

ATIVIDADES INTEGRADORAS EM ENGENHARIA

Organização
Leandro Henrique Magalhães
Tatiana Vettori Ferreira



Atividades Integradoras em Engenharia

Organização
Leandro Henrique Magalhães
Tatiana Vettori Ferreira

CENTRO UNIVERSITÁRIO FILADÉLFIA DE LONDRINA

Editora UniFil

Diagramação: Graziela Cervelin

Ficha Catalográfica

A888 Atividades Integradoras em Engenharia / organização
 Leandro Henrique Magalhães e Tatiane Vettori Ferreira. --
 Londrina: Ed. UniFil, 2025.

ISBN 978-65-87703-48-0

1. Engenharias. I. Magalhães, Leandro Henrique, org. II.
Ferreira, Tatiane Vettori, org. III. Título.

CDD 620

Bibliotecária responsável Graziela Cervelin CRB9/1834

SUMÁRIO

Atividades integradoras.....	3
Disciplina: Geometria Analítica e Álgebra Linear	
Professor: Arlei Ubiratã da Rocha	
Atividades integradoras.....	33
Disciplina: Planejamento e Controle de Produção	
Professor: Julio Cesar Filla	
Atividades integradoras.....	80
Disciplina: Pesquisa Operacional	
Professora: Suzana Rezende Lemanski	
Atividades integradoras.....	110
Disciplina: Materiais da Indústria da Construção Civil	
Professora: Tatiana Vettori Ferreira	
Atividades integradoras.....	176
Disciplina: Gestão de Obras	
Professores: Vilson Gomes da Assunção Júnior e Natália Stasiak	
Atividades integradoras.....	227
Disciplina: Física II	
Professor: Wagner Westin Rocha	

Atividades integradoras

Disciplina: Geometria Analítica e Álgebra Linear

Professor: Arlei Ubiratã da Rocha

VETORES: REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS E CÁLCULOS ENVOLVENDO VETORES

Lucas Gabriel Mauricio
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

INTRODUÇÃO

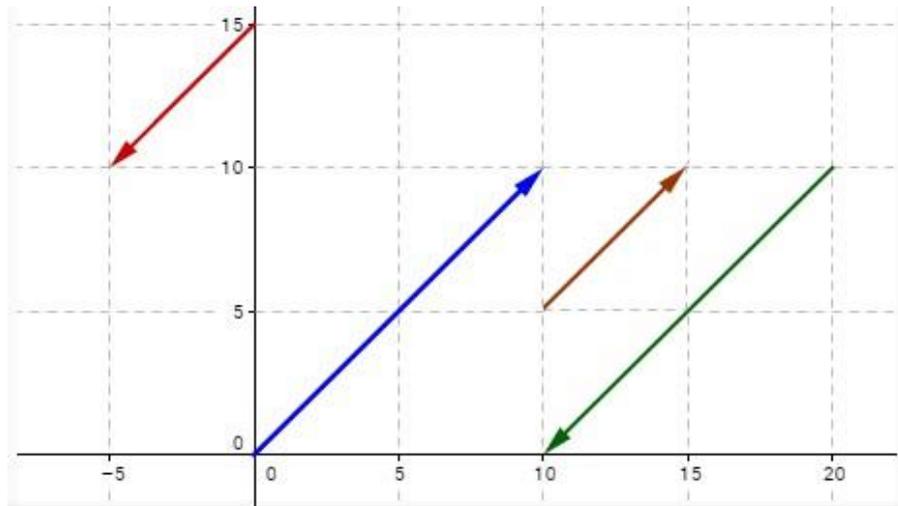
Para descrever o vetor não podemos apenas apresentar um número, é preciso dizer em que direção e sentido ele vai. Quando falamos de vetor e analisamos um gráfico, precisamos saber que ele poderá estar representado através de um segmento de reta orientado por uma flecha. Deste modo ele nos mostra a direção dada pela reta e sentido.

DESENVOLVIMENTO

A aceleração é um conceito muito importante na física, ela é a variação da velocidade de um corpo. Em outras palavras, a aceleração é uma grandeza vetorial que indica a variação da velocidade de um corpo no tempo. No caso de o módulo da aceleração ser constante, o movimento será uniformemente variado (MUV). Dessa maneira, quando há aumento da velocidade instantânea, o movimento é acelerado e, quando há diminuição da velocidade instantânea, o movimento é retardado. (Asth, 2021).

Em um caso em que um trem e um carro em uma mesma direção e a mesma velocidade indicando o mesmo sentido, podemos estar classificados como vetores paralelos (colineares). Dois vetores são considerados colineares quando têm a mesma direção (ainda que possam ter sentidos opostos). Por outras palavras, dois ou mais vetores são colineares se ao colocarmos retas "por cima" desses vetores, elas forem paralelas.

Na figura abaixo, temos uma imagem com 4 vetores, alguns pares de vetores têm o mesmo comprimento, outros têm o mesmo sentido e ainda outros não têm nem o mesmo sentido nem o mesmo comprimento, mas apesar disso, todos eles são colineares. (Nunes, 2023).



Fonte: Nunes (2023)

CONCLUSÃO

Para poder escapar de um trem a qual estou na mesma direção, usaria a aceleração, onde teria que percorrer o espaço mais rápido que o trem. Para mostrar essa lei em uma forma mais clara vamos supor que o ΔS seja o mesmo para o carro e o trem, sendo que ele percorrerá o mesmo caminho e o mesmo tempo em metro. O tempo do carro ao passar esse espaço (ΔS) tem que ser menor que ao do trem. Por exemplo, $\Delta S = 100$ trem 10Δ , carro 5Δ . $AC \cdot \text{trem} = 100/10 = 10 \text{ m/s}^2$ (metros por segundo elevado ao quadrado) a AC. Carro = $100/5 = 20 \text{ m/s}^2$ (metros por segundo elevado ao quadrado).

Sendo assim a cada 1 segundo o trem percorre na mesma direção 10 metros por segundo e o carro percorrerá a cada 1 segundo 20 metros por segundo. E desta maneira será possível escapar do trem em movimento.

$$\text{Aceleração do trem é} = \Delta S / \Delta T$$

$$\text{Aceleração do carro é} = \Delta S / \Delta T$$

ΔS = deslocamento

ΔT = tempo

$$\Delta S = 100$$

$$\text{Trem} = 10 \Delta$$

$$\text{Carro} = 5 \Delta$$

$$\text{Ac.trem} = 100/10 = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Ac.carro} = 100/5 = 20 \text{ m/s}^2$$

REFERÊNCIAS

ASTH, Rafael. **Aceleração**. 2021. Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/aceleracao/>. Acesso em: 25 set. 2023.

NUNES, Vitor F. R. **O que são vetores colineares?** 2023. Disponível em:
<https://www.matematica.pt/faq/vetores-colineares.php>. Acesso em: 26 set. 2023.

VETORES: REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS E CÁLCULOS ENVOLVENDO VETORES

Adriano Marinho
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

FÍSICA

A física está ao nosso redor mesmo não percebendo ela nos acompanha e está em nossas atividades do dia a dia como por exemplo, ao utilizar o computador, esquentar a comida no micro-ondas quando estamos andando de carro ao falar ao telefone e em tantas outras ações do nosso dia. Até na nossa alimentação usamos a física para nos ajudar e facilitar a nossa vida, um exemplo, quando vamos cozinhar uma carne, legumes ou feijão usamos uma panela de pressão, pois quando cozinhamos alguma coisa na panela de pressão a água da panela ferve e o vapor é impedido de sair durante o cozimento, e seu ponto de fervura é otimizado aumentando a pressão na panela.

A física vai muito além do nosso cotidiano ela nos ajuda também estudar os fenômenos naturais relacionados com a mecânica, termologia, acústica, óptica, eletricidade e física moderna. Física é a ciência que estuda a natureza. Ela procura descrever, prever e justificar através de leis os fenômenos que acontecem com a matéria no decorrer do espaço e do tempo.

