerável. O muro chega a ser quase treze por cento mais caro do que o gabião. Essa diferença pode ser explicada pelo fato do muro de flexão necessitar de serviços adicionais como execução de forma, armação e concreto além de ter os quantitativos de escavação, reaterro e recomposição do asfalto maiores devido à metodologia executiva. A Tabela 5 detalha a diferença de preço e percentual econômico entre as duas opções.

Tabela 5: Comparativo de custo das opções

ESTRUTURA	VALOR	DIFERENÇA DE PREÇO	PERCENTUAL ECONÔMICO
Muro em Gabião	R$ 175.092,75	R$ 26.128,43	12,98%
Muro de Flexão	R$ 201.221,18		

Fonte**:** Elaborado pelos próprios autores

Para realizar a comparação do prazo executivo do muro em gabião e do muro de flexão, utilizamos os mesmos índices de mão de obra e equipamentos que foram considerados nas composições de preços unitárias – CPU constantes nas planilhas de quantidades, utilizadas do SINAPI e a produtividade que foi aferida durante a execução do gabião.

Com base nos cronogramas elaborados, chegamos no prazo previsto para execução do gabião de vinte e quatro dias trabalhados enquanto o prazo previsto para a execução do muro de flexão foi de trinta e sete dias trabalhados, o que equivale à trinta e cinco por cento a mais de dias trabalhados, conforme indicado na Tabela 6.

Tabela 6: Comparativo de prazo das opções

ESTRUTURA	DIAS TRABALHADOS	DIFERENÇA DE DIAS	PERCENTUAL DE PRAZO
Muro em Gabião	24	13	35,14%
Muro de Flexão	37		

Fonte: Elaborado pelos próprios autores

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos estudos apontaram que a solução de gabião se mostrou mais eficiente pois, trata de uma contenção versátil que se adapta às movimentações e acomodações do terreno sem o comprometimento de sua eficiência além de ser uma estrutura auto drenante.

Em nossos estudos apresentamos uma solução alternativa, o muro de flexão e realizamos um comparativo desta solução com o muro em gabião. O muro em gabião apresentou um menor preço e menor prazo de execução, o que torna uma opção mais atrativa economicamente e mais viável em virtude do caráter emergencial.

A execução do gabião se destaca pela facilidade de montagem, onde dispensa mão de obra especializada, é uma estrutura eclética que permite alterações na sua estrutura mesmo após finalizada e pela segurança durante a execução pois, os colaboradores estão expostos a riscos menores do que o muro de flexão durante as atividades.

Pensando em obras sustentáveis que utilizam um processo construtivo ambientalmente responsável com a utilização responsável dos recursos naturais a solução em gabião utilizam materiais de jazidas locais para obras mais rápidas e produtivas, reduzindo a importação e exportação de insumos na construção e o desperdício de materiais reduzindo assim os impactos ambientais. A estética do gabião integra-se facilmente ao meio ambiente e não interfere do lençol freático por ser uma estrutura permeável.

Como este trabalho foi elaborado para fins acadêmicos, recomenda-se para análise futura, um dimensionamento mais detalhado do muro de flexão e um orçamento considerando todas as atividades envolvidas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682 – Estabilidade de Taludes**. Rio de Janeiro, 2009.

BARROS, P. L. **Obras de Contenção**. [s.l.]. Maccaferri, 2010.

BRAJA, M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 9. ed. rev. São Paulo: CENGAGE, 2020. 561 p.

CAIXA. **Tudo sobre o SINAPI**. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default. aspx. Acesso em: 18 abr. 2021.

FINE. **Software Geotécnico GEO5.** Disponível em: https://www.finesoftware.com.br/software-para-geotecnia/ Acesso em: 02 abr. 2021.

GOMES, C. R. F e LIMA, S. R. **Muros de flexão:** DIMENSIONAMENTO E SEUS ASPECTOS CONSTRUTIVOS. Orientador: Professor Msc Ricardo Sampaio Romão Filho. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2018.

JUNIOR, F e LEMES, R. **Estudo comparativo entre estruturas de contenção:** Contenção à Gravidade em Gabiões, Solo Reforçado Terramesh System e Muro à Flexão em Concreto Armado**.** Orientador: Prof. Esp. Paulo Eduardo Oliveira da Rocha. 2014. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, 2014.

JUNIOR, P. **Gabiões e estruturas de arrimo**: Análise teórico-numérico-experimental do comportamento mecânico. Orientador: Prof. Dr. Pérsio Leister de Almeida Barros. 2018. 213 f. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) - UNICAMP, Campinas, 2018.

MACCAFERRI, **Contenção em Gabiões.** Minas Gerais, 2020.

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

CONTENÇÕES E ESTABILIDADE DE TALUDES POR MEIO DE CORTINA ATIRANTADA: ESTABILIDADE DE TALUDES ENTRE AS RUAS ANTARES E LEVI PEREIRA COELHO, EM BELO HORIZONTE - MG

Caique Pereira de Aquino[17]
Mário Sergio Alves de Moura[2]
Matheus Junio Rocha Silva[3]
Diego de Jesus Queiroz Rosa[4]
Talita Rodrigues de Oliveira Martins[5]

RESUMO

Devido aos inúmeros riscos aos moradores que residem no entorno do talude e abaixo do mesmo, são construídas estruturas de concreto armado para conter o maciço. Em períodos chuvosos os casos de deslizamentos de encostas crescem em toda a cidade de Belo Horizonte, pelo fato de ser uma região montanhosa e de grandes índices pluviométricos. Entende-se que o objetivo desse estudo vai além do conhecimento acadêmico sobre o método executivo de contenções, o mesmo visa também trazer ao conhecimento de toda a população as consequências de construções irregulares e em locais inapropriados para moradias. Esta pesquisa apresenta um estudo comparativo de dois tipos de contenções sendo cortina atirantada e terramesh, com o objetivo de analisar a descrição do melhor processo executivo relacionado aos projetos de muros de arrimos, descrevendo os principais parâmetros para o dimensionamento correto destas estruturas e entendendo o comportamento do solo mediante ao processo executivo de drenagens aplicado nas obras de contenções. Importante ressaltar o processo construtivo de rede de drenagens que tem uma função muito importante para a estabilidade da estrutura a ser executada, entre as ruas Antares e Levi Pereira Coelho localizada na zona sul de Belo Horizonte - MG. Com base na conclusão da pesquisa foi possível aprender dos diversos processos de execução da cortina e seus métodos que tem grande importância para uma execução bem sucedida. Além de conter o maciço existente a estrutura teve a função de dar suporte para a implantação da via de ligação. Os diversos processos e etapas de execução puderam agregar conhecimento acadêmico e profissional, onde foi possível esclarecer as dúvidas existente e trazer ao leitor a importância dos métodos construtivos.

Palavras-chave: Engenharia Civil. Contenções. Cortina Atirantada. Rede de drenagem artificial e/ou profundas. Terramesh.

[17] Caique Pereira de Aquino Graduando em Engenharia Civil - caiqueaquinocivil@gmail.com
[2] Mário Sergio Alves de Moura Graduando em Engenharia Civil - mariobh2014@gmail.com
[3] Matheus Junio Rocha Silva Graduando em Engenharia Civil - matheusjuniorocha@outlook.com

1 INTRODUÇÃO

Grandes problemas têm se tornado recorrente em toda extensão da região metropolitana de belo horizonte (

rmbh) como as construções irregulares, executadas em terrenos de encostas, ruas e avenidas que apresentam trechos com declives acentuados, com isso vem crescendo o número de acidentes devido aos deslizamentos de maciços. Para que possam ser amenizados esses agravantes, os órgãos públicos vêm realizando obras voltadas para regularização e combate a essas deficiências que vem fomentando falhas em todo o processo construtivo. As famílias que estão em áreas de risco ou que estão no escopo do projeto para serem retiradas, entram em programas como o vila viva que propõe ao morador bolsa aluguel, outra residência ou indenizações. Estudos são realizados para entender a viabilidade do projeto que será implantado, uma vez que estes moradores são retirados de suas moradias que foram construídas de forma irregular.

Com base nos dados encontrados através de pesquisas e documentos fornecidos pelo Consorcio Conata Marins Lamar, pode se conhecer a necessidade do projeto em execução. As informações extraídas mostraram que o acesso da localidade estava em péssimas condições, trazendo riscos aos moradores no entorno. O acumulo de residências irregulares defasou o acesso as moradias inviabilizando policiamento e contribuindo com o aumento da criminalidade. Com isso foi necessário a retirada de cerca de 50 residências aproximadamente para a execução do projeto. A partir desse problema nasce a concepção das construções de contenções de encostas e taludes e uma via de ligação entre as ruas Levi Pereira Coelho e rua Antares.

Os muros de contenções em geral, consistem em conhecer o maciço a ser contido através das características geomecânicas do solo que serão obtidos através do ensaio de penetração padrão (SPT), aliados aos vários processos executivos que estão sendo desenvolvidos e aplicados nas estabilizações das encostas. As informações que foram obtidas por meio dos laudos de sondagens são extremamente relevantes e deles foram extraídos os principais parâmetros do solo como: peso específico, coeficiente de atrito interno, coesão e a capacidade de suporte, ou seja, a tensão admissível do solo. Dentro deste contexto, os estudos sobre as contenções para estabilização de taludes se tornam cada vez mais importantes tendo em vista as constantes falhas que afetam diretamente a vida útil das estruturas e tornando-as apenas um processo paliativo.

Esses tipos

de projetos normalmente são considerados obras de grande porte e de grande responsabilidade, visto que falhas em seu processo executivo pode causar acidentes, principalmente quando se trata de drenagens que é um dos grandes problemas das contenções em geral. Não foram realizados estudos pluviométricos uma vez que o foco está na contenção cortina atirantada.

Foram feitos estudos para que pudéssemos realizar esse projeto, destacando-se a acessibilidade e a estabilidade de talude pelos riscos de deslizamento. Sendo assim optou-se pela cortina atirantada, método que se tem mostrado muito eficiente nas obras realizadas em belo horizonte e em todo brasil.

Há diversos métodos de contenções de encostas, no entanto para essa obra foi levado em consideração a segurança e os impactos gerados pela execução dos métodos utilizados em cortina atirantada, uma vez que a mesma atinge uma altura significativa. O caso em estudo é uma obra da prefeitura de belo horizonte (PBH), localizado entre as ruas Antares e Levi pereira coelho no bairro santa lúcia, nessa obra será realizada uma via de ligação entre as duas vias.

1.1 CONTEXTO, OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Entre os vários motivos para a realização desse projeto, destaca-se a acessibilidade e a estabilidade de talude pelos riscos de deslizamento. Sendo assim optou-se pela cortina atirantada, método que se tem mostrado muito eficiente nas obras realizadas em belo horizonte e em todo brasil. Há diversos métodos de contenções de encostas, no entanto para essa obra foi levado em consideração a segurança e os impactos gerados pela execução dos métodos utilizados em cortina atirantada, uma vez que a mesma atinge uma altura significativa. O caso em estudo é uma obra da prefeitura de belo horizonte, localizado entre as ruas antares e Levi pereira coelho no bairro santa lúcia, nessa obra será realizada uma via de ligação entre as duas vias.

Descrever o processo executivo de contenção de talude pelo método de cortina atirantada, bem como analisar os principais parâmetros de dimensionamento de uma correta drenagem. Foram feitos estudos comparativos entre a cortina atirantada e terramesh. Nesse estudo de caso, o projeto já está quase finalizado, que visa a estabilização de taludes para ligar as ruas Antares e Leví pereira coelho em belo horizonte.

A presente pesquisa teve como objetivo abranger informações de projeto, bem como os problemas e obstáculos encontrados ao longa da execução da obra. Através do estudo de caso foram demonstrados os principais parâmetros e suas aplicações teóricas que serão

colocados em prática, agregando conhecimentos que no decorrer do projeto serão aplicados juntamente aos métodos construtivos. Nesse estudo mostrou-se a importância dos tipos de drenagens aplicados na estabilização de taludes e sua importância para a construção da contenção.

O estudo feito para a empresa Consorcio Conata Marins Lamar foi de extrema relevância, pois a mesma aplicará os métodos construtivos de forma correta e apresentará todos os seus conhecimentos na execução do projeto em que será implantado, uma vez que essa obra tem grande relevância econômica. Esse projeto levou para a sociedade grandes benefícios como: acessibilidade, maior segurança e tecnologia para os usuários da via existente, uma vez que o aglomerado de casas irregulares trazia o aumento da marginalização de menores juntamente com o tráfico de drogas e armas. A melhoria da mobilidade no local onde anteriormente era de difícil acesso devido a existência de becos e vielas. Outro fator importante foi a regularização dos imóveis que não precisaram sair da localidade, por não participarem do escopo do projeto.