Como vimos, a física faz parte da nossa vida e nos ajuda a descobrir e compreender as leis gerais da natureza. Mas como ela começou a fazer parte do nosso cotidiano ou como foi descoberta? Segundo o site <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/origem-da-fisica.html> (A primeira teoria física foi a teoria atômica da Grécia, criada no século V a.C. por Leucipo, de Mileto, e seu aluno Demócrito, de Abdera. Essas fórmulas apontavam as primeiras hipóteses sobre os componentes essenciais da matéria. Para os filósofos, o universo era formado de átomos e vácuos) e depois vieram outros como o matemático Isaac Newton, astrônomo físico e matemático Galileu Galilei, inclusive ele foi um dos maiores da história da ciência. Segundo o site <https://blogdoenem.com.br/surgimento-da-fisica-simulado-enem> ele teve uma participação essencial para o Renascimento e a revolução científica no século XVII. O físico Albert Einstein que elaborou a teoria da

relatividade. (A teoria da relatividade aparece em dois momentos da História da Física: relatividade restrita, em 1905, e a Relatividade Geral, em 1916. A primeira também é conhecida como Relatividade Especial e segunda ela, a distância e o tempo podem ter diferentes medidas para diferentes observadores)

Vetores: São segmentos de retas usados para representar alguma grandeza vetorial. Apesar de ambas ações precisarem de força, puxar e empurrar são coisas distintas, uma vez que a força é representada por vetores. Vetor é um segmento de reta orientado que apresenta módulo tamanho, direção e sentido.

O conceito dos vetores surgiu no ano de 1856 pelo engenheiro flamengo Simon Stevin-o ele apresentou em sua obra o problema da composição de forças e criou uma regra empírica para que se ache a soma de 2 forças aplicadas num mesmo ponto. regra, que a conhecemos hoje como regra do paralelogramo.

Segundo site <https://www.preparaenem.com/fisica/vetores.htm> a orientação dos vetores consiste em:

Módulo: indica o comprimento do vetor e é conhecido como o valor numérico, intensidade ou tamanho da grandeza vetorial, pode ser representado por $|\vec{v}|$ ou v .

Direção: indica a direção de localização do vetor, que pode ser horizontal, vertical ou diagonal.

Sentido: indica o sentido da ponta do vetor, podendo ser à direita, à esquerda, para cima, para baixo, a leste, norte, sul, oeste, entre outros.

Para o trabalho acadêmico de Geometria linear. Como seria possível escapar de um trem em movimento acelerado, utilizando as leis da Física com conhecimento dos vetores a seu favor?

A primeira coisa a fazer é determinar a velocidade do trem e a sua própria velocidade. Você precisará saber a direção e a velocidade em que o trem está se movendo.

Em seguida, nós podemos utilizar vetores para determinar a trajetória do trem. Vetores são usados para descrever grandezas que possuem magnitude, tamanho e direção. Neste caso, podemos usar vetores de posição para calcular a distância entre nós e o trem. Para escapar do trem, precisamos calcular a distância necessária para se afastar o suficiente dele, considerando a sua própria velocidade. Para isso, você

deve calcular o tempo necessário para atingir essa distância. Utilize a equação da velocidade média:

$V = D / t$, onde V é a velocidade média, D é a distância percorrida e t é o tempo. Sabendo a velocidade média e a distância necessária, você pode determinar o tempo necessário para escapar. Se o tempo for insuficiente, você terá que ajustar a trajetória ou aumentar sua velocidade. E usaremos também o conceito do matemático Isaac Newton, que é a lei da inércia.

De acordo com a primeira lei de Newton, um objeto em movimento tende a permanecer em movimento e um objeto em repouso tende a permanecer em repouso, a menos que uma força externa atue sobre ele. Portanto, se estamos dentro de um trem em movimento, nossa tendência natural é acompanhar o estado de movimento do veículo.

Mas, para nos considerarmos que é possível escapar do trem, vamos precisar aplicar uma força contrária ao seu movimento. Isso significa que teremos que impulsionar nossos corpos para trás, com uma força maior ou igual à força de aceleração do trem. Isso é especialmente difícil se o trem estiver em movimento acelerado, já que a força necessária para nos mover na direção contrária aumenta proporcionalmente à aceleração. A estratégia será encontrar um objeto como uma parede por exemplo dentro do trem que possa fornecer uma força de reação adequada assim poderíamos nos impulsionar contra ela para contrabalancear a aceleração do trem, essa ação gera uma força de reação contrária permitindo assim a escapar.

É importante ressaltar que a velocidade do trem também desempenha um papel crucial nessa situação. Pois consideramos que um trem-bala, opera em velocidade muito mais alta, a situação torna-se ainda mais complexa. Nesse caso, o principal desafio seria superar a resistência do ar, que aumenta significativamente com o aumento da velocidade. Isso torna extremamente difícil gerar uma força suficiente para se contrapor à aceleração do trem-bala.

CONCLUSÃO

A física está presente em diversas áreas da nossa vida diária, desde as atividades mais simples às mais complexas. Ela nos auxilia a compreender e descrever os fenômenos naturais que nos cercam, incluindo a mecânica, termologia, acústica, óptica, eletricidade e física moderna. A origem da física remonta à teoria

atômica da Grécia Antiga, seguida por contribuições importantes de cientistas como Isaac Newton, Galileu Galilei e Albert Einstein.

No contexto dos vetores, eles são segmentos de reta que representam grandezas vetoriais, e apresentam módulo, direção e sentido. O conceito de vetores surgiu no século XIX, com Simon Stevin, que desenvolveu a regra do paralelogramo para a soma de forças aplicadas no mesmo ponto. A orientação dos vetores envolve seu módulo, direção e sentido, permitindo uma representação completa da grandeza vetorial.

Em relação à fuga de um trem em movimento acelerado, a lei da inércia de Newton desempenha um papel fundamental. Segundo essa lei, um objeto em movimento tende a permanecer em movimento, e um objeto em repouso tende a permanecer em repouso, a menos que sofra a ação de uma força externa. Para escapar do trem, é necessário aplicar uma força contrária ao seu movimento, o que pode ser realizado impulsionando o corpo para trás com uma força maior ou igual à força de aceleração do trem. A estratégia de encontrar um objeto dentro do trem que forneça uma força de reação adequada permite contrabalançar a aceleração do trem, possibilitando a fuga. No entanto, a velocidade do trem também desempenha um papel importante nessa situação, especialmente em velocidades mais altas, onde a resistência do ar torna ainda mais desafiador gerar uma força suficiente para contrapor a aceleração.

A física desempenha um papel essencial em nossas vidas, desde a compreensão dos fenômenos naturais até aspectos práticos como a utilização de vetores para representação de grandezas. Além disso, a aplicação dos princípios físicos pode nos auxiliar em situações cotidianas.

REFERÊNCIAS

BLOG. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/surgimento-da-fisica-simulado-enem>. Acesso em: 18 set. 2023.

GRUPO ESCOLAR. Disponível em: <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/origem-da-fisica.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

PREPARA ENEM. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/vetores.htm>. Acesso em: 18 set. 2023.

VETORES: REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS E CÁLCULOS ENVOLVENDO VETORES

ANÁLISE DO FILME DE VOLTA PARA O FUTURO III

Jéssica Daiany Guedes de Oliveira Murilha
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

INTRODUÇÃO

Nomeia-se Deslocamento a distância entre dois pontos, e esse deslocamento é representado por uma flecha no ponto B , que demonstra que o deslocamento foi do ponto A até ao B . Sendo assim os Vetores são segmentos de retas utilizados para caracterizar a grandeza vetorial.

São exemplos de grandezas vetoriais, força, velocidade, aceleração, intensidade de campo elétrico e indução magnética (Resnick et al.,1983).

As grandezas que se comportam como deslocamento são chamadas de vetores. Os vetores são grandezas que para serem caracterizadas, exigem a especificação de um módulo, uma direção e um sentido e que se combinam segundo certas regras de adição (Resnick et al.,1983).

Sendo assim podemos dizer que as grandezas que possuem deslocamento podem ser chamadas de vetores, através de uma especificação. Os Vetores são representados por flechas (retas), e o comprimento desta flecha é uma escala determinada, dando direção e sentido ao vetor.

O Vetor é representado por uma letra acompanhada por uma seta quando manuscrito, por exemplo: \vec{d} . Em textos impressos é mais frequente encontrar o símbolo em itálico, d (Resnick et al.,1983).

Os vetores desempenham um papel fundamental na física, pois são utilizados para descrever quantidades que possuem magnitude e direção. Em fundamento, um vetor é uma entidade matemática que nós permite representar grandezas físicas como deslocamento, velocidade, força entre outras. Para entender e analisar fenômenos físicos, é essencial aplicar as leis da física aos vetores.

A matemática por trás dos cálculos com vetores segue princípios rigorosos e é regida por leis que derivam da geometria e a álgebra linear. As operações vetoriais

incluem adição, subtração, multiplicação por escalar e produtos vetoriais. Esses cálculos são essenciais para determinar resultados em diversas áreas da física.

Ao aplicar as leis da física aos vetores, podemos prever o comportamento de sistemas físicos complexos e resolver problemas que envolvem múltiplas forças e direções. Assim os vetores e seus cálculos são ferramentas para a análise e a compreensão dos fenômenos naturais.

De acordo com a lei da física, a Lei da Inércia, popularmente conhecida como a primeira lei de Newton, nos diz que um objeto em movimento tende a permanecer em movimento com a mesma velocidade e direção, a menos que seja aplicada uma força externa sobre ele.

DESENVOLVIMENTO

Em análise o trecho do filme “De volta para o futuro III”, traz a seguinte narrativa, os personagens tentam escapar de um trem em movimento, onde podemos observar a aplicação das leis da física, para evitar um desastre, onde ele tenta aumentar a aceleração da máquina do tempo e escapar da colisão com o trem.

A partir desta premissa podemos avaliar como seria possível determinar estratégias para escapar de um trem em movimento acelerado levando em consideração as leis da física.

Escapar de um trem em movimento acelerado utilizando as leis da física é um conceito interessante que pode ser analisado em termos de vetores e das leis de Newton.

Como já mencionado, a primeira lei de Newton afirma que um objeto em movimento tende a permanecer em movimento com a mesma velocidade e na mesma direção, a menos que uma força externa atue sobre ele. A segunda lei de Newton afirma que a força resultante de um objeto é igual a sua massa multiplicada pela aceleração. De acordo com o contexto do trem em movimento a velocidade do trem é uma grandeza vetorial, pois possui magnitude e direção, porém devemos observar que quando estamos dentro de um trem compartilhamos a mesma velocidade e direção que ele, significando que em relação ao trem estamos em repouso, e em relação ao solo estamos nos movendo na velocidade do trem.

Se tentarmos sair do trem em movimento, a velocidade relativa ao solo será a soma vetorial da velocidade do trem e da nossa própria velocidade de movimento em

relação ao trem, sendo assim devemos tentar manter a velocidade do trem inicialmente e, em seguida começaríamos a desacelerar gradualmente devido à resistência do ar e o atrito com o solo.

Agora analisando a mesma situação substituindo o trem convencional por um trem-bala, cuja sua velocidade é muito mais alta em relação as baixas velocidades do trem convencional, as leis da física continuariam a ser aplicáveis. No entanto, a velocidade muito alta do trem-bala tornaria qualquer tentativa de escapar, muito mais difícil e perigosa.

CONCLUSÃO

Podemos evidenciar mediante as considerações mencionadas, que o filme “De Volta para o Futuro III”, oferece uma representação cinematográfica interessante do uso das leis da física, mas é importante lembrar que situações similares na realidade exigiriam considerações muito mais complexas e perigosas, que exigiriam condições adicionais de segurança e técnicas avançadas.

Em resumo, a tentativa de escapar de um trem-bala é arriscada e potencialmente fatal. É fundamental respeitar as regras de segurança ferroviária e seguir as devidas orientações para evitar qualquer situação de perigo.

REFERÊNCIAS

ASTH, Rafael C. **Vetores**. 2023. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/fisica-vetores/> . Acesso em: 09 set. 2023.

DEVOLTA para o futuro 3. [S.l.]: Universal Studios, Amblin Entertainment, 1990.

ENGENHARIACOTIDIANA.COM. **Confira as principais leis que todo estudante de Engenharia deve saber**. 2023. Disponível em: <https://engenhariacotidiana.com/confiraprincipais-leis-fisicas-que-todo-estudante-de-engenharia-deve-saber/> Acesso em: 09 set. 2023.

RESNICK, Robert. **Física 1**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1983.

VETORES: REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS E CÁLCULOS ENVOLVENDO VETORES

Jhonathan Siqueira
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

1 INTRODUÇÃO

14

O presente estudo tem como finalidade a realização de uma análise acerca de uma das cenas mais icônicas do filme "De volta para o futuro III", baseando-se nas características dos vetores e nas Leis de Newton. Primeiramente, é essencial compreender o conceito das propriedades dos vetores e das Leis de Newton, já que ambas orientaram a execução deste trabalho.

As características dos vetores abordam a magnitude, a orientação e o sentido de um vetor. As principais características incluem: magnitude (o tamanho do vetor, representado por um número positivo), orientação (a direção em que o vetor está apontado) e sentido (a indicação da direção na qual o vetor está se deslocando) (NETO, 2014).

As Leis de Newton, por sua vez, consistem em três princípios fundamentais que descrevem o comportamento dos objetos em movimento (Antunes; Galhardi; Hernaski, 2018). Essas são:

1- Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia): Quando nenhum agente externo atua sobre ele, um objeto que está parado permanece em repouso e um objeto que está em movimento mantém seu movimento constante.

2- Segunda Lei de Newton (Lei Fundamental da Dinâmica): A taxa de aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força total aplicada a ele e inversamente proporcional à sua massa. A lei é expressa pela fórmula $F = ma$, onde F representa a força total, m é a massa e a é a aceleração do objeto.

3- Terceira Lei de Newton (Lei da Ação e Reação): Cada ação provoca uma reação de igual magnitude, mesma direção e sentido oposto. Em outras palavras, quando um objeto A exerce uma força sobre um objeto B, o objeto B responde com

uma força de igual intensidade, direção oposta e mesma linha de ação sobre o objeto A.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, ele será dividido nas seguintes seções: Introdução, Explicação, Conclusão e Referências.

2 DESENVOLVIMENTO

Na sequência "uma viagem de trem maluca para 1985" do filme "De Volta Para o Futuro III", são retratadas várias circunstâncias que envolvem as características dos vetores e os princípios de Newton. Vamos examinar algumas delas:

Manutenção da Velocidade Constante: Quando o trem atinge uma velocidade constante ao longo dos trilhos, isso demonstra a aplicação da primeira lei de Newton. De acordo com essa lei, um objeto em movimento continuará em movimento com velocidade constante, a menos que uma força externa atue sobre ele. Nesse caso, a ausência de forças não equilibradas mantém o trem em movimento uniforme.

Frenagem e Desaceleração: Quando o maquinista aciona os freios para reduzir a velocidade do trem ao se aproximar de uma estação, isso envolve a segunda lei de Newton. A força de frenagem aplicada é diretamente proporcional à desaceleração desejada e inversamente proporcional à massa do trem, conforme expresso pela equação $F = ma$.

Curvas na Ferrovia: Quando o trem percorre uma curva na ferrovia, a terceira lei de Newton está em ação. À medida que o trem muda de direção, ocorre uma força centrípeta que puxa o trem em direção ao centro da curva. Isso representa a ação e reação, onde a ação é a força centrípeta exercida pelo trilho sobre o trem, e a reação é a força oposta exercida pelo trem sobre o trilho.

Partida a Partir do Repouso: Quando o trem parte da estação inicialmente parado, ele exemplifica a primeira lei de Newton mais uma vez. Para iniciar o movimento, o maquinista deve aplicar uma força para superar a inércia do trem em repouso. Uma vez que a força é aplicada, o trem começa a se mover, seguindo a primeira lei de Newton que estabelece que um objeto em repouso tende a permanecer em repouso até que uma força externa aja sobre ele.

Estes exemplos ilustram como as propriedades dos vetores e as leis de Newton são usadas na cena do trem em "De Volta Para o Futuro III", embora algumas situações não sejam totalmente precisas devido à natureza fictícia do filme.