2 DESENVOLVIMENTO

As obras de contenção se referem as estruturas que são implantadas em um talude, oferecendo resistência a movimentação deste ou a sua ruptura, ou ainda reforçam uma parte do maciço, de forma que esta parte possa resistir aos esforços que tendem a sua instabilidade. As contenções inseridas na construção civil possuem o intuito de fornecer estabilidade aos maciços, entre elas estão os gabiões, solo grampeado, muros de arrimo por flexão ou gravidade, cortina atirantada entre outros, além de precaver possíveis deslizamentos que podem vir a acontecer pelo próprio peso da sua estrutura(CARVALHO,1991, p.196).

> Muros são estruturas de contenção que garantem a estabilidade, basicamente, a partir do seu peso próprio. Geralmente, esse tipo de solução é utilizado para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5 m (GERSCOVICH, 2016, P.19).
> Deve ser observado, antes de implantar a obra de contenção, se não há ocorrência de movimentos lentos da encosta (creep), manifestado pela fissuração da superfície e inclinação das árvores, rupturas de canalização de esgotos e águas pluviais (MOLITERNO,1980, p.1).

Pode-se tratar de um tipo de contenção muito utilizado, o muro de arrimo exige um investimento em blocos, concreto e aço, projetados em paredes verticais ou pouco verticais, é feita uma análise da pressão da terra agindo no muro, firmado em uma fundação que

também é analisada em relação à eficácia no suporte do solo das fundações, contando ainda com um sistema de drenagem eficaz.

> Sistema de contenção de solo que estabiliza um maciço de terra constituído de aterro, excluindo-se os maciços de encosta. A geometria e a constituição do muro devem ser apropriadas, capazes de suportar as solicitações críticas durante a vida útil com a segurança desejada (DNER, 2005, p.3).

2.1 Parâmetros iniciais de projetos

Ao iniciar um projeto, o engenheiro ou especialista da área tem critérios necessários que são analisados, traçando uma ação para iniciar uma obra, ou que trará solução a um determinado problema. O mesmo deve estar em vigor com as condições estabelecidas nas normas brasileiras, assim como os materiais.

> Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA; RIPPER,2009,p.19).

O relatório do projeto tem início com um portfólio que contém as normas brasileiras com os critérios condizentes com o tipo de obra a serem construídos, os materiais que vão ser utilizados durante todo o processo de desenvolvimento do mesmo, para cada tipo de contenção o responsável pelo projeto irá determinar essa relação minuciosamente juntamente com o custo, constando ainda uma avaliação geológica e geotécnica da área, e logo em seguida apresentando as especificações dos cálculos por meio do desenho técnico.

"Precisa-se identificar as camadas do subsolo que porventura possam vir a participar dos estudos de estabilidade, assim como determinar suas características geológicas e geotécnicas"(GERSCOVICH,2016).Após elaboração do projeto e análise detalhada de todo o terreno a ser construído, se dá início ao levantamento topográfico, no qual será abordado no tópico seguinte: Terraplenagem, locação da estrutura, empuxo da terra, cálculo do empuxo.

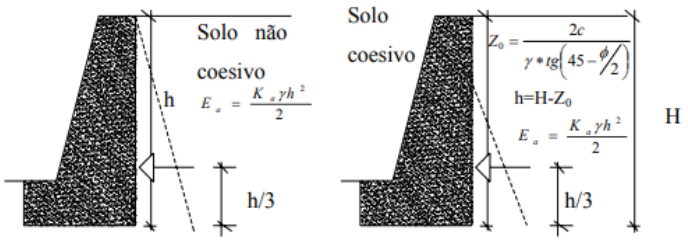
De acordo com os levantamentos necessários para execução de qualquer obra devem-se conhecer os fundamentos de topografia para que então possam ser levantados os valores dos marcos necessários para a então materialização de pontos de cotas definidas através das medições com os aparelhos específicos.

Segundo Machado e Machado (1997) solos não coesivos apresentam mudança das tensões horizontais de acordo com a profundidade e o empuxo consistirá na alteração de

cargas e tensões que irão atuar ao longo da altura da estrutura, onde apresentará um diagrama triangular. Conforme ilustra a Figura 8 a atuação de empuxo ativo sobre uma estrutura de contenção pelo método de Rankine, para solos não coesivos e coesivos.

A Figura 1 apresenta o método de Rankine para cálculo do empuxo ativo sobre estruturas de contenção, um método considerado acessível, de comum execução e principalmente com o retroaterro horizontal.

Figura 1: Tipos de empuxo



Fonte: Machado e Machado (1997)

De acordo com Machado e Machado (1997) essas são as representações de empuxo ativo para solos coesivos e não-coesivos que atuam de forma um pouco diferente onde o solo coesivo atua até o topo da estrutura e o não-coesivo atua no meio da contenção podendo transmitir uma carga diferente.

A Figura 1 apresenta as formas onde são calculados os tipos de empuxos, assim como mostra a Equação 1, para solos coesivos e não coesivos que atuam de formas distintas na estrutura da contenção de forma ao tipo de solo que será contido pela estrutura.

Equação 1: Fórmula para cálculo de empuxo ativo.

$$\tau h = ka * \tau v = tg^2\left(45 - \frac{\acute{\phi}}{2}\right)$$

Fonte: Lima e Vendruscolo (2014).

2.2 Sistema de Drenagem

Em períodos chuvosos os solos têm a tendência de entrar no estado de liquefação, com isso perdendo a resistência do cisalhamento do solo (ABNT, 1991). A presença de água no solo deverá ser tratada de maneira eficiente evitando problemas futuros na contenção.

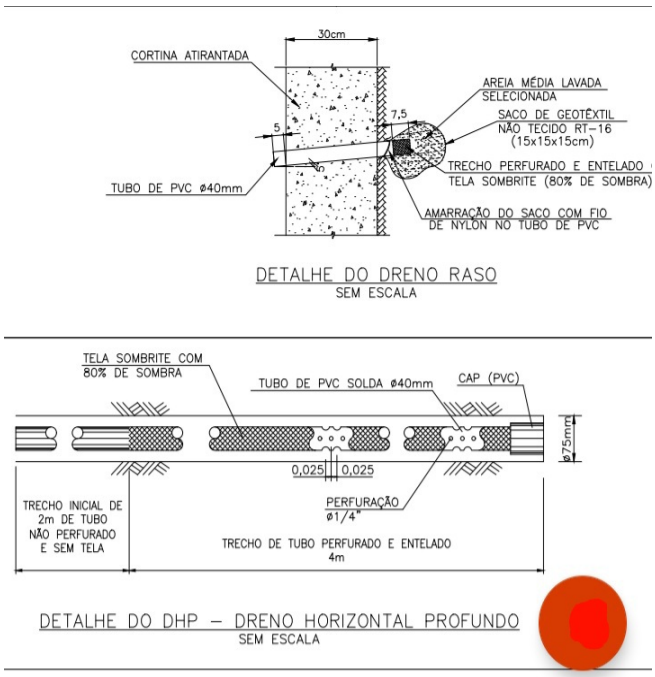
Para não comprometer a estrutura, é adotado o sistema de drenagem podendo esta ser profunda e/ou superficial.

A má execução dos elementos drenantes, poderá trazer sérios riscos de acidente e comprometimento ao arrimo, uma vez que o projeto deverá seguir os fatores de segurança necessários. O sistema de drenagens tem como objetivo proteger o maciço das possíveis infiltrações das águas seja elas pelo lençol freático ou por chuvas (DNIT, 2006).

O dimensionamento do sistema de drenagem está diretamente ligado ao projeto, uma vez que o mesmo determinará o material ideal a ser utilizado e o espaçamento entre si. Os materiais granulares com granulometria adequada como cascalho e brita, tem papel fundamental na drenagem, uma vez que esses elementos fazem separação entre o tardoz do arrimo e o maciço e também auxilia os elementos drenantes (DNIT, 2006).

Esse sistema é formado por drenos rasos geralmente chamado de “Barbacãs” e drenos horizontais profundos (DHP), que são instalados como agregados drenantes e protegidos com material geotêxtil. Os dois sistemas citados são de tubo PVC, com diâmetro calculado de acordo com o índice pluviométrico da região. A finalidade desse sistema é reduzir o volume de água no maciço e no tardoz interno do arrimo, aliviando o esforço atuante do empuxo conforme Figura 2.

Figura 2: Sistema de drenagem profunda



Fonte: CCML (2020).

Na Figura 2 tem-se a ilustração de um exemplo de projeto de drenagem profunda e rasa no qual detalha o material utilizado para os dois tipos de sistema.

2.3 Drenagem superficial

Segundo Gerscovich (2008) as drenagens superficiais deverão captar e conduzir as águas que incidem na superfície do talude, considerando-se não só a área da região estudada, como toda a bacia de captação. Esse sistema tem como finalidade evitar a percolação da água no maciço através de canaletas, valetas, sarjetas e logo após conduzir para locais apropriados conforme Figura 3.

Figura 3: Drenagem superficial

Fonte: DER-SP (2005)

Na Figura 3 é ilustrada a drenagem superficial e os materiais drenantes, assim como a atuação do sistema na condução de água. Barros (2017) ressalta que a drenagem superficial evita fenômenos de erosão na superfície dos taludes e reduz a infiltração da água no maciço, resultando em uma diminuição dos efeitos danosos.

A não observância desses fatores pode levar a estrutura ao colapso, uma vez que o empuxo atuante dobra a pressão exercida com a presença de água no maciço. Assim como o controle das águas pluviais e de lençol freático, é necessário levar em conta os fatores necessários para manter o arrimo em condições favoráveis no combate aos esforços atuantes do empuxo de acordo com o Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT, 2006).

2.4 Cortina Atirantada e Terramesh

A construção dos dois tipos de contenções tem método construtivo distintos. O terramesh tem menor custo uma vez que não se utiliza aço e nem concreto, o que significa que este método é bem mais em conta que os demais. Já a cortina atirantada tem um alto

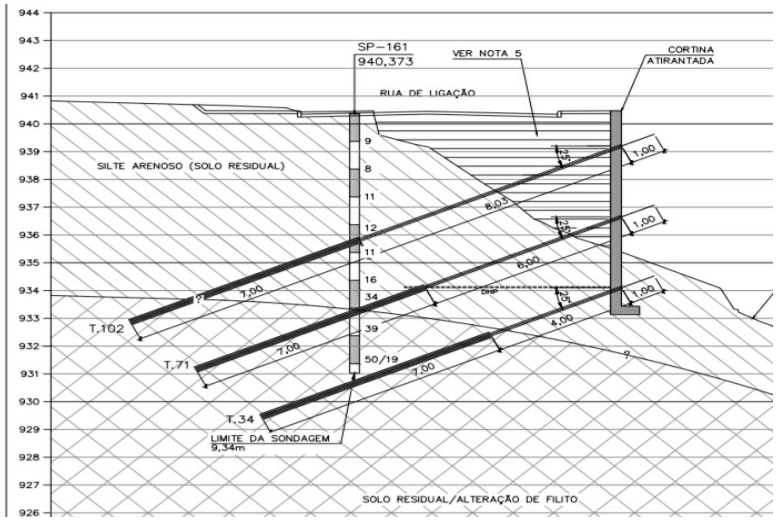
custo, uma vez que a mesma trabalha com material, equipamento e mão de obra especial (AMARO, 2006).

O terramesh é um tipo de contenção à gravidade, ou seja, a sua maior qualidade é seu peso próprio. A semelhança entre o terramesh e os muros de arrimos, é que ambos precisam de ancoragem e suporte auxiliar. A cortina atirantada trabalha de maneira tracionada contando com ancoragens e suportes auxiliares como placa de aço, porcas e outros. Já o terramesh é ancorado por faixas horizontais de rede dupla ou tripla torção que acompanha o aterro (AMARO, 2006).

A cortina atirantada consiste em um sistema de contenção muito eficiente, podendo ser instalada em qualquer terreno e sobre qualquer topografia. Normalmente esse tipo de contenção é utilizado para locais com topografia bem acidentada e quando o estaqueamento não seria bem-sucedido.

Essa contenção de cortina atirantada é composta de concreto armado ancorada com tirantes ou cordoalha. A ancoragem é feita através da aplicação de calda de cimento juntamente ao maciço. O tirante trabalha em um trecho livre e outro ancorado, sendo a ancoragem realizada através de calda de cimento e o trecho livre somente sobre o solo compactado como mostrada na figura abaixo:

Figura 4: Projeção dos tirantes junto ao solo



Fonte: CCML (2020)

3 METODOLOGIA

Segundo Sampieri, Colado e Lúcio (2013) a pesquisa é o conjunto de processos sistemáticos, críticos e empíricos aplicados no estudo de um fenômeno. As pesquisas tendem a trazer o conhecimento de algo desconhecido para aperfeiçoamento científico

daquilo que se procura. Com isso a pesquisa traz ao pesquisador melhor clareza em sua linha de raciocínio referente ao tema estudado.