3 CONCLUSÃO

Ao analisar as diversas situações apresentadas na sequência "uma viagem de trem maluca para 1985" do filme "De Volta Para o Futuro III" à luz das Leis de Newton e das propriedades dos vetores, é possível perceber a riqueza de conceitos físicos subjacentes a essa narrativa cinematográfica.

A sequência do filme "De Volta Para o Futuro III" apresenta diversas situações que envolvem conceitos das Leis de Newton e das propriedades dos vetores. Essas situações incluem a manutenção da velocidade constante do trem, a frenagem e desaceleração, as curvas na ferrovia e a partida do trem do repouso.

Embora o filme simplifique esses conceitos para fins de entretenimento, ele oferece uma oportunidade valiosa para despertar o interesse pelo estudo da física, especialmente entre o público mais jovem.

REFERÊNCIAS

ASSIS, André Koch Torres; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **Vetores**: Aspectos Didáticos e Conceituais.

JUSTI, Rosária; QUEIROZ, Gilberto de; SOLOMON, Nicky. The meaning of Newton's laws: evidence from children's ideas.

CUQUETTO, Edson Leonardo *et al.* Um estudo sobre o ensino das leis de Newton na educação básica.

BOXOFFICE. Uma viagem de trem maluca para 1985. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4eL-YKNvIB4>. Acesso em: 18 set. 2023.

VETORES: REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS E CÁLCULOS ENVOLVENDO VETORES

Júlio César Urbano
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

RESUMO

Este trabalho apresenta os vetores e seu papel na representação e cálculo de grandezas vetoriais. Utilizando uma cena de "De Volta para o Futuro III" como cenário para discutir como escapar de um trem em movimento acelerado usando as leis da física, particularmente as leis de Newton. A questão principal é se essa fuga é viável e se as estratégias seriam as mesmas em alta velocidade, como em um trembala. As leis da dinâmica foram utilizadas para entender como as forças afetam o movimento do trem e a importância dos vetores na análise do movimento do trem. Este trabalho mostra como os princípios da Física e os vetores podem ser usados na resolução de problemas do mundo real, fornecendo uma visão interdisciplinar.

INTRODUÇÃO

A observação e análise do movimento de um trem em movimento são fascinantes exemplos da aplicação das leis da Cinemática e da Dinâmica. O estudo do movimento de objetos em nossa vida cotidiana não apenas nos ajuda a compreender melhor o mundo ao nosso redor, mas também nos permite explorar os princípios fundamentais que governam o universo físico.

O deslocamento de um objeto em relação a um ponto de referência é a definição fundamental do movimento. A cinemática e a dinâmica são as áreas de estudo do movimento. Em seu Curso de Física Básica 1, Nussenzveig (2017) mostra que a cinemática se concentra no movimento sem considerar suas causas. Ela examina duas grandezas: posição, que é a localização de um objeto em relação a um ponto de referência, e deslocamento, que é a mudança de posição em relação ao ponto inicial. Além disso, a cinemática trata de aceleração, que é a taxa de variação da velocidade em relação ao tempo, e velocidade, que é a taxa de variação do deslocamento em relação ao tempo.

A dinâmica explora as leis e forças que controlam o movimento. Inclui conceitos importantes, como força, que altera a velocidade ou a forma de algo. De acordo com a Lei da Inércia, um objeto em movimento permanece em movimento e um objeto em

repouso permanece em repouso, a menos que uma força externa atue sobre ele. Seja qual for o princípio fundamental da dinâmica, a força aplicada a um objeto é igual à taxa de mudança de sua quantidade de movimento. Além disso, a utilização de vetores também é fundamental para a análise de movimento. Os vetores são quantidades que têm direção e magnitude. Eles podem ser usados para representar grandezas orientadas, como velocidade e aceleração, e podem ser somadas ou subtraídas geometricamente (Nussenzveig, 2017; Resnick e Halliday, 2012).

O movimento de um trem, devido à combinação de sua velocidade e aceleração nos permite avaliar como os objetos se movem em relação ao tempo, distância e direção. Além disso, as forças que agem sobre ele demonstram os princípios da dinâmica. Uma pergunta intrigante que pode surgir é: como as leis da Física podem ser usadas para evitar um trem que se move rapidamente? Dessa forma, neste trabalho, iremos analisar a emblemática cena do filme "De Volta para o Futuro III", na qual um trem em movimento é protagonista de uma situação extremamente desafiadora. Essa cena oferece uma oportunidade para aplicar os conceitos de vetores, bem como as Leis de Newton.

1º Momento

No primeiro momento apresentado nessa cena do filme "De Volta para o Futuro III", conforme apresentado na Figura 1, há um momento emocionante em que os personagens utilizam um trem a vapor para acelerar o icônico DeLorean, a fim de ativar a máquina do tempo e voltar ao futuro. Essa cena envolve conceitos físicos interessantes, incluindo a aplicação de vetores e leis do movimento.

O plano de Doc Brown é um exemplo de aplicação prática de vetores no contexto de movimento. Ao engatar o DeLorean na parte traseira do trem a vapor, a velocidade e a direção do carro tornam-se dependentes das do trem. A força resultante que impulsiona o DeLorean é proporcionada pela tração exercida pelo trem, conforme estabelecido na Segunda Lei de Newton $F = ma$. À medida que o trem acelera, a força resultante sobre o DeLorean também aumenta, resultando em uma aceleração gradual do carro. Durante a aceleração, os vetores de velocidade do carro e do trem estão alinhados, indicando que o carro está se movendo na mesma direção que o trem.

Figura 1 – Trem a vapor acelerando o DeLorean.



Fonte: Imagem retirada do trecho do filme “De volta para o Futuro III”

Nessa cena, também há um momento em que o Doutor Brown está a bordo do trem a vapor e precisa escapar dele enquanto o trem está indo. Ele usa uma prancha para fazer isso. O Doutor precisa acelerar para fugir do trem. Isso requer a aplicação de uma força que o move na direção oposta ao movimento do trem (ou tangencial a ele), o que permite que ele se afaste da estrutura ferroviária. O Doutor pode usar a prancha como plataforma para acelerar e escapar do trem. Isso está de acordo com as leis da física, particularmente a terceira lei de Newton, que diz que há uma reação igual para cada ação.

Se considerarmos um trem-bala em alta velocidade, os mesmos princípios de aceleração seriam aplicados, mas a situação seria ainda mais desafiadora devido às velocidades extremamente altas envolvidas. A física envolvida em ambas as situações ainda se baseia nos princípios fundamentais de aceleração, força e velocidade relativa, mas a magnitude das forças e a energia envolvida seriam muito maiores em um trem-bala de alta velocidade.

2º Momento

No segundo momento, há a cena em que o trem a vapor cai do penhasco após o DeLorean acelerar e realizar a viagem no tempo, Figura 2. Vários princípios físicos estão em jogo para explicar essa sequência emocionante.

Figura 2 – Trem a vapor sendo projetado da ferrovia.



Fonte: Imagem retirada do trecho do filme “De volta para o Futuro III”

Primeiramente, a força da gravidade age como um vetor que aponta verticalmente para baixo, em direção ao centro da Terra. Essa força é responsável pela aceleração do trem em direção ao solo. Enquanto o trem cai, seu vetor de velocidade aumenta continuamente na direção vertical, de acordo com a aceleração da gravidade. À medida que o trem ganha velocidade, a resistência do ar cria um vetor de força contrário à direção da queda. No entanto, a resistência do ar não é suficiente para anular completamente o vetor de velocidade do trem, resultando em uma queda contínua. Quando o trem atinge o solo, há sua destruição resultante da colisão com o solo.

3º Momento

Figura 3 – Trem a vapor colidindo com o Delorean.