Gil (2008) relata que cada pesquisa social, naturalmente, tem um objetivo específico. Contudo é possível agrupar as mais diversas pesquisas em certo número de agrupamentos amplos. Sendo assim as diversas pesquisas são caracterizadas em grupos de acordo com a necessidade e objetivo que o estudo terá ao longo percurso. As mesmas são classificadas como pesquisas exploratórias, descritivas, explicativas, aplicada e metodológica (GIL, 2008, p. 27).

4 APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS

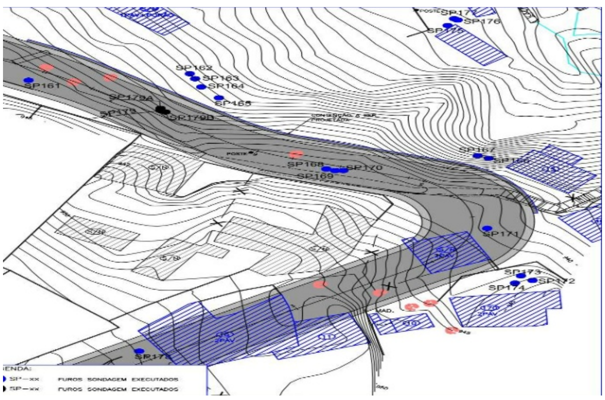
Todo projeto tem seu processo iniciado por planejamento e logo após as coletas de dados do terreno. Nessa construção foi escolhido o método construtivo contenção por cortina atirantada. Esse sistema é considerado muito eficaz por vencer grandes alturas e sendo realizado da maneira correta, dificilmente sofrerá rupturas.

4.1 Análise dos métodos de execução do projeto.

No projeto da contenção a execução iniciou com as mobilizações das residências contidas no local. Logo após iniciou-se a limpeza do terreno que devido as demolições realizadas no local, o solo continha muitos restos de fundações.

Foi realizada uma sondagem no local em que foram realizados 21 furos conforme indicado na figura 5, que em alguns pontos o solo apresentou impenetrável a percussão a menos de 2 metros de profundidade.

Figura 5: Mapeamento dos furos de sondagens



Fonte: CCML (2020).

Sendo assim, iniciou-se os cortes de talude para acerto do alinhamento da contenção juntamente com as marcações dos furos de tirantes, realizado pela topografia.

Por tanto a empresa contratada realizou os furos e inseriu os tirantes a 25º graus, com o trecho ancorado de 7 metros e o trecho livre foi com tamanhos variados de 4m a 8m conforme projeto.

Fotos da esquerda para a direita temos:1. A instalação dos tirantes, 2.O processo de aplicação da calda de cimento no furo do tirante, 3. A primeira parte da contenção, 4. O processo de drenagem e 5. O aterro da contenção.

Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2021.

Logo após instalar os tirantes, foi realizado o processo de bainha que é a aplicação de calda de cimento através do equipamento de injeção, o traço para cauda de cimento foi utilizado fator água/cimento 0,5 que equivale 25L de água para cada 1 saco de 50kg de cimento. Também foram utilizados 5 sacos de cimento na bainha (1º fase) e 35 em média na injeção (2º fase).

O equipamento de injeção tem três finalidades, sendo elas fazer a mistura do cimento com água através do misturador, lançar a calda no furo através da mangueira, bomba de injeção e controlar a pressão da injeção de calda de cimento no solo com o manômetro de pressão. Na bainha é utilizado pressão menor (5 kg/cm²) porque é utilizada somente para preenchimento do furo. O período de cura da bainha foi de aproximadamente 24h, logo após iniciou-se a injeção. A pressão utilizada na injeção foi em média 60kg/cm² pela necessidade de romper a manchete no tubo auxiliar. A função da mesma é preencher os vazios do solo em volta do furo que também é realizada por cauda de cimento.

O método utilizado para o DHP como citado, é diferente do dreno raso. O mesmo esperou a finalização do aterro para então ser iniciado. Os materiais utilizados foram tubo de PVC solda 40mm de diâmetro sendo 6m de comprimento (2m não perfurado e 4m perfurado), sombrite com 80% de sombra que envolve o tubo em toda sua extensão. Vale ressaltar que no processo da concretagem da contenção, foi deixado a espera do tubo com um diâmetro de 75mm, em alguns casos não deixaram a espera, sendo assim foi contratada uma empresa para realizar os furos na contenção para realização dos furos do DHP. Realizado o furo então, é inserido o tubo do DHP finalizando então a última etapa da drenagem.

Foto 7: Contenção de concreto armado com espera para DHP. (Cortina atirantada).

Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2021.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados e os resultados coletados na execução do projeto, concluiu-se que a correta escolha da contenção foi fundamental para o prosseguimento do projeto. Percebeu-se que outro tipo de contenção não seria tão eficaz, uma vez que, como citado na análise dos métodos de execução do projeto, o solo apresentou-se impenetrável a menos de dois metros, outra ressalta é a altura que a contenção atingiu.

O projeto em si, visa melhorias para a população no entorno da localidade da execução do projeto e da população como um todo. Os problemas recorrentes com residências irregulares em locais com riscos de deslizamentos de taludes, foi um dos pontos mais importantes levantado pela PBH e pelo estudo realizado, uma vez que além dos que foram retirados terem uma moradia segura e regularizada, os residentes que permaneceram terão melhor acessibilidade e segurança no local da execução do projeto.

De acordo com as informações fornecidas pela empresa anteriormente a execução do projeto, seria difícil de imaginar o encontro entre a rua Antares e a rua Levi Pereira Coelho, uma vez que a distância entre elas era grande. No entanto à medida que o projeto foi sendo executado, notou-se que mesmo com as dificuldades encontradas, o projeto teve êxito significante.

As medidas realizadas pela PBH foram remediativas e também preventivas, a prova dessa afirmação é que nesse estudo em especifico não teve relatos de acidentes fatais no local da execução do projeto. Porém notou- se que havia grandes chances de deslizamentos que poderia causar transtornos, prejuízos e mortes.

Conclui-se que através dos estudos referentes as áreas de solos, concreto e contenções, este foi um processo que teve importância significativa no segmento de suas etapas. Após a execução do projeto de contenção ficou definido que o método de cortina atirantada foi o mais adequado para a execução de contenção em taludes com altura superior a 10 metros, uma vez que não teve danos no processo construtivo e o projeto não precisou sofrer alterações.

REFERÊNCIAS

ABITANTE, André Luís; CUNHA, Alessandra Martins; LÚCIO, Caroline Schneider Lucio; ESPARTEL, Lélis; STEIN, Ronei Tiago; SIMIONATO, Vinicius. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência**: filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 11682:1991 – Estabilidade de taludes.** Rio de Janeiro: NBR, 1991.

___**NBR 13133:1994 – Execução de levantamento topográfico.**Rio de Janeiro: NBR, 1994.

___**NBR 6484:2001 –Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT** - Método de ensaio**.** Rio de Janeiro: NBR, 2001.

BARROS, Pérsio Leister Almeida. **Manual técnico de obras de contenção:** São Paulo: Maccaferri do Brasil, 2008. 1 ed.

BARROS, Pérsio Leister de Almeida. **Obras de Contenção**. São Paulo: Maccaferri, 2017.

CARVALHO, P. **Taludes de rodovias**: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: DER-SP, 1991.

CONCIANI, Wilson *et al.*, **Manual do sondador**. Instituto Federal de Brasília: Editora IFB, Brasília, DF, 2013. 118p: il. 23 cm.

DER- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – São Paulo. **Instrução de Projeto:** Muro de arrimo. IP-DE-C00/005, março/2005. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-C00-005_A.pdf. Acesso em 03 abr. 2021.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagens de rodovias**. Rio de Janeiro, 2006. 2 ed.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 2018.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. Rio de Janeiro: Globo, 1987.9 ed.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos solos aplicada**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

GEOSENSORI. **O uso das curvas de nível.** 2019. Disponível em: https://www.geosensori.com.br/2019/05/20/. Acesso em 03 abr. 2021.

GERHARDT; SILVEIRA, D; **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Editoração eletrônica: Luciane Delani, 2009. 1 ed.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Estrutura de Contenção Muros de Arrimo**. Rio de Janeiro, 2008.

GERSCOVICH, Denise M.S. **Contenções**: teoria e aplicações em obras, São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007.5ª ed.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.6ª ed.

LIMA, Stela Lopes de; VENDRUSCOLO, Márcio Antônio. Determinação da capacidade de suporte de fundações superficiais apoiadas sobre camadas de areia de fundição artificialmente cimentadas. In: SEMINÁRIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFFS, 4., 2014, Chapecó. **Anais [...].** Chapecó: UFFS, 2014. p. 1-2.

MACHADO, Sandro Lemos; MACHADO, Miriam de Fátima. **Mecânica dos solos II**: conceitos introdutórios. Salvador, 1997.

MAGALHÃES, Edimarques Pereira. **Comportamento experimental de uma cortina de estaca prancha assente em solo poroso de DF**: implicações para o projeto e metodologia de cálculo. 2003. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geotécnica, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e** gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOLITERNO. A. **Caderno de muros de arrimo.** São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1980.

CONTRIBUIÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE 5S, KAIZEN E PDCA PARA ADMINISTRAÇÃO DO ARMAZÉM: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA SUPERMIX COMERCIAL S/A EM CONTAGEM - MG

Gustavo de Paula Rocha[18]
Tálita Rodrigues de Oliveira[19]
Raquel Ferreira de Souza[20]

RESUMO

Cada vez mais as empresas percebem a necessidade de investir na qualidade na hora de produzir ou gerenciar seus produtos, com foco em melhores entregas. É neste contexto que surgiram as ideias de elaboração de ferramentas de qualidade nas empresas, desde a forma de gestão de seus produtos, com foco na armazenagem, até os processos produtivos e logísticos. A Qualidade pode ser vista como um facilitador do sucesso de qualquer negócio, isto quando aplicada de forma contínua em todas as áreas da empresa, com foco no ramo em que atua, sobretudo na gestão de produtos ou prestação de serviços, armazenamento e distribuição de seus estoques, sabendo que estes processos são responsáveis pela imagem da empresa em relação ao seu consumidor. O objetivo deste trabalho foi verificar quais as contribuições da aplicação de ferramentas de qualidade para a eficiência na gestão do estoque em uma empresa de varejo de grande porte localizada no município de Contagem/ MG. Essa discussão foi realizada por meio de um trabalho de pesquisa qualitativa, bibliográfica, documental e com estudo de caso. Como principais resultados foi possível apontar uma redução de desperdícios e atrasos na implementação das ferramentas como PDCA, Kaizen e 5'S, além da maior competitividade, redução de custos com horas extras e conscientização de colaboradores sobre o desperdício, na empresa Supermix S/A.

Palavras-chave: Qualidade em empresas. Gestão de estoques. Engenharia de Produção.

[18] Graduando de |Engenharia de Produção da FEAMIG.
[19] Orientadora e docente da FEAMIG.
[20] Orientadora e docente da FEAMIG.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as empresas percebem a necessidade de investir na qualidade na hora de produzir ou gerenciar seus produtos, com foco em melhores entregas. Assim, o investimento em qualidade, seja no processo produtivo seja com foco na organização interna, passou a fazer parte das rotinas das empresas, objetivando mudanças ou adaptações de seus produtos e processos internos de gestão, armazenamento e distribuição desses produtos, refletindo-se em melhores entregas e ambientes mais limpos, organizados e saudáveis de trabalho.

É neste contexto que surgiram as ideias de elaboração de ferramentas de qualidade nas empresas, desde a forma de gestão de seus produtos, com foco na armazenagem, até os processos produtivos e logísticos. Estas ferramentas de gestão de qualidade passaram por diversas etapas de amadurecimento, até atingir os conceitos que se conhecem, etapas estas que fazem com que as organizações criem suas estratégias de desenvolvimento, produção e gestão de estoques, baseados na melhoria contínua, com foco tanto no cliente quanto no colaborador.

Assim, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é discutir as contribuições da aplicação de ferramentas de qualidade para a eficiência na gestão do estoque, a partir do estudo de caso em uma empresa de varejo de grande porte localizada no município de Contagem MG.

O engenheiro de produção é aquele que responsável pela organização dos processos produtivos em uma organização. Cabe a este profissional buscar estratégias de melhoria contínua em atividades de produção, armazenamento e distribuição dos produtos de uma determinada empresa com foco no cliente e na melhoria do ambiente de trabalho, para maior produtividade. Tendo em vista as diversas ferramentas e processos envolvidos na gestão dos estoques existentes, e o papel do engenheiro de produção em optar por uma delas para a aplicação em sua vida prática, apresenta-se o estudo de caso sobre as contribuições da aplicação das ferramentas de qualidade para a gestão do estoque em uma empresa de varejo, seja de grande porte localizada no município de Contagem MG.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A Qualidade e sua importância nas organizações

Segundo Mello (2011), a qualidade está associada a tudo aquilo que é bom, faz parte do vocabulário de quase todas as pessoas e está diretamente ligada em três fatores: redução de custo, aumento de produtividade e a satisfação do cliente. Em outras palavras: fazer melhor, com menos custos, entregando ao cliente produtos que correspondam às suas expectativas ou as superem.

Cabe à organização ter instrumentos adequados para aferir no processo a qualidade do

produto ou serviço. Ter evidência de controle, analisar dados, tomar ações baseados nestes dados, garantirá que os clientes não receberão problemas e consolidará a confiança, e a moral da equipe tem como base o ser humano, não poderia ser pequena a preocupação com capacitação e motivação dos empregados no trabalho. Entende-se que com o empregado motivado produz com mais qualidade e que as organizações devem estar sempre analisando o clima interno da organização, relacionamento das equipes e outros (MELLO, 2011).

Conforme Graça (2018), a qualidade é formada por tudo aquilo que atende perfeitamente de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo as necessidades dos clientes, ou seja, em outras palavras, sendo um projeto perfeito, sem defeitos, com um custo baixo, passando segurança para o cliente e fazendo a entrega do produto no prazo certo, no local certo e na quantidade certa.

O verdadeiro critério da boa qualidade é a preferência do consumidor. É isto que garante a sobrevivência de sua empresa: a preferência do consumidor pelo seu produto com relação ao seu concorrente, hoje e no futuro. O Controle da qualidade total deve seguir a linha *top-down*, tendo que ter um responsável delegando as tarefas e como deve acontecer o processo, a mudança deve acontecer baseando na educação e treinamento de todos os indivíduos da organização, orientada por uma instituição qualificada e credenciada. A importância dessa gestão com qualidade será tratada a seguir.

2.2 A importância da Qualidade como estratégia nas organizações

A grande preocupação de uma organização é suprir as necessidades de seu público, promovendo satisfação por um bom período após a compra. Outro fator de preocupação é a satisfação e motivação dos empregados que fazem parte desta organização. Outra preocupação são os acionistas que respondem por uma boa parte financeira da organização (CAMPOS, 2004). Já o Quadro 1 retrata o processo de planejamento da qualidade como o desenvolvimento do produto e dos processos exigidos para atender as necessidades do cliente. Existem diversos erros de julgamento e interpretação, porque o termo qualidade é muito complexo de definir. Por esse motivo há uma grande necessidade de contextualizar, para todos os integrantes da organização, os conceitos de qualidade para que todos percebam a importância da qualidade nas organizações, onde tais definições têm foco no cliente, na melhoria contínua da imagem da organização e no envolvimento de todos no processo de melhoria (CAMPOS, 2004).

A qualidade corresponde a correção de erros de produtos com defeitos, à simplificação e à racionalização de procedimentos e tarefas, e à agilização da comercialização dos produtos. Por esses motivos, a qualidade refere-se a padrões de procedimentos que visam adequar e uniformizar os produtos, tendo em vista sua aceitação pelo consumidor / cliente, com a internação de torná-lo cativo e fiel no seu consumo (OLIVEIRA, 2003).

2.3 Ferramentas da Qualidade nas Empresas

A política de qualidade de uma organização serve para direcionar os esforços de todos para um resultado em comum, beneficiando a todos. Mas se tratando de gestão de armazém, nem todas as ferramentas e metodologias são necessariamente interessantes. Essas ferramentas orientam a gestão dos estoques e auxiliam na organização do trabalho interno, erradicação de perdas, com reflexos nos custos, o que também influencia na satisfação e na confiança dos clientes, aumenta a produtividade, diminui custos internos na produção, gera melhorias contínuas nos processos e produtos; minimiza recursos desperdiçados; melhora na conquista de novos mercados de modo eficaz (FERNANDES, 2015).

Em igual sentido, para Graça (2018), as ferramentas da qualidade são imprescindíveis para gerir estoques de forma eficaz. Pode-se utilizar diversas ferramentas da qualidade, sempre com foco em melhores entregas, melhoria contínua de processos de trabalho e produtividade. Algumas dessas ferramentas serão tratadas a seguir.

2.3.1 Kaizen

De acordo com Imai (2014), quando se menciona Kaizen é necessário, primordialmente, falar de Imai, o pai do Kaizen. Em sua abordagem é observado uma filosofia nos princípios socioculturais orientais trazidos para as organizações, tendo como foco desenvolver, gradualmente, o comprometimento de todos os envolvidos, através do planejamento, implementação e o acompanhamento. Para a implantação desta ferramenta, deve-se seguir alguns passos: a escolha da área a ser estudada, selecionar os problemas a serem solucionados, treinamento de pessoal, pois quando se integra tal ferramenta ao processo, o aumento de produtividade em conjunto com a qualidade é visível, tornando a organização visada, rentável e à frente no mercado.

Assim, o Kaizen como ferramenta de qualidade se torna um fator necessário para as empresas, principalmente na armazenagem para garantir maximização do uso dos espaços, aumentando a área estática, permitindo o armazenamento de um número maior de produtos; acesso rápido aos itens armazenados, através do uso de endereço, evitando o gasto de tempo durante a sua busca; proteção e conservação dos materiais, de acordo com as suas propriedades e especificações; usando como estratégica para garantir a qualidade dos serviços prestados a seus clientes, e controle de estoque, otimizando tempo nas operações.

2.3.2 PDCA

De acordo com Mello (2011), PDCA é uma das ferramentas mais famosas de controle de processos, as vantagens dessa ferramenta e produzir melhorias para as empresas nas atividades

em geral, tanto para controlar como para aperfeiçoar, com novas metas que serão estabelecidas durante todo o ciclo que envolve todos os participantes, e responsabiliza cada um pela melhoria continua.

Conforme Vieira (2012), PDCA é o método para tomar decisões e garantir que as metas estabelecidas sejam alcançadas para a sobrevivência de uma organização. Sua vantagem é sempre manter meta padrão e isso traz uma segurança para a empresa de quanto irá vender e lucrar, assim tornar estáveis as metas iniciais para que possa entrar em uma rotina e visando novos desafios e procedimentos. Segundo Xenos (2014), PDCA é uma forma de atingir uma meta, por exemplo, o custo de manutenção, reduzir número de falhas, fazer uma ação de forma organizada. A vantagem de uma P.D.C.A desenvolvido dentro de uma empresa depende do custo das ferramentas de qualidade para coleta de análise de dados qualitativos e quantitativos sobre o problema que está sendo atacado.

2.3.3 5S

Conforme Mello (2011), os 5S ou 5 Sensos são utilizados para otimizar ferramentas e organizar espaços, processos e ações a serem tomadas no cotidiano profissional e pessoal. No ambiente organizacional o foco destes sensos visa promover e melhorar o ambiente de trabalho com ganhos consideráveis de produtividade e qualidade. Ainda conforme Mello (2011) os sensos são: SEIRI (senso de utilização): Este senso visa separar somente o que é necessário e útil para determinada função a ser pratica ou ação a ser desenvolvida, seja ela qual for.

Ele proporciona aumento da produtividade nas funções exercidas, organização do seu setor de trabalho, assim gerando maior competividade e custo benefício, por manter o ambiente de trabalho limpo e organizado deixando somente o que é necessário para o trabalho em questão. SEITON (senso de arrumação): Este senso propõe a organizar de forma objetiva ferramentas, produtos e documentos, visando facilitar a localização e identificação e acessos (MELLO, 2011).

Suas melhores características são a organização e otimização de espaço para as organizações, além de organizar e otimizar, gera produtividade, assertividade, curacidade e competividade dos processos frente a concorrência.

3 METODOLOGIA

Classifica-se esta pesquisa como uma pesquisa descritiva, porque foi empregada com o objetivo de analisar descritivamente características, fenômenos, e experiências observadas no que se refere às possíveis contribuições da aplicação de ferramentas de qualidade para a gestão do estoque em uma empresa de varejo de grande porte localizada no município de Contagem

MG (GIL, 2006). No que se refere a seus meios, foi um estudo de caso, já que tratou de investigar, em profundidade, com singularidade, e in loco, quais as principais contribuições da aplicação de ferramentas de qualidade para a gestão do estoque em uma empresa de varejo de grande porte.

O universo desta pesquisa são os setores de estoque em empresas de varejo, já a amostra foi composta pelo setor único de estoque de produtos a serem comercializados em uma empresa de varejo de grande porte localizada no município de Contagem MG.

A maior limitação pode ser o acesso do participante em todas as etapas de trabalho dentro do setor de estoque, já que esta precisa acompanhar os tempos de planejamento, aplicação e resultados das ferramentas, o que necessita da permissão da empresa, sem causar transtornos ao seu funcionamento rotineiro. Por fim, outra limitação pode ser a implementação de algumas das ferramentas descritas no referencial teórico, já que pode haver certa resistência de colaboradores do setor às mudanças implementadas (VERGARA, 2005).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Mapeamento do funcionamento do armazém da Supermix S/A

Conforme a pesquisa de campo realizada na empresa SUPERMIX COMERCIAL S\A, localizada em Contagem-MG, entre os dias 10 de outubro a 10 de dezembro de 2020, foi possível identificar que a empresa possui atualmente 132 funcionários internos e 192 externos. Através de visitas técnicas realizada pelo autor do trabalho, foram identificadas não conformidades quanto ao processo de layout e armazenagem dos produtos, como produtos fora de lugar, armazenados nos corredores e misturados a produtos de diferentes naturezas.

Também foi possível verificar que os materiais com o maior giro rotativo estavam alocados em locais distantes das docas, impactando no processo de separação, atraso no carregamento, perda de produtividade por funcionário e avarias constantes. Em entrevista informal com os gestores e coordenadores setoriais, foram levantadas algumas dificuldades do setor, tais como sistema de endereçamento falho, desgaste físico dos funcionários, menos produtividade por hora/homem, causando atraso no carregamento e impactando no prazo de entrega ao cliente, presenciamos mercadorias alocada de forma desorganizada causando avarias e divergências de estoque, ausência de treinamento adequado para os funcionários, controle de estoque inseguro, excesso de produtos em estoque.

A Figura 01, mostra o local de armazenamento de produtos, começando pelos produtos de higiene pessoal, que serão comercializados seja por meio do sistema de atacado, seja por meio do varejo. Na Figura 01 foi feita nas dependências do armazém da Supermix S/A e mostra as

desconformidades encontradas.

Figura 01 - Área de produto de higiene pessoa
Fonte: Autor (2020).

Entre as não conformidades encontradas, é possível observar que os produtos estavam armazenados de forma incorreta, mercadorias fora da área em que deveriam estar, sem a correta identificação, produtos de higiene muito próximo a produtos alimentícios, o que culmina em risco de contaminação e perda do produto, causando divergência de estoque. A Figura 02 demonstra essas irregularidades de um ângulo diferente, que as deixa ainda mais aparentes.

Figura 02 - Área de produto de higiene pessoal
Fonte: Autor (2020).

Na Figura 02, percebem-se embalagens de sabonete alocadas em caixas maiores e, por cima destas, embalagens menores de outros materiais, como pastas de dente, que possuem odor, natureza, peso e tamanho diferentes. Este tipo de armazenamento incorreto, além de causar danos aos materiais estocados, acarreta uma perda de tempo quando é preciso encontrar o material em estoque para entregas ou reposições. Analisando o setor de outro ângulo, percebe-se que as mercadorias estavam avariadas, produtos fora de sua embalagem padrão, conforme Figuras 1 e 2, desperdício de materiais, excesso de produtos, corredores obstruídos por palet's causando atraso na separação, e poluição visual. Essas inconformidades ficam mais evidentes nas Figuras 3 e 4.

Figura 3- Área de produtos de higiene
Fonte: Autor (2020).

A Figura 03 mostra a desorganização na disposição das caixas no estoque na área de higiene, assim como deixa aparentes as avarias sofridas pelos materiais armazenados.

4.2 Identificação das ferramentas de qualidade total a serem implementadas e em funcionamento no armazém da Supermix S/A, em Contagem MG

A partir da aplicação dos questionários aos colaboradores do setor e à gestão da empresa, em novembro de 2020, de forma remota em razão da pandemia do novo Coronavirus, foi possível perceber que a implementação das ferramentas de qualidade total não eram apenas uma necessidade em relação à organização do espaço e à redução de perdas, mas também para a certificação da empresa no setor e sua competividade.