Fonte: Imagem retirada do trecho do filme “De volta para o Futuro III”

Por fim, há o momento em que o DeLorean viaja no tempo e colide com outro trem. Em uma colisão bidimensional como essa, a análise vetorial leva em consideração as velocidades relativas e as direções dos objetos em colisão. Para determinar o resultado da colisão, são necessários cálculos vetoriais que levem em consideração a direção, a magnitude e a mudança nos vetores de momentum dos objetos envolvidos. Isso permite prever como os objetos se moverão após a colisão e como a energia cinética será distribuída entre eles. Devido à enorme diferença de massa entre o DeLorean e o trem, a colisão resulta na destruição do DeLorean.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o estudo dos vetores e sua aplicação nas situações envolvendo o movimento de um trem, como exemplificado na cena do filme "De Volta para o Futuro III", ilustra a importância da compreensão dos princípios da Física no contexto do mundo real. A análise das grandezas vetoriais e a aplicação das Leis de Newton nos permitem abordar desafios complexos, como a possibilidade de escapar de um trem em movimento acelerado.

Portanto, a aplicação dos conceitos de vetores e das Leis de Newton é uma ferramenta valiosa para resolver problemas complexos e proporciona uma base sólida para a compreensão e análise de uma ampla gama de fenômenos físicos na vida real.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.I.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 1: mecânica**. 5.ed. rev. Sao Paulo: Edgard Bliicher, 2013

YOUNG, H. D. et al. **Física I: mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

ATIVIDADE INTEGRADORA

Leandro Ferreira de Castro
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

INTRODUÇÃO

Este trabalho, visa analisar utilizando os fundamentos das propriedades dos vetores e das leis de Newton uma cena do Filme “de volta para o futuro III”. A cena em questão, nos mostra um trem empurrando a máquina do tempo sobre os trilhos. A máquina do tempo por sua vez necessita atingir uma velocidade específica para viajar no tempo, o que acaba conseguindo ao final.

DESENVOLVIMENTO

Analisando a cena de acordo com as propriedades dos Vetores: Vetores de Velocidade de Direção: Na cena, tanto o trem quanto a máquina do tempo (carro), têm vetores de velocidade que determinam a direção e a magnitude de seus movimentos. Segundo Brasil escola (2023), “A velocidade vetorial é a medida com que uma certa distância é percorrida, durante um intervalo de tempo, quando levamos em conta parâmetros vetoriais, como módulo, direção e sentido”.

É importante notar, como esses vetores de velocidade se combinam quando o trem empurra a máquina do tempo. A direção da velocidade resultante é fundamental, pois afeta a capacidade da máquina do tempo de viajar no tempo.

Já o ato de empurrar a máquina do tempo pelo trem, envolve vetores de força. A maneira como essas forças são aplicadas e como afetam o movimento da máquina do tempo é fundamental, deve-se considerar como as forças agem e como elas se somam para influenciar o movimento do veículo.

Por definição, a força é uma grandeza física e está pode ser representada por um vetor. Assim é possível afirmar que a força passa a ter uma direção (horizontal ou vertical) e também um sentido. Por fim a força poderá ter uma unidade e um valor numérico. (IPED, 2023).

Com base nas Leis de Newton:

Para análise a seguir, utilizou-se a primeira Lei de Newton (Lei da Inércia):

onde Newton postulou que “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (Silva, 2018, p.2).

Na cena, a Lei da Inércia se aplica quando o trem a vapor está se aproximando de um desfiladeiro e não consegue parar a tempo para evitar um desastre. Isso ocorre porque o trem é um objeto em movimento, e de acordo com a Lei da Inércia, ele continuará se movendo até que uma força externa, como os freios, atue para mudar seu estado de movimento.

Segunda lei de Newton (Lei da Dinâmica): “os objetos só podem ser acelerados se houver forças atuando sobre eles. A segunda Lei de Newton nos diz exatamente quando um objeto será acelerado por uma dada força resultante. $a = \frac{\Sigma F}{m}$, sendo que a é a aceleração do objeto, ΣF , F é a força resultante sobre o objeto, e m é a massa do objeto”. (KHAN ACADEMY, 2023).

A cena demonstra a Segunda Lei de Newton, onde o trem exerce uma força significativa sobre a máquina do tempo (carro), resultando em sua aceleração.

PROBLEMATIZAÇÃO

Como seria possível escapar de um trem em movimento acelerado, utilizando as Leis da Física a seu favor? E se o trem estivesse em uma velocidade muito alta, como um trem-bala, a situação seria a mesma ou ocorreria mudanças?

Só seria possível escapar de um trem em movimento, utilizando força externa para desacelerar ou parar o trem, como acionar os freios.

Trem-Bala; As leis da física como a inércia, tornam virtualmente impossível para um indivíduo escapar de um trem-bala em alta velocidade. As forças envolvidas em um trem-bala são imensas, tornando qualquer tentativa de parar ou desacelerar o trem extremamente perigosa, só seria possível parar o trem utilizando uma força externa, no entanto, a altíssima velocidade do trem-bala torna praticamente impossível uma pessoa escapar de forma segura.

CONCLUSÃO

A cena do trem em “De Volta para o Futuro III” oferece uma oportunidade de aplicar os conceitos de Vetores e as Leis de Newton em um contexto de princípios e físicos, que embora possa envolver elementos físicos, ainda mantém uma conexão com as leis fundamentais da física.

É comum em filmes de ficção científica, encontrar cenas que desafiam as leis da física e exploram conceitos como viagens no tempo e tecnologia avançada. Com base nas informações fornecidas, em que os vetores e as Leis de Newton são mencionados, é importante notar que muitas vezes esses filmes usam elementos fictícios.

REFERÊNCIAS

BRASIL ESCOLA. Velocidade Vetorial. 2023. **Vetores e forças: o que são?** Disponível em: <https://www.iped.com.br/materiais/enem-gratis/vetores-forca.html>. Acesso em: 08 ago. 2023.

SILVA, Saulo Luiz Lima da. A Primeira Lei De Newton: Uma Abordagem Didática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, e3001, 2018.

KHAN ACADEMY. **O que é a segunda lei de Newton**. 2023. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/forces-newtonslaws/newtons-laws-of-motion/a/what-is-newtons-second-law>. Acesso em: 08 ago. 2023.

TEMA:
ESCAPE DE UM TREM EM MOVIMENTO ACELERADO

Mateus Aguiar Borrozzino
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

INTRODUÇÃO

Este trabalho busca de forma sucinta compreender as Leis de Newton e as Grandezas Vetoriais, afim de entender e desvendar o seguinte questionamento: “Como seria possível escapar de um trem em movimento acelerado, utilizando as leis da Física a seu favor? E se o trem estivesse em uma velocidade muito alta, como um trem-bala, a situação seria a mesma ou ocorreriam mudanças?”.

DESENVOLVIMENTO

Primeira Lei de Newton, também chamada de Lei da Inércia, que pode ser simplificada da seguinte maneira.

“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.”



Fórmula da Primeira Lei de Newton:

$$\text{se } \vec{F}_R = 0 \longrightarrow \begin{cases} \vec{v} = 0 \text{ ou} \\ \vec{v} = \text{constante} \end{cases}$$

Nela também se dá o surgimento das forças inerciais, ou seja, uma força que surge quando um corpo está imprimindo uma força em outro corpo, resultando neles uma aceleração. Além disto, quanto maior a massa de um corpo, maior será sua

inércia, ou seja, será necessário aplicar uma força elevada para que consiga alterar o movimento deste corpo.

Lei da Superposição de Forças ou Princípio Fundamental da Dinâmica, a Segunda Lei de Newton, é apresentada da seguinte forma:

“A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada.”



Fórmula da Segunda Lei de Newton:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \text{ com } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Ela estabelece que a aceleração obtida por um corpo é resultado de uma força não nula aplicada a ele, que manifestará na mesma direção e sentido desta força. Além disto, se as forças resultantes gerarem um valor nulo, os corpos estarão em equilíbrio, deste modo, não se moverá. Ademais, a força resultante é uma grandeza vetorial, desta forma, a orientação e o módulo devem ser considerados.

Terceira Lei de Newton, também conhecida como a Lei da Ação e Reação, afirma o seguinte:

“Para cada ação, há uma reação igual e oposta.”

Essa lei descreve a relação entre as forças exercidas por dois objetos um sobre o outro.