Nesse sentido, a resposta dos questionários leva a concluir que são o processo de implementação, tanto do 5'S quanto do kaizen, são procedimentos com grande valor agregado, que contribuem com certificação da empresa e precisam ser documentados, desde a preparação dos colaboradores e mudança de cultura através dos treinamentos, até a mudança dos processos operacionais e gerenciais.

As ferramentas *KAIZEM*. P.D.C.A e 5s fornecem para a empresa qualidade nos serviços a começar pela organização, limpeza, confiabilidade, a lealdade dos colaboradores, um planejamento seguro do estoque, boa coordenação e comunicação, sendo estes fatores que contribuem para o certificado ISO 9000 para a empresa.

O treinamento técnico, que consistiu na apresentação dos principais conceitos de melhoria contínua e produção enxuta e o treinamento comportamental, que visou aumentar a percepção do ambiente, instigar a criatividade dos colaboradores, além de exercitar, por meio de dinâmicas, os conceitos aprendidos no treinamento técnico. A partir do treinamento foi possível aplicar um

questionário aos colaboradores e gestores, também no mês de novembro de 2020, a fim de identificar os principais problemas que afetam a qualidade do serviço prestado. A avaliação constituiu na marcação de ocorrências de possíveis problemas que afetam a qualidade do serviço, tais como: atraso da entrega do produto comprado, produto danificado, atendimento ruim e estrutura do depósito. Esse questionário foi aplicado durante a entrega dos produtos, para os atacadistas, e no momento da venda no próprio depósito, para os varejistas, as respostas foram alocadas no Quadro 02.

Problemas	Ocorrência
Atraso na entrega	Frequente
Produto / embalagem danificada	Muito frequente
Reclamações	Menos frequente
Dificuldades de localização	Frequente

Quadro 2 – Frequência dos problemas no setor

Fonte: Autor (2020).

Nesta etapa, apontou-se também que a empresa começou a utilizar como as ferramentas da qualidade, tais como o ciclo PDCA para algumas atividades específicas do armazém, e mantém um sistema de gestão da qualidade própria baseado em alguns princípios das normas da ISO 9001 e da ISO 9004, que eles buscam atingir, além de utilizadas com o objetivo de administrar melhor os processos e otimizar os aspectos documentais da empresa. Entretanto, é consenso na empresa que essas ferramentas precisam ser melhor gerenciadas.

Também ficou evidente na questão seguinte da ferramenta utilizada, onde a organização afirma que tem propósito em obter uma certificação ISO9001. O primeiro passo, então, foi aplicar o PDCA corretamente. Para isso, partiu-se de um planejamento, proposto com base nas informações documentais disponibilizadas pela empresa, com base nas observações em campo e dos questionários, já que com a junção das suas fontes de informação foi possível identificar as perdas, desperdícios e atrasos no processo, bem como traçar panoramas de operação atuais e os ótimos (CAMPOS, 2004).

O PDCA envolvia desde o treinamento, que foi a primeira etapa, até a compreensão e a conscientização de colaboradores sobre a importância de evitar desperdícios, atrasos e danos. A segunda etapa foi agir, a partir dessas informações, e tendo as ferramentas como padrão, a ideia era estabelecer um plano para a melhora nos índices de redução dos desperdícios e perdas no período observado.

4.3 Estudo de caso sobre a implementação e as contribuições das ferramentas de qualidade *Kaizen*, PDCA e 5s na gestão do armazém da Empresa Supermix S/A

Novamente, ao final da implementação das ferramentas, foi questionado aos gestores e colaboradores sobre os resultados esperados e alcançados. De acordo com esse novo questionário, a opção de implementar ferramentas de qualidade na Supermix comercial teve o objetivo de melhorar, principalmente, a redução de custo, minimização do tempo e redução do absenteísmo do pessoal, a melhoria contínua e a qualidade total põem forte ênfase no trabalho em grupo. São técnicas participativas onde é possível mobilizar as pessoas na derrubada de barreiras à qualidade, e tinham o objetivo de reduzir o custo operacional de 30% a 35% dentro de três meses após a aplicação das ferramentas, conforme Gráfico 01.

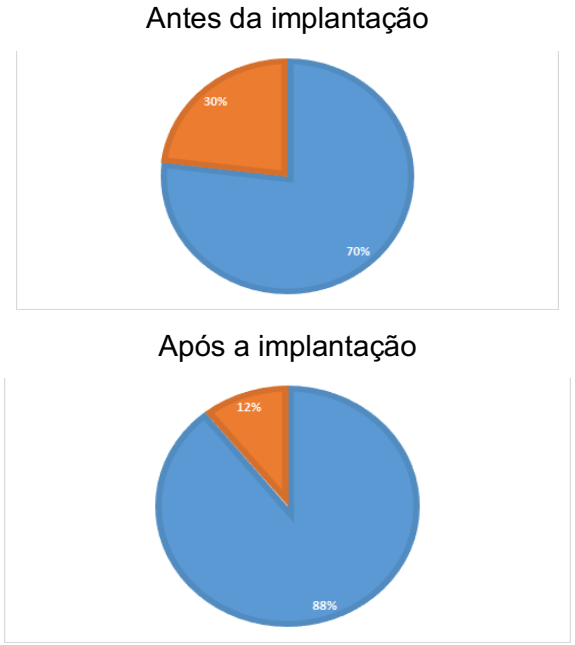


Gráfico 01 –Atrasos na demanda
Fonte: autor de acordo com dados da empresa (2020).

Segundo dados da empresa, houve um aumento da competitividade no mercado onde foram analisados pela empresa que aumentou suas vendas em 8% após a aplicação das ferramentas KAIZEM, P.D.C.A e 5s. Pois os clientes ficaram mais satisfeitos com seus pedidos em conformidades proporcionando diminuição de rupturas dos negócios (cancelamentos e perdas de clientes). A Melhor organização no armazém mercadorias bem alocadas nas áreas de *picking* diminuíram o gargalo os atrasos no processo de separação em 20% com ruas ou corredores disponíveis para o melhor andamento do processo, houve diminuição em 82% do retrabalho na separação e ruptura.

Quanto à redução de custos houve uma queda considerável nesse sentido, após a aplicação no primeiro mês ocorreu a minimização do tempo e diminuição de retrabalho A

diminuição foi para 160 horas, totalizando 40 horas semanais, conforme Gráfico 02, com isso ocorreu maior tempo de descanso dos funcionários, diminuição de danos aos materiais, diminuição de 70% de avarias ao manusear mercadoria, pois estavam melhor alocadas por funcionários treinados.

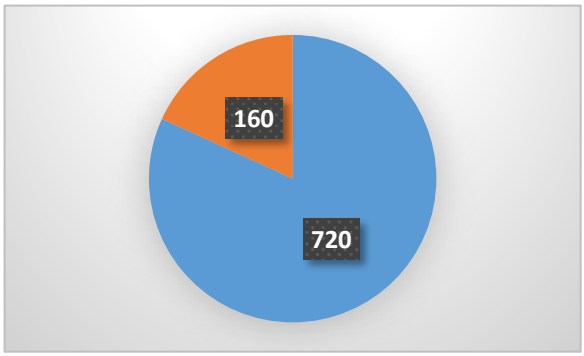


Gráfico 02 – Redução Horas extras
Fonte: autor de acordo com dados da empresa (2020).

No Gráfico 02, ficou clara a redução de custos com horas extras, mas implicitamente, isso significou um trabalho com mais descanso e redução de outras perdas de materiais.

Conforme os dados da pesquisa o papel da gerencia foi muito importante nesta implantação, pois concedeu, aos gerentes, novas responsabilidades com a implementação do sistema de gestão da qualidade dentro da organização, em que acompanha de forma mais próximo todo processo operacional através de indicadores deixando assim uma comunicação mais segura. Com informações das ferramentas de qualidade entendendo a necessidade de cada operação, facilitando assim na tomada de decisão.

Conforme resposta do entrevistado nenhuma ferramenta era utilizada na empresa até o desenvolvimento deste trabalho acadêmico. A empresa SUPERMIX COMERCIAL S/A foi usada como um laboratório para a implantação e desenvolvimento das ferramentas como o KAIZEM E PDCA e o 5s, o resultado foi um grande sucesso. Em pouco tempo foram observados fatores como a organização, motivação qualidade no trabalho de cada colaborador envolvido, e redução de custos na área operacional ocorreu de forma gradativa, um dos pontos mais importantes foram o aumento da agilidade e a responsabilidade de cada colaborador frente a sua função, após a implantação das ferramentas de qualidade, os com os pedidos sendo atendido no prazo estimado pela empresa.

Conforme Mello (2011), a ferramenta de qualidade otimiza energia de trabalho do recurso humano, pois afinal evita desperdício, diminui o retrabalho, pois o erro gera retrabalho, que gera impaciência estresse no colaborador, qualidade total gera e mais satisfação ao trabalhador, esteja ele na instancia em que estiver na empresa. Pelos resultados da pesquisa, após a escolha das ferramentas para serem usada como um fator estratégico, o maior desafio foi desenvolver o gerenciamento participativo. Com mudanças a maneira antiga de “tocar” o negócio. Foi

esclarecida sobre a importância da mudança de mentalidade dos gerentes e líderes, para um novo modelo de gestão do armazém, com planejamento, delegação e treinamentos, gerando mais participação de seus funcionários.

Dessa forma, propõem-se como sugestões para a empresa, auditorias que verifiquem a funcionalidade da política de qualidade adotada e da necessidade de alteração da mesma. Aplicações de ferramentas como o ciclo PDCA e atividades que promovam a inclusão e fortalecimento das relações com os colaboradores. Por fim, sugere-se a implementação defendida por Lopes (2014), de um sistema de gestão da qualidade mais robusto, como a Norma ISO 9001.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme análise feita na empresa SUPERMIX COMERCIAL S/A.com base no conhecimento acadêmicos adquiridos, foram sugeridas as seguintes melhorias: Implementação das ferramentas de qualidades como o PDCA, planejar desenvolver e checar os resultados e agir em cima dos problemas. 5s para desenvolver a melhorias das organizações do *layout, KAIZEN* melhoria continua que não agrega valor e realiza mudança de cultura dos funcionários, e o grupo sugeriu à gerencia, as seguintes melhorias para administração do armazém.

Foram levantados os pontos falhos buscando através da melhoria, alocar os produtos próximos a áreas de carregamentos docas diminuindo tempo, maior agilidade no carregamento e cliente satisfeito por receber mercadoria de forma hábil. Em mesmo sentido, na alocação de mercadorias foram sugeridas as implementações do 5s para melhorar o layout, deixando as áreas organizadas e acessíveis para o melhor remanejamento do fluxo de carga e facilidade no manuseio e agilidade na separação.

Também foi sugerida a integração de treinamentos quinzenais para o operacional afim de incentivar uma nova cultura de melhoria contínua, usando o método *braistormingm* afim de ouvir os funcionários sempre na melhoria continua. Bem como, utilizações do P.D.C.A para avaliar o problema do excesso de mercadorias nas áreas de *pincking* e planejar uma melhor forma de alocar a mercadoria, após desenvolver o processo, agir em cima do foco para melhoria diminuindo o excesso de produtos nas áreas.

Foi sugerido a empresa SUPER MIX SA a implantação das ferramentas de qualidade, para que reduzisse o tempo na operação, buscando melhoria continua no processo, uma vez, que havia diversos problemas operacionais, tais como a desorganização no armazém, dificuldade no manuseio dos produtos e mistura de mercadoria, impactando diretamente no prazo de entrega ao cliente.

Nesse sentido, também se observou certa resistência por parte da diretoria em colocar em pratica a implantação das ferramentas de qualidade propostas, mesmo após cientes dos problemas apresentados, pois trata-se de uma empresa com características e cultura familiar. Através de pesquisa bibliográfica e de campo, foi constatado que se a SUPERMIX COMERCIAL S/A continuar a utilizar corretamente as ferramentas de qualidade irá obter um melhor resultado, com relação a otimização de tempo, melhor organização no layout na empresa, menor perda de produtos e um melhor controle de estoque.

Contudo, para que pudesse obter os resultados desejados sugeriu-se: treinamentos, reuniões semanais, cartilhas de didáticas, comunicação visual através de identificações das áreas, pesquisas comparativas anteriores\posterior ao processo e elaboração de formulários para preenchimento de sugestões de melhorias, afim de ampliar a visão estratégica para administração do armazém. Observou-se que a que a logística é essencial para uma organização sólida e bem estruturada, uma vez que os processos aplicados de forma estratégica e eficaz irão trazer benefícios, como lucratividade e confiança do cliente.