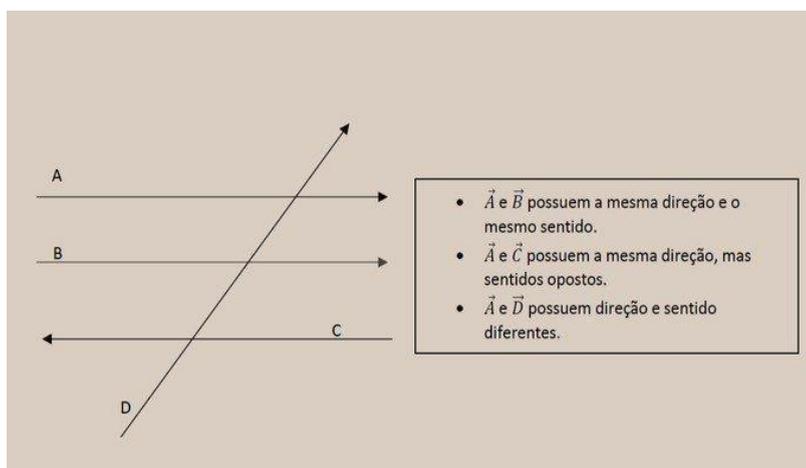


Fórmula da Terceira Lei de Newton:

$$|\vec{F}_{1,2}| = -|\vec{F}_{2,1}|$$

Grandezas vetoriais são características mensuráveis que requerem tanto magnitude quanto direção e sentido para serem completamente descritas. Elas se distinguem das grandezas escalares, que envolvem apenas magnitude, pois as grandezas vetoriais também incluem informações sobre a orientação.

Um vetor é uma entidade matemática que descreve uma magnitude, uma direção e um sentido. Em matemática, é representado como uma linha reta que aponta de um ponto A para um ponto B e é denotado como "vet(AB)".



CONCLUSÃO

Levando em consideração a problematização, a cena do filme “De volta para o futuro III” e as Leis de Newton, podemos afirmar que o trem está em um movimento uniformemente variado, visto que o motor da locomotiva está descontrolado,

aumentando cada vez mais a sua velocidade. Também pudemos observar que o atrito causado pelo veículo “DeLorean” não está causando efeito significativo para que a locomotiva pare. Desta forma, podemos teorizar algumas possibilidades:

- 1) Apagar o fogo da caldeira da locomotiva, afim de para que ela ganhe velocidade (extinguir a origem da força).
- 2) Acionar os sistemas de frenagem da locomotiva (aumentar o atrito).
- 3) Acionar o freio do veículo (aumentar o atrito).
- 4) Acionar a ré do veículo (aplicar força no sentido contrário).
- 5) Acionar o acelerador do veículo e sair do trilho (aplicar força).

Ainda sim, poderíamos talvez combinar algumas dessas possibilidades afim de aumentar a probabilidade de sucesso.

REFERÊNCIAS

BRASIL ESCOLA. **Leis de Newton**. 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/leis-newton.htm> . Acesso em: 23 set. 2023.

BRASIL ESCOLA. **Segunda lei de Newton**. 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/segunda-lei-newton.htm#:~:text=Exemplos%20da%20segunda%20lei%20de%20Newton,Em%20nosso%20cotidiano&text=Por%20exemplo%2C%20quando%20empurramos%20um,tapete%2C%20empregando%20for%C3%A7a%20sobre%20ele>. Acesso em: 23 set. 2023.

TODA MATÉRIA. **Segunda lei de Newton**. 2023. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/segunda-lei-denewton/#:~:text=A%20Segunda%20Lei%20de%20Newton,for%C3%A7as%20que%20atuam%20sobre%20ele>. Acesso em: 23 set. 2023.

TODA MATÉRIA. **Grandezas vetoriais**: o que são, diferença das escalares, exemplos. 2023. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/grandezas-vetoriais/>. Acesso em: 23 set. 2023.

CASE:

ESCAPE DE UM TREM EM MOVIMENTO ACELERADO

Anna Luiza Pereira
Prof. Arlei Ubiratã da Rocha

INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa de forma clara e objetiva, trazer análises embasadas nas leis de Newton e teorias vetoriais, para a resolução do Case apresentado, onde foi-se questionado: “Como seria possível escapar de um trem em movimento acelerado, utilizando as leis da Física a seu favor? E se o trem estivesse em uma velocidade muito alta, como um trem-bala, a situação seria a mesma ou ocorreriam mudanças?”

DESENVOLVIMENTO

Primeiramente precisa-se compreender quais seriam as leis de Newton, e para que tanto nos importa no momento.

Sua primeira Lei fala sobre a Inércia, onde apresenta-se a ideia de que se houver um ponto em repouso, ele permanecerá em repouso, da mesma forma, que se existir movimento, ele deverá mantê-lo constante e uniforme, vale ressaltar que quanto maior for a massa, maior será a tendência de se manter no estado de origem, seja ele em movimento ou parado.

A segunda Lei demonstra a força, ou seja, é a influência que altera o estado de origem do corpo, esteja ele em repouso ou em movimento, isso significa que, quando várias forças agem sobre um corpo, elas se somam vetorialmente para gerar uma força resultante. O que nos leva a abrir um adendo específico nesse ponto, pois onde temos uma força, com direção, sentido e grandeza física que possui magnitude, temos um vetor, esse será um fator importante para nossa análise mais adiante.

E por fim, o grande Isaac Newton, nos deixou de presente sua Terceira Teoria, o Princípio da Ação e Reação, que trata sobre as forças de interação entre dois corpos, chamadas de forças de ação e reação, onde diz que toda ação sempre gera uma reação oposta e de igual intensidade, porém em sentido oposto. Por exemplo, se um

corpo A exerce uma força sobre um corpo B, o corpo B, conseqüentemente, exerce uma força de mesma intensidade sobre o corpo A, e embora possuam o mesmo módulo, direção e sentido, as forças de ação e reação não produzem os mesmos efeitos, isso acontece porque elas agem sobre corpos diferentes, portanto, as forças de ação e reação possuem efeitos distintos.

Tendo realizado as análises quanto às teorias acima, podemos dizer que para escapar com sucesso de um trem em movimento acelerado, seria necessário aplicar uma força considerável na direção oposta à do movimento do trem, ou seja, utilizando um vetor de sentido contrário, o que requer uma compreensão detalhada da velocidade, massa e aceleração do mesmo, bem como uma força oposta suficiente para diminuir a velocidade do trem até que seja seguro sair.

Ou seja, para mudarmos o ponto de inércia do trem de movimento para parado, devemos aplicar um vetor de reação oposta suficientemente forte para causar a desaceleração do trem, daí vem o grande questionamento, mas como?

Bem, para tal fato, podemos utilizar a própria ação de movimento do trem para gerar uma reação em sentido contrário, para gerar a força contrária poderíamos utilizar um bolsão de ar, que seria utilizado para frear o trem. Para criar esse bolsão de ar, conforme evidenciado acima, seria necessário a análise detalhada de velocidade e força, o ideal era ser feita com lona grossa e resistente, como se fosse um paraquedas, aliás a ideia do bolsão de ar é deveras muito parecida com a utilizada em paraquedas, portanto o material utilizado seria de grandíssima importância, pois quanto maior for a massa e velocidade de movimento desse objeto, mais resistência é preciso ser realizada para ser gerada o vetor inverso e causar a desaceleração do trem.

Em última análise, se por algum acaso, esse não fosse um teste assistido e controlado, no caso de estar realmente ocorrendo a necessidade de frear um trem que perdeu seus freios, poderia ser realizada a junção de muitos tecidos, de preferência os mais grosso que tivesse, para então criar o bolsão de ar, porém como citado acima, quanto maior for a massa e a velocidade que o trem estiver, maior deverá ser a força inversa a ser realizada.

CONCLUSÃO

Em conclusão, a compreensão das leis de Newton e a ideia vetorial de força é fundamental para entender a física do movimento e aplicá-la em situações práticas. As três leis de Newton, que abordam a inércia, a relação entre força e movimento, e a ação e reação das forças, fornecem o embasamento teórico para abordar desafios complexos, como frear um trem acelerado. A aplicação prática desses princípios requer análises detalhadas da massa, velocidade, aceleração e forças envolvidas, sendo crucial considerar a utilização de vetores e forças contrárias para alcançar os resultados desejados.