Para trabalhos futuros, espera-se poder acompanhar um trabalho de modelagem do setor estudado e as contribuições da aplicação das ferramentas de qualidade ao longo de um maior período de tempo, observando aspectos qualitativos e quantitativos.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC, controle da qualidade total**. 8. Ed. Nova Lima – MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004, 256 p.

CARVALHO, Dayane Maximiano de; **Produção Enxuta: Aplicação De Alguns Conceitos Na Empresa Mrs Logística.** Juiz de Fora, 2014.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu GN. **Just in Time, MRP II E OPT: Um Enfoque Estratégico**. Editora Atlas SA, 2012.

DALLA, W. D.; MORAIS, L. L. P. **Produção enxuta: vantagens e desvantagens competitivas decorrentes da sua implementação em diferentes organizações**. 2006. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.

FAGUNDES, P. R. M. Sistemática para redução do tempo de setup na indústria moveleira. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Programa de PósGraduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FORD, H. **Os princípios da prosperidade**. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Livraria Freitas Bastos, 1967.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. **Pedagogia da pesquisa-ação**. Educação e pesquisa, v. 31, n. 3, p. 483-502, 2005.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.

GOMES, G. M. A metodologia LEAN THINKING aplicada à gestão de stocks no armazém manutenção do Hospital Santa Maria, EPE. 2016.

GOMES, Patrícia Raquel Freitas. **Gestão de Operações de um armazém**. 2015. Tese de Doutorado.

GRAÇA, Maria Clara Lourenço. **Fluxos logísticos e gestão de stocks no armazém de uma empresa de distribuição**. 2018. Tese de Doutorado.

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. Bookman Editora, 2014.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade Total.**6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221 p.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 491 p.

MELLO, CHP. SILVA. CES; TURRIONI, JB; SOUZA, LGM ISO 9001: 2008. **Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços. São Paulo: Atlas**, 2009.

MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva et al. **Aplicação das ferramentas lean: caso de estudo**. 2011. 200 p. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Lisboa. Lisboa, 2011.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PALADINI, Edison Pacheco.**Gestão Estratégica da Qualidade, Princípios, Métodos e Processos**. 2. Ed. São Paulo, Editora Atlas.S.A, 2009.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: LeanInstitute Brasil, 2003.

SANTOS, Carlos Aparecido dos. **Produção enxuta: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil**. 2003.

SEBRAE – **Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Santa Catarina**. Santa Catarina em Números: Macrorregião Vale do Itajaí. Florianópolis: Sebrae/SC, 2013.

SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de Vista da Engenharia**. 2. Ed. Porto Alegra: Artmed, 1996.

SOARES, H.S.G. **Globalização do sistema de manufatura baseado nas estratégias de melhoria contínua em uma empresa do setor automotivo**. São Paulo, 2007. Tese (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. São Paulo: Atlas, 1990.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. Atlas, 2005.

VIVAN, André Luiz; ORTIZ, Felipe Alfonso Huertas; PALIARI, José Carlos. **Modelo para o desenvolvimento de projetos kaizen para a indústria da construção civil.** 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** 1. ed. Belo Horizonte :Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICO: ESTUDO DE CASO DA EMPRESA RPT SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI SITUADA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - MG

Karla Caroline Ribeiro Santana [1]
Miria Viana Da Silva[2] Warlen Dos Santos Leite [3]
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins

RESUMO

Os resíduos eletrônicos conhecidos como sucata eletrônica são os subprodutos gerados da fabricação, venda e uso de produtos como computadores, pilhas, televisores e celulares. Com a falta de fiscalização o descarte é realizado como lixo comum, o que pode gerar danos para o meio ambiente. Entretanto, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é de responsabilidade da organização "fabricante " acompanhar o ciclo do produto bem como realizar o descarte destes resíduos sólidos. O presente estudo tem como objetivo analisar a importância da Logística Reversa, estudo gravimétrico, meios e tecnologias que são utilizados para a reciclagem e revenda dos componentes eletroeletrônicos e o seu retorno para o mercado. Esse estudo foi realizado através de pesquisas e visita in loco na empresa licenciada RPT Soluções Ambientais Eireli que é responsável pelo recebimento destes resíduos sólidos e que possui como ferramenta a Logística Reversa, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Os resultados da pesquisa apontaram que, embora o descarte incorreto de resíduos eletrônicos ainda seja um grande problema na sociedade, com a implementação da Logística Reversa nas empresas esses resíduos se reduziriam de maneira significativa. Diante disso, existe a necessidade da criação de mais empresas como a RPT Soluções Ambientais Eireli que recolhem esse material eletrônico, processando-o e reciclando-o, e o retorna para o mercado, tendo como maior beneficiado deste processo o meio ambiente.

Palavras-chave: Logística Reversa. Reciclagem. Sustentabilidade e Resíduos Eletrônicos

[1]1 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

2 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

3 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.
4 Engenheira de Produção; Especialista em Gestão de Negócios em Petróleo e Gás; Mestre Engenharia Metalúrgica e de Minas; Docente da FEAMIG e da FASEH; orientadora.

1 INTRODUÇÃO

A Logística Reversa se apresenta como tema moderno no campo da engenharia de produção, tomando destaque nos últimos anos pela preocupação que a sociedade assumiu, não somente quanto aos processos de criação das empresas, mas também ao destino dos recursos oriundos dos processos produtivos no mundo empresarial. Tão importante quanto produzir é saber a destinação e o descarte adequados ao que se produziu.

Em sentido amplo, pode-se entender o termo “Logística Reversa” como a preocupação com os processos relacionados ao reaproveitamento das matérias produzidas. Entende-se também como as atividades logísticas de coletar resíduos que podem ganhar novas utilidades, que levam ao desenvolvimento industrial mais sustentável e ecológico buscando um ambiente mais protegido e saudável. Sem dúvida, a logística reversa tem assumido contornos de temas de importância ímpar ao estudo da engenharia e das ciências que ocupem tanto o processo produtivo quanto às políticas de gestão sustentáveis para o meio ambiente.

Embora a Logística Reversa esteja em crescimento quando se trata da gestão de processos produtivos em diversas empresas de diferentes ramos, ainda existe um campo onde ela é tão essencial quanto desafiante. Este ramo de produção é o de produtos eletrônicos, estes produtos são conhecidos por sua não durabilidade, alta rotatividade e riscos para o meio ambiente se descartados sem cuidados específicos.

Este tipo de resíduo sólido, também conhecido como e-waste, evidenciam um campo de preocupação para a engenharia de produção e para a gestão sustentável de empresas, já que representam um volume expressivo de lixo e seu consumo cresce na medida em que novos produtos são fabricados e adquiridos, sem preocupações com o que deve ser feito com eles no pós-consumo.

Este tipo de material, é culturalmente descartado em aterros sanitários e lixões, que constituem a forma de descarte mais utilizada – e também por isso a mais preocupante, já que não oferece proteção alguma ao meio ambiente, culminando na contaminação de solo, água e acidentes com pessoas que trabalham nestes locais, mesmo contrariando a legislação vigente. Portanto, este estudo tratará sobre a Logística Reversa dos resíduos eletrônicos, estudo gravimétrico, meios e tecnologias que são utilizados para a reciclagem e revenda dos componentes eletroeletrônicos e o seu retorno mpara o mercado, através de pesquisas e visita in- loco na empresa RPT Soluções Ambientais Eireli, uma empresa Licenciada que está localizada na RMBH.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Resíduos Sólidos

Existem diversas definições do que sejam Resíduos Sólidos, em linhas gerais, podem ser vistos como as sobras da interação humana com o meio ambiente. Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Técnica Brasileira (NBR) (2004), Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles encontrados tanto nos estados sólido e semissólido, que derivam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, além daqueles obtidos após serviços de limpeza urbana.

As práticas voltadas para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos devem levar em consideração a estratégia dos 3 R's, isto é, "Reduzir", "Reutilizar" e "Reciclar", apenas após o estudo da aplicabilidade das três possibilidades a um determinado RSU ele deve ser, de fato, descartado (KANAYAMA, 1999).

2.2 Resíduos Sólidos Eletrônicos

Existem diversos tipos de RSU, onde cada tipo de lixo exige determinada forma de tratamento, entretanto, o conceito que caracteriza melhor o lixo eletrônico resultante do uso e descarte de produtos como peças de computadores, celulares e eletrodomésticos descartados é a de resíduos de equipamentos eletrônicos, isto porque, embora esses produtos tenham componentes potencialmente causadores de risco à saúde humana e meio ambiente, eles também possuem componentes como metais de alto valor que podem ser recuperados e fazer parte novamente do ciclo de produção, inclusive com geração de lucro (DWIVEDY; MITTAL, 2012).

2.3 Coleta dos Resíduos Eletrônicos

Embora os avanços tecnológicos sejam importantes para o mundo em que vivemos, facilitando a vida das pessoas, aproximando distâncias, também são responsáveis por colocar no mercado produtos com ciclos de vida cada vez menores.

Isso impacta diretamente na necessidade de criação de estratégias para lidar com o resíduo eletrônico produzido, que também aumenta, já que se o produto não retorna à cadeia produtiva é descartado inadequadamente, se amontoando nos chamados lixões, causando

impactos negativos no meio ambiente e deixando de explorar uma oportunidade de negócios que pode ser o reaproveitamento e o reuso, a partir de estratégias de logística reversa desses materiais (SANT'ANNA *et al.*,2015).

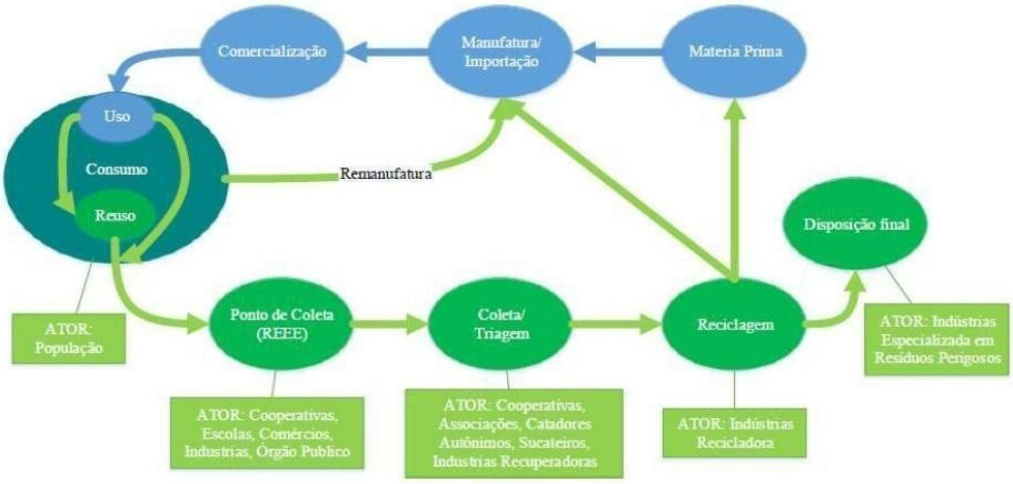
Segundo Leite (2003), a coleta de resíduos sólidos pode ser dividida em três diferentes modalidades, a coleta do lixo urbano, a seletiva e a informal. Assim, a coleta do lixo urbano pode ser definida como sendo a forma pela qual se recolhe todo o resíduo descartado por habitantes de um espaço urbano, o chamado lixo residencial, podem ser resíduos orgânicos e inorgânicos, de diferentes volumes e que, após a coleta são colocados à disposição dos órgãos públicos para destinação específica, geralmente está coleta é realizada por meio de aparato público, como as empresas de limpeza urbana.

A segunda modalidade, é a coleta seletiva que se realiza de forma muito próxima à coleta de resíduo domiciliar urbano, ela é realizada de forma individual, tanto em nível domiciliar quanto em resíduo de origem comercial, ou ainda por meio de pontos de entrega voluntária. Este tipo de coleta visa separar o lixo que deve ser descartado daquele que pode ser reciclado.

Por fim, a coleta informal é caracterizada pela captação manual e em pequenas quantidades do resíduo sólido, realizado por catadores, de maneira informal ou ainda por cooperativas de reciclagem, sendo uma das que mais contribui para a reciclagem de resíduos reaproveitáveis (BARROSO-KRAUSE, 2005).

O ciclo ideal pensado para o resíduo sólido eletrônico deve se preocupar com os impactos deste tipo de eletrônico desde a produção, comercialização, ciclo de distribuição, descarte e reaproveitamento. Como a Figura 1, mostra.

Figura 01 – Ciclo de vida de produtos eletrônicos



Fonte: adaptado de Hideck (2014).

Os equipamentos eletrônicos, quando são utilizados e estão em ponto de descarte,

denominados resíduos sólidos eletrônicos são compostos por diversos de materiais com alto potencial poluidor e contaminante, dentre eles estão os plásticos, vidros e metais pesados. Portanto, é crucial que seu descarte e destinação sejam realizados de maneira adequada, conforme parâmetros de gestão de resíduos sólidos, já que quando descartados indevidamente no meio ambiente, podem proporcionar sérios danos, uma vez que causam a poluição e contaminação do solo e das águas, além de danos indiretos à saúde humana, fauna e flora (GONÇALVES, 2008). Isto porque, além dos metais presentes nos artefatos eletrônicos, eles também são compostos por material plástico e vidros, sendo que estes são materiais com longo tempo de decomposição quando dispostos de forma irregular no solo, enquanto que os metais pesados, tais como chumbo, mercúrio e cádmio, presentes nas pilhas e baterias, são altamente tóxicos aos seres vivos, provocando doenças graves em animais e plantas, além de sofrerem o processo de bioacumulação de materiais inorgânicos no solo, e de biomagnificação, que é o acúmulo de substâncias nos organismos vivos (nota pessoal do autor).

2.4 Logística Reversa

A Logística Reversa se refere ao papel da logística no retorno de produtos, redução da fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição dos resíduos, reforma, reparação e remanufatura. Ou seja, ela se ocupa da destinação final do produto, sua recolha. É importante destacar, que ter um meio ambiente equilibrado através de processos produtivos conscientes, bem organizados e sustentáveis, é uma preocupação que tem atingido também os consumidores, portanto, as adoções de medidas nesse sentido valorizam a marca da empresa, bem como, sua presença no mercado (STOCK, 1998, p. 465)

Segundo Guarnieri (2014), no que se refere à logística reversa, ela pode ser compreendida como uma forma de gerenciamento de resíduos sólidos, mas deve ser monitorada por meio de instrumentos próprios. No setor de eletrônicos, o gasto de recursos e a geração de resíduos podem variar conforme se modificam as localidades, os modelos, os tipos de materiais utilizados, além de fatores culturais e demográficos dos consumidores deste tipo de material.

No que se refere à logística reversa, ela pode ser compreendida como uma forma de gerenciamento de resíduos sólidos, mas deve ser monitorada por meio de instrumentos próprios. No setor de eletrônicos, o gasto de recursos e a geração de resíduos podem variar conforme se modificam as localidades, os modelos, os tipos de materiais

utilizados, além de fatores culturais e demográficos dos consumidores deste tipo de material (GUARNIERI, 2014).

Isto porque, pode haver localidades onde tanto as empresas quanto os consumidores tenham maior conscientização em torno na geração e da gestão dos resíduos sólidos eletrônicos, com a educação, industrialização e natureza estrita relação com os índices de resíduos resultantes, a data validade e tempo de necessidade de substituição das peças, ações que sempre dependerão de gastos de recursos naturais (JOHN, 2000).

2.5 A organização em estudo

A empresa RPT Soluções Ambientais Eireli, situada na região Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), está há mais de 15 anos no mercado atuando na área de gerenciamento de resíduos industriais. Todas as Tecnologias da empresa são exemplos de segurança e cuidado ambiental. Por meio da logística reversa é possível retornar a matéria prima reciclada para a indústria, poupando os recursos naturais finitos. Além de realizar o gerenciamento de resíduos industriais a RPT Soluções Ambientais incentiva e conscientização ambiental de seus funcionários por meio de palestras, teatros e cartilhas, desta forma estabelece o princípio dos 3 Rs- Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa é aplicada, já que tratou-se de um estudo empírico e gravimétrico sobre os desafios da logística reversa de sucata eletrônica na empresa RPT Soluções Ambientais Eireli.

Aponta-se que a natureza desta pesquisa foi quali - quantitativa, pois alia dois métodos, tratando-se de um estudo empírico e gravimétrico sobre os desafios da logística reversa de sucata eletrônica na empresa.

Quanto aos fins, classifica-se em pesquisa descritiva, pois realizou-se o levantamento de dados, análise dos dados, entrevistas e uso de questionários, com o objetivo de analisar características, fenômenos e experiências observadas no setor de logística reversa de sucata eletrônica na empresa objeto de estudo.

A presente pesquisa, no que se refere a seus meios, foi uma pesquisa por meio de pesquisa bibliográfica, documental e estudo de campo. A pesquisa bibliográfica será realizada por meio de materiais disponíveis na internet e através do site da empresa objeto

de estudo.

Por meio documental através de reunião virtual, visita in-loco, manual da empresa e relatórios fotográficos no setor de logística reversa da empresa. Por fim, a pesquisa de campo, onde a sua principal finalidade é o delineamento ou análise das características de fatos ou fenômenos, onde realizou-se a análise e coleta de dados para que seja possível identificar os desafios da logística reversa.

A coleta de informações de universo e amostra para a presente pesquisa, foi feita no setor de sucatas eletrônicas na empresa RPT Soluções Ambientais Eireli, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte.

Para a coleta e análise de dados desta pesquisa foi realizado através de entrevista virtual e visita presencial dos integrantes do grupo a empresa, para fins de realizar o levantamento interno do processo de logística reversa, diferencial, meios e recursos que são utilizados pela empresa para a logística reversa de sucata eletrônica. A entrevista virtual foi respondida pelo gerente de logística do setor de logística reversa da empresa e pelos 3 integrantes deste trabalho.A visita presencial foi feita, dentro das normas estabelecidas para medidas preventivas contra o COVID-19, pelos integrantes do grupo, para coleta de dados. Utilizado o manual da empresa a fim de estudar o processo de logística reversa utilizado. Já a análise de dados foi realizada pela interpretação dos dados obtidos na observação e no estudo de caso da empresa especializada em linhas de transmissão, de forma qualitativa, portanto, a partir da análise de conteúdo em categorias (BARDIN, 2016).

A limitação de pesquisa percebida foi a dificuldade de contato e morosidade na liberação da autorização da empresa RPT Soluções Ambientais Eireli para coleta de informações, entrevistas virtuais e agendamento de visitas para a realização do presente trabalho.

A falta de bibliografia sobre o tema também dificultou o avanço das informações, por não ser um tema tão discutido e a falta de informações precisas.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Mapeamento do processo de logística reversa de resíduos eletrônicos na empresa objeto de estudo

No dia 10/03/2021, foi realizada uma visita in-loco na empresa RPT Soluções Ambientais Eireli, por todos os integrantes do grupo, para analisar e mapear o processo de Logística Reversa utilizado pela empresa. Atualmente, a sucata eletrônica que a empresa

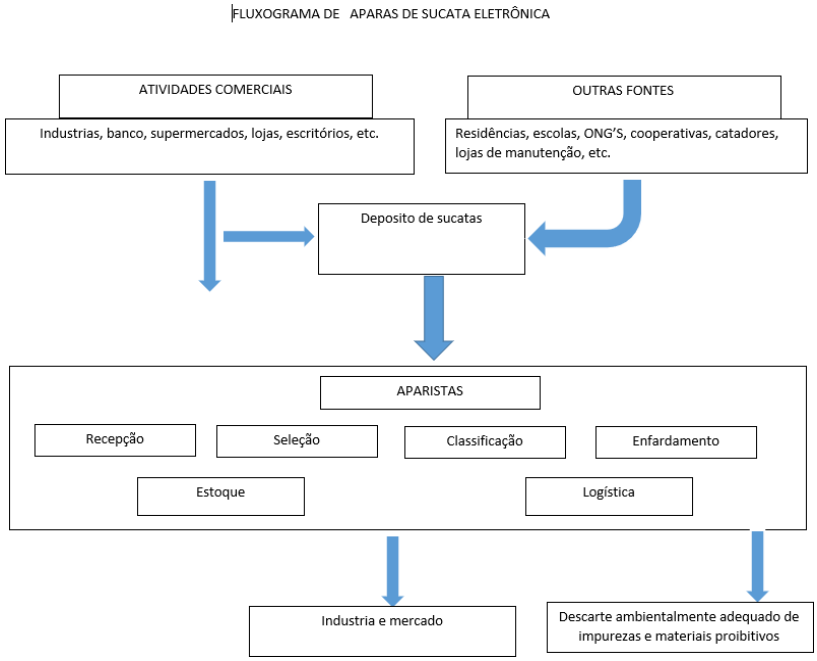
recebe são geradas por indústrias.

A empresa geradora de sucata eletrônica é responsável pelo seu transporte e destinação final, onde a sucata precisa ser acondicionada em equipamentos apropriados, sendo: caçambas abertas ou caçambas fechadas de modo que o transporte ocorra de modo seguro.

Na Figura 2, é possível identificar os tipos de geradores da sucata eletrônica, após utilização as sucatas são armazenadas em depósito e em seguida é realizada a inspeção das mesmas.

A empresa geradora realiza um levantamento para saber se alguma sucata tem reaproveitamento, caso tenha a mesma é enviada para a empresa recicladora, a RPT Soluções Ambientais Eireli, passa por uma manutenção e retorna para o mercado, caso não tenha reaproveitamento é feito a destinação final, sendo este o processo por onde a sucata eletrônica passa até chegar em seu destinador final.

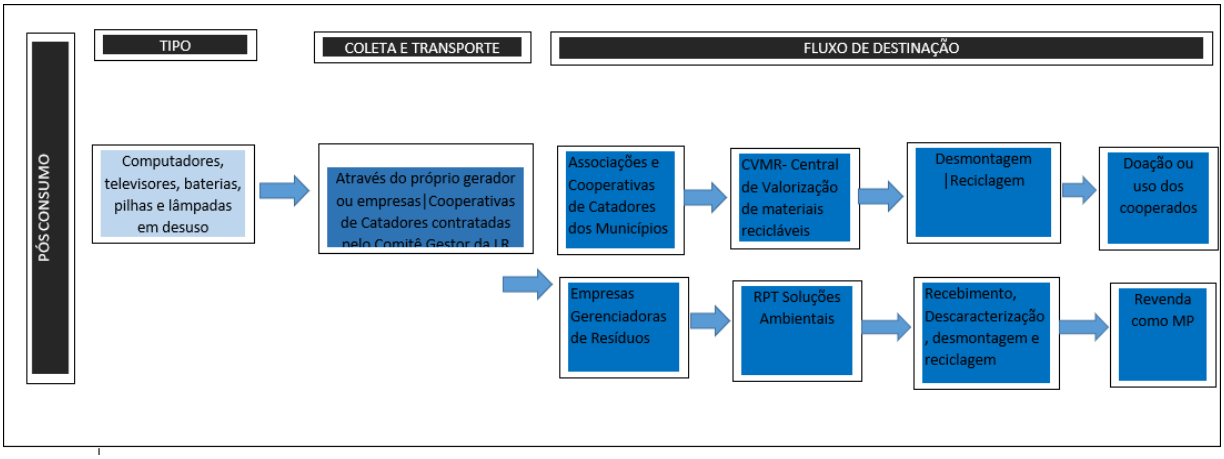
Figura 2: Fluxograma de aparas



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

É possível acompanhar o caminho que os equipamentos eletrônicos pós-consumo percorrem, se tornando sucatas e então, sendo direcionadas para a empresa destinatária RPT Soluções Ambientais Eireli, observando a Figura 3.

Figura 3: Fluxograma pós-consumo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Há um descaso quanto à falta de recursos financeiros por parte do Estado para com os órgãos de fomento à pesquisa e inovação tecnológica no pós-consumo, fazendo com que se tenha baixos níveis de devolução e reciclagem de produtos eletrônicos e que, por consequência, contaminam o solo e leitos de rio por seu descarte incorreto em lixões e/ou aterros sanitários (DOMINGOS e BLANCHET, 2019).