No contexto de frear um trem em movimento acelerado, a aplicação de uma força contrária suficientemente forte é essencial para desacelerar e, eventualmente, parar o trem com segurança. Propõe-se a utilização de um bolsão de ar, similar a um paraquedas, como uma forma de gerar essa força contrária, levando em consideração a massa e velocidade do trem. A seleção apropriada de materiais e o entendimento da física envolvida são cruciais para a eficácia dessa abordagem.

Em situações de emergência real, a engenhosidade e aplicação prática desses princípios físicos podem fazer a diferença entre um desastre evitado e uma catástrofe iminente. Portanto, a compreensão e aplicação das leis de Newton continuam a ser de grande importância para garantir a segurança e eficiência em situações cotidianas e desafiadoras.

No entanto, essa situação é altamente perigosa, e é fundamental enfatizar que a melhor abordagem é evitar colocar-se em tais situações de risco e buscar ajuda de profissionais qualificados em caso de emergências. A segurança e o bem-estar devem ser priorizados em todos os momentos.

REFERÊNCIAS

MACKENZIE. **Frases célebres e principais características**: entenda as 3 Leis de Newton. 2023. Disponível em: <https://blog.mackenzie.br/vestibular/materiasvestibular/frases-celebres-e-principais-caracteristicas-entenda-as-3-leis-de-newton2/#:~:text=Mas%20afinal%2C%20quais%20s%C3%A3o%20as,ou%20Terceira%20Lei%20de%20Newton>. Acesso em: 23 set. 2023.

DIAS, Fabiana. **Terceira Lei de Newton (Princípio da Ação e Reação)**. 2023. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/terceira-lei-de-newtonprincipio-da-acao-e-reacao>. Acesso em: 23 set. 2023.

Atividades integradoras

Disciplina: Planejamento e Controle de Produção

Professor: Julio Cesar Filla

DIAGNÓSTICO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM PEQUENAS EMPRESAS LOCAIS

Diego da Silva Doni
Jéssica Daiany Guedes de Oliveira Murilha
Prof. Julio Cesar Filla

1 INTRODUÇÃO

O planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma área da gestão industrial cuja finalidade é organizar, coordenar e supervisionar as atividades relacionadas à produção de bens e serviços. Seu principal objetivo é assegurar que os recursos da empresa, como mão de obra, matéria prima, máquinas e tempo, sejam utilizados da forma mais eficiente possível, garantindo o cumprimento de prazos, a qualidade dos produtos e a redução de custos operacionais.

O PCP engloba um conjunto de decisões e ações que envolvem desde o planejamento da produção de curto, médio e longo prazo até o acompanhamento da execução das ordens de produção. Entre suas principais funções estão a previsão de demanda, o planejamento agregado, o controle de estoques, a programação da produção e o acompanhamento de desempenho. A correta aplicação dessas práticas permite alinhar a capacidade produtiva da empresa às necessidades do mercado, evitando tanto a ociosidade quanto a sobrecarga dos recursos.

Por meio do PCP, torna-se possível definir o que produzir, quanto produzir, quando e como produzir, alinhando a produção à demanda do mercado, à capacidade produtiva e à disponibilidade de insumos. Atuando como elo entre os setores de vendas, suprimentos e manufatura, o PCP permite maior integração e agilidade na resposta a variação de demanda e imprevistos do processo produtivo.

Apesar de sua aplicação ser amplamente estruturada em grandes indústrias, pequenas empresas ainda operam com práticas informais, o que pode acarretar ineficiências como desperdício de materiais, atrasos nas entregas e perda de oportunidades comerciais. Esse cenário é comum em cidades de porte médio, como Londrina, onde o uso de ferramentas e técnicas de PCP ainda é pouco desenvolvida em muitos negócios locais.

Realizar um diagnóstico dessas práticas em empresas de pequeno porte permite compreender a realidade operacional enfrentada por gestores e

colaboradores, além de evidenciar o impacto da ausência de um planejamento estruturado. A proposta deste relatório é, portanto, contribuir para a reflexão, por meio da análise de uma pequena empresa local, cuja identidade será preservada, destacando suas práticas atuais de produção, seus desafios e as oportunidades de melhoria que podem ser implementadas de forma acessível e gradual.

2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa analisada está localizada na cidade de Londrina, é de natureza familiar e atua há 15 anos no ramo de peças plásticas por injeção, atendendo principalmente a demandas de terceiros, com foco na produção de componentes técnicos. A gestão é realizada de forma centralizada por pai e filho, e as operações produtivas contam com o apoio de um funcionário responsável pela execução das atividades no processo produtivo.

Sua estrutura é enxuta, com instalações simples e equipamentos antigos, que ainda atendem às necessidades operacionais, mas limitam a adoção de práticas modernas de gestão. A ausência de um sistema informatizado e a falta de padronização nos processos dificultam o controle efetivo da produção e impactam diretamente na eficiência operacional, tornando a empresa vulnerável a falhas, retrabalhos e desperdícios, especialmente em períodos de maior complexidade ou volume de pedidos.

3 DIAGNÓSTICO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

3.1 ORGANIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

A produção da empresa é organizada com base na rotina diária e na experiência da equipe. Não foi observado um planejamento formal documentado, as decisões de produção são tomadas baseada no conhecimento e experiências acumuladas com o tempo, conforme a percepção da demanda ou histórico de vendas anteriores. As tarefas são distribuídas verbalmente no início do dia e ajustadas conforme surgem os pedidos.

3.2 CONTROLE DO ESTOQUE

O controle de estoque na empresa é realizado de forma empírica, sem qualquer sistema informatizado ou registro formal. A reposição de insumos ocorre apenas quando se percebe visualmente que algo está em falta, muitas vezes quando a produção já está em andamento. Essa prática gera paralisações inesperadas, uma vez que a falta de matéria prima só é percebida tardiamente, comprometendo o fluxo produtivo e prazos de entrega.

Não há contagem regular dos itens armazenados, nem organização estruturada dos materiais por tipo, data de entrada ou validade. Os produtos acabados também são armazenados de maneira informal, o que dificulta o controle de giro e impede previsões de venda com base em estoque disponível. Como a empresa opera sob demanda para diferentes clientes e adquire matérias primas de diversos fornecedores, os lotes de produtos entregues nem sempre apresentam padrão uniforme de qualidade, o que pode comprometer a confiabilidade e a imagem da empresa junto ao mercado.

Em ausência de controle sistemático representa um dos principais gargalos operacionais da empresa, impactando diretamente na eficiência, previsibilidade e competitividade do processo produtivo.

3.3 ANÁLISE DA DEMANDA

A empresa analisada não possui um plano estruturado para lidar com oscilações na quantidade de pedidos recebidos. Em períodos de alta demanda, a alternativa adotada é a realização de horas extras, o que eleva o nível de desgaste físico e emocional da equipe, já reduzida. Por outro lado, quando há queda nos pedidos, as máquinas e os colaboradores permanecem ociosos, sem aproveitamento produtivo. Essa instabilidade operacional revela a ausência de um planejamento de capacidade que permita ajustes mais eficientes frente as variações do mercado. Soma-se a isso o fato de que as máquinas não passam por manutenções preventivas regulares, o que aumenta a frequência de falhas técnicas e paralisações imprevistas, agravando ainda mais atrasos na produção e no atendimento aos clientes.

3.4 PROGRAMAÇÃO DE PRODUÇÃO E ENTREGAS

A empresa não adota uma programação formal para a produção ou para cronograma de entregas. As ordens de produção são executadas de forma contínua, com foco na conclusão do pedido em aberto, sem definição clara de metas diárias, prazos intermediários ou priorização de tarefas. Essa ausência de planejamento operacional dificulta a previsão de prazos, gera atrasos recorrentes e impacta negativamente a relação com os clientes, que muitas vezes não recebem seus pedidos dentro do prazo acordado. A falta de visibilidade sobre o andamento da produção também compromete o controle interno e impede o uso de indicadores que poderiam orientar decisões mais assertivas.

3.5 DESAFIOS

A empresa enfrenta diversos desafios estruturais e operacionais que comprometem seu desempenho. A equipe é reduzida, o que sobrecarrega os gestores e limita a capacidade produtiva, especialmente em períodos de alta demanda. A ausência de processos formais de inspeção de qualidade contribui para um elevado índice de retrabalho, prejudicando tanto a produtividade quanto a imagem da empresa perante os clientes. As máquinas utilizadas são antigas e apresentam falhas com frequência, o que leva a paradas constantes e imprevisíveis. Esses fatores, somados a falta de organização e a ausência de controles sistematizados, tornam o ambiente produtivo vulnerável a erros, desperdícios e atrasos, dificultando o crescimento sustentável do negócio.

3.6 FORÇAS E FRAQUEZAS

A análise realizada permitiu identificar pontos fortes no modelo atual de planejamento e controle da produção da empresa. Destaca-se em primeiro lugar, a experiência prática dos gestores, que acumulam conhecimento técnico sobre processos produtivos e comportamento da demanda local. Essa vivência permite certa flexibilidade na adaptação da produção as necessidades dos clientes, especialmente por se tratar de um negócio sob demanda. Além disso, a empresa mantém um relacionamento direto com seus fornecedores e clientes, o que facilita negociações e

ajustes operacionais em situações emergenciais. Outro ponto positivo é a capacidade técnica na produção de peças com valor agregado, demonstrando domínio sobre os processos de injeção plástica.

Por outro lado, os pontos fracos observados evidenciam a ausência de práticas estruturadas e a carência de ferramentas de gestão. Não há um planejamento formal nem uma programação definida da produção, o que compromete a previsibilidade e o cumprimento de prazos. O controle de estoque é realizado de forma empírica, sem produtos acabados. As rotinas de trabalho são pouco padronizadas, o que dificulta o controle de qualidade e favorece o retrabalho, agravado pela inexistência de inspeções regulares. A empresa opera com máquinas obsoletas, que frequentemente apresentam falhas, e não possui um plano de manutenção preventiva. Soma-se a isso uma equipe reduzida, o que sobrecarrega os responsáveis pela produção e gestão. A falta de metas indicadores e qualquer forma de monitoramento do desempenho impede a visualização clara dos gargalos do processo e limita a tomada de decisões baseada em dados.

4 SUGESTÕES DE MELHORIA

Com base nas fraquezas identificadas, recomenda-se a adoção de ações simples e viáveis, adaptadas à estrutura atual da empresa, que possam gerar melhorias significativas no curto e médio prazo:

- Implementar um controle básico de estoque por meios de planilhas, organizando entradas e saídas.
- Realizar reuniões semanais para revisar os pedidos em andamento e organizar a ordem de produção
- Padronizar rotinas operacionais, documentando o passo a passo das principais atividades.
- Estabelecer um plano de manutenção preventiva, para verificar o estado das máquinas.
- Criar um registro de pedidos e entregas, com data prevista de finalização e entrega ao cliente.
- Reservar tempo para uma inspeção visual de qualidade, com critérios definidos e anotação de não conformidades.

5 CONCLUSÃO

A realização deste diagnóstico evidenciou que, embora a empresa analisada possua conhecimento técnico consolidado em seu ramo de atuação e demonstre flexibilidade para atender demandas variadas, a ausência de práticas estruturadas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) compromete significativamente sua eficiência operacional. A falta de planejamento formal, de controle sistemático de estoques e de padronização nas rotinas produtivas contribui para atrasos nas entregas, desperdícios, retrabalhos e falhas recorrentes no processo.

Os desafios enfrentados, como máquinas obsoletas, ausência de manutenção preventiva, equipe reduzida e ausência de indicadores de desempenho, refletem a necessidade urgente de implementação de práticas básicas de gestão da produção. É importante destacar que a adoção de ferramentas acessíveis, como planilhas, checklists e rotinas semanais de controle, pode gerar ganhos em curto prazo, sem demandar grandes investimentos.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, Cicero Aparecido. **Técnicas de planejamento, programação da produção**. Curitiba: Intersaberes, 2012.
- CADORSO, Wagner. **Planejamento e controle da produção (PCP): a teoria na prática**. São Paulo, SP: Blucher, 2021.

ATIVIDADE INTEGRADORA: PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Evelyn Caroline Pereira Lohmann
Prof. Julio Cesar Filla

INTRODUÇÃO

40

A empresa que foi entrevistada é uma empresa familiar do ramo alimentício, que produz salgadinhos e docinhos de festa diretamente para o cliente final, incluindo festas de aniversário e eventos de empresas e escolas. A empresa atua no ramo há mais de 15 anos e possui uma clientela fiel, que fazem o marketing boca a boca para a empresa. Os salgadinhos e docinhos são muito elogiados pela qualidade dos ingredientes, pelo sabor do tempero, pelo tamanho e pelo cuidado no processo da embalagem e da entrega.

Três pessoas trabalham na empresa e participam de todas as etapas do processo, desde a venda dos salgadinhos até a entrega final para o cliente. A empresa fica dentro da residência da família, em uma área reservada no quintal. A cozinha é climatizada e possui área com freezers para estocar os produtos prontos. A análise foi realizada com base na observação direta das etapas produtivas, organização interna e métodos utilizados no processo. As etapas estão descritas a seguir:

1. Controle do estoque de produtos congelados e das embalagens

Todo dia, pela manhã, é feita a contagem de quantas unidades a empresa possui em estoque. Depois, essa contagem é anotada em cadernos de controle interno e é feita uma pré análise do que precisa ser produzido no dia e nos dias seguintes.

2. Análise dos pedidos do dia

Com a quantidade de estoque anotada, é feita a análise dos pedidos e então, é decidido o que precisa ser feito com mais urgência e quais itens estão sobrando.

3. Lista de compras

Sabendo o que precisa ser produzido no dia, é feita a lista de compras e pesquisa de preços dos insumos que precisam ser comprados para a produção. Importante ressaltar aqui que a empresa trabalha apenas com determinadas marcas que garantem a alta qualidade e sabor de seus produtos, mas que elevam o preço final.

4. Compras

Após a pesquisa de preços na etapa anterior, a família se divide e cada pessoa vai para um mercado para comprar os ingredientes, sempre visando mercados que vendem em atacado e que estão em promoção.

5. Preparação dos ingredientes

A próxima etapa é a de preparação dos ingredientes, incluindo a higienização de produtos de hortifruti, moagem da carne e corte de temperos como cebola, alho e salsinha.

6. Preparação da massa

Seguindo a preparação dos ingredientes, é feito o preparo da massa. As batatas são cozinhadas e depois amassadas. Depois, é adicionado farinha e os demais ingredientes e temperos. A massa é sovada por uma máquina de cozinha e mistura os ingredientes. Tudo é pesado antes seguindo a quantidade que precisa ser produzida no dia. A massa é padrão para todos os salgadinhos.

7. Preparação do recheio

Enquanto uma pessoa cuida da massa, outra fica responsável pelos recheios. Os recheios são preparados de acordo com a demanda do dia. No caso das coxinhas de frango, o frango é cozinhado e desfiado, depois é temperado e é adicionado requeijão cremoso. No caso de risoles, a mussarela e o presunto são misturados com temperos. Já nos croquetes de carne, a carne é refogada com temperos e depois é adicionada mussarela.

8. Produção das unidades

Com a massa e os recheios prontos, é iniciada a montagem dos salgadinhos. Uma certa quantidade de massa e recheio é pesada e colocada na máquina. Dependendo do salgadinho é colocado um bico que determina o formato e tamanho.

9. Análise da qualidade e padrão dos salgadinhos

Uma pessoa acompanha a produção dos salgadinhos, fazendo pesagens aleatórias para garantir que todos os salgadinhos possuem o mesmo peso e tamanho. Salgadinhos que fogem dos padrões por estarem com peso ou formato diferente são reprocessados.

10. Armazenagem

Com toda a produção feita, os itens são congelados para armazenamento em pacotes com 100 unidades. Cada pacote é identificado com o tipo de salgadinho e