O Quadro 1 mostra a relação dos produtos e a quantidade que a empresa recebe de seus clientes. É possível observar que a maioria das sucatas que a RPT Soluções Ambientais recebe são materiais de informática

Quadro 1: quadro de importação

Produto	Quantidade importada
Notebook	**70**
Teclado	**175**
Monitor	**61**
Telefone	**15**
Roteador	**40**
Aparelho Sky	**8**
CPU	**80**
Televisão	**1**
Registro de ponte	**1**
Leitor de tape	**1**

Caixa de tape	**1**
Switch	**6**
Servidor	**11**
Impressora	**3**

Projetor	**7**
Picador de papel	**14**
HD	**5**
Caixa de som	**18**
Processador	**2**
Cooler	**5**
Celular	**8**
Fio desencapado	**6**
Computador montado	**440**

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

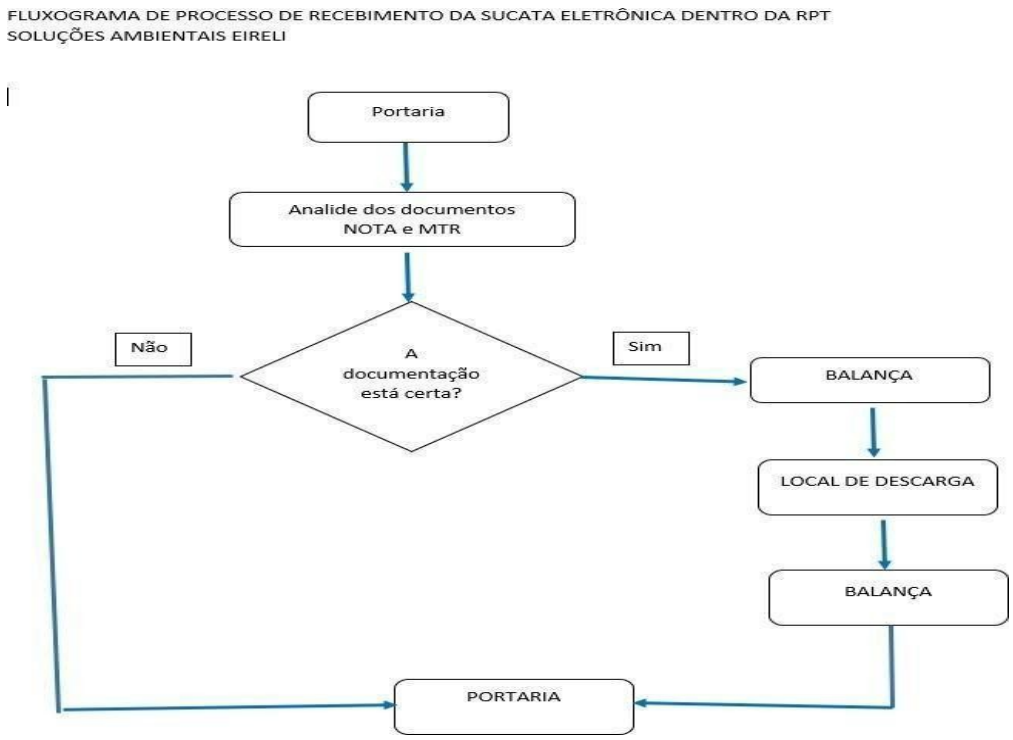
Os produtos que são recebidos em maior quantidade pela empresa são, respectivamente: fio desencapado, teclado, CPU e notebook. Percebe-se que há uma grande diferença entre os materiais mais e menos recebidos.

De forma geral, as sucatas recebidas são desmontadas e separadas de acordo com seu nível de reaproveitamento e tipo de produto, por exemplo, os computadores, após a chegada do mesmo na empresa é realizada a identificação do produto e, em seguida, a separação e descaracterização de seus componentes (plásticos, metais, placas de circuito impresso, etc.). O volume é reduzido por trituração, para que assim seja minimizado os custos do transporte.

Com a ajuda do fluxograma (Figura 4), é possível acompanhar o processo de recebimento da sucata eletrônica na empresa. O veículo que está transportando a sucata passa pela portaria, o porteiro é responsável por verificar a documentação “NOTA e MTR ELETRÔNICO (Manifesto de Transporte de Resíduo)”, com a documentação correta e liberada pelo porteiro o veículo é direcionado para a balança onde é realizado sua pesagem, em seguida o veículo é encaminhado para o local onde será iniciado o processo de descarga. A carga é descarregada na área da Logística Reversa que fica no setor superior

do pátio da RPT Soluções Ambientais Eireli. Após a descarga o veículo é pesado novamente para que seja possível obter o peso bruto da carga.

Figura 4: Fluxograma de recebimento



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Processo após recebimento da sucata eletrônica na empresa:

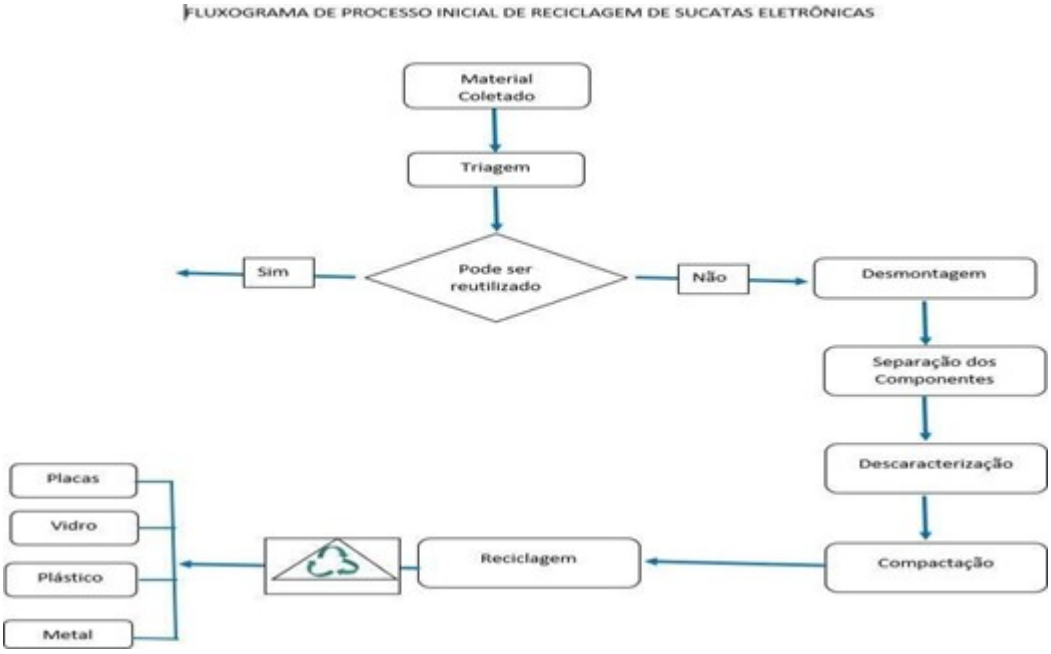
- Descaracterização de documentos;
- Descarte de arquivo morto;
- Descarte de fitas magnéticas;
- Destruição de arquivos.

A reciclagem dos resíduos eletrônicos contribui para a redução da extração de recursos naturais não renováveis que podem ser recuperados no processo, além da preservação do meio ambiente, que inclui a preservação de fontes naturais, mas para que isso ocorra, a participação da sociedade deve ser maior.

O processo de reciclagem das sucatas eletrônicas recebidas pela empresa inicia-se pelo processo de triagem, como é possível observar na Figura 5, em seguida é realizada uma análise para identificar as sucatas que possuem reaproveitamento; as que não possuem são direcionadas para descarte no ATERRO CLASSE I e as que possuem reaproveitamento são encaminhadas para o processo de desmontagem. O equipamento é

desmontado e então é realizada a separação dos componentes, em seguida é feito a descaracterização e a compactação, em alguns eletrônicos é realizada a destruição dos arquivos mortos.

Figura 5: Fluxograma de processo inicial de reciclagem de sucatas eletrônicas



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Já na reciclagem energética, os resíduos plásticos são utilizados como combustível na geração de energia elétrica. O calor liberado com a incineração do plástico é similar ao liberado com a queima de óleo combustível (1 kg de plástico libera energia equivalente à queima de 1 kg de óleo combustível) (GERBASE; OLIVEIRA, 2012). O processo de incineração vai fazer com que o resíduo se torne menos perigoso, ou seja , se ele é um resíduo Classe I , quando ele passa pela incineração se torna um resíduo Classe II pois é levado a queima em alto forno, liberando seus gases.

Por fim a sucata eletrônica retorna para o mercado como matéria prima, sendo:

- Ferroso: Retorna em forma de perfis, chapas, vergalhões e granalha;
- Pilhas e baterias: É realizado a incineração em cimenteiras, onde a mesma retorna para o mercado como forma de Biomassa tornando se inerte;
- Componentes eletrônicos: É realizado o processo de trituração, em seguida é retirado os resíduos não ferrosos e materiais nobres, tais como: Ouro, sílica, alumínio, cobre e tungstênio;
- Lâmpadas, televisores (antigos) e monitores: É realizado o processo de trituragem, onde são retirados os resíduos não ferrosos, o vidro da lâmpada libera um pó conhecido como pó de fósforo, é realizado a incineração deste pó e o mesmo retorna para

o mercado como biocombustível.

4.2 Os desafios da logística reversa dos resíduos descartados de forma incorreta

Os equipamentos eletrônicos descartados pós-consumo tornaram-se um problema ambiental e as suas proporções estão cada vez maiores. Essa sucata libera substâncias que estão presentes em seus componentes e quando dispostas inadequadamente causam a contaminação do solo, do ar e das águas superficiais e subterrâneas, além de terem efeito acumulativo em todos os níveis tróficos, que consequentemente trará danos à saúde humana.

Dessa forma, é indispensável o desenvolvimento de um planejamento de gestão ambiental que visa amenizar e/ou resolver a questão. Como objetivo de minimizar esse problema a reciclagem dos resíduos é uma prática eficiente (DEL GROSSI, 2011).

Um dos principais desafios de se fazer possível a reciclagem de um resíduo que fora descartado de maneira incorreta é a dificuldade de reutilização pela degradação de seus componentes, além do custo para com a regeneração e limpeza.

Na reciclagem dos materiais plásticos, a RPT Soluções Ambientais Eireli responsabiliza-se por uma linha de lavagem e de extrusão, assegurando um elevado nível de pureza do produto final, de forma com que os padrões de qualidade estabelecidos pela empresa sejam mantidos.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil existem poucas empresas como a RPT Soluções Ambientais Eireli que atuam na área da coleta e destino de resíduos industriais, sendo uma empresa que tem consciência ambiental, que tem como preocupação primordial, o meio ambiente, razão porque dispõe de licença de atuação junto ao Conselho de Política Ambiental (COPAM)/Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) , estando apta a trabalhar com resíduos industriais não tóxicos.

A empresa que realiza a Logística Reversa internamente consegue zerar o resíduo gerado e assim valorizar o mesmo. Quando a empresa realiza a compra do resíduo a partir de terceiros e os processa, ela tem uma matéria-prima no valor de 50% da matéria-prima virgem. Outras empresas utilizam um percentual de material virgem e uma

outra porcentagem reciclável fazendo uma blenda que também proporciona uma economia

significativa.

Após mapear a RPT Soluções Ambientais Eireli foi possível concluir que é possível a minimização de resíduos sólidos urbanos (RSU) englobando a utilização conjunta da trituragem, a compactação, incineração e reciclagem de materiais, possibilitando a reintegração desses resíduos no mercado.

Para diminuir a quantidade de "rejeitos", pode-se sugerir a fabricação de produtos que possuam um ciclo de vida mais duradouro, diminuindo a compra excessiva que acarreta em uma produção maior de resíduos descartados.

As pessoas só irão implementar e realizar a logística como uma tecnologia utilizada em seu dia-a-dia quando forem criadas políticas públicas de educação ambiental para a separação dos resíduos sólidos por parte dos consumidores, além da implementação de práticas inteligentes para reutilização desses produtos.

Outra estratégia é induzir as empresas produtoras de materiais eletrônicos a criarem pontos de coleta e descarte para que os consumidores possam realizar o despojo corretos dessas sucatas, possibilitando uma melhor forma de reaproveitamento para os resíduos que podem ser considerados como lixo e despejados de forma inadequada em aterros ou lixões. Através das propostas apresentadas, têm como expectativa a elaboração de trabalhos futuros baseados nas empresas geradoras de resíduos, incentivando-as a utilizar materiais reciclados e na implementação de pontos de coletas de resíduos eletrônicos, tendo como principal objetivo a conservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. 10004**: Resíduossólidos–classificação**. Rio de Janeiro, p. 9-11, 2004.

BARROSO-KRAUSE, C. **Eficiência energética em habitações de interesse social**. Ministério das Cidades, 2005.

DOMINGOS, I. M. N.; BLANCHET, L. A. Programas de compliance e a responsabilidade da empresa na fase de pós-consumo de lixo eletrônico. **Veredas do direito**, v. 16, n. 35, P. 269-295, maio/agost. 2019.

DWIVEDY, M.; MITTAL, R. K. An investigation into e-waste flows in India. **Journal of Cleaner Production**, v. 37, p. 229-242, 2012.

GUARNIERI, P. Logística Reversa. **Editora Clube dos Autores**. 2014. Disponível em: http://www.cempre.org.br. Acesso em: agt de 2020.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

KANAYAMA, P. H. **Minimização de resíduos sólidos urbanos e conservação de energia.** 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LEITE, P. R. Logística reversa – meio ambiente e competitividade. **Ed. Pearson Education, do Brasil Ltda.** 2003.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; DE BRITO, M. J. Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil e no Mundo: O Desafio da Desarticulação dos Atores. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 2, 2015.

STOCK, J. R. Programas de Logística Reversa. **Conselho de Gestão Logística, Illinois,**

1998. p. 247.

Organização:

Apoio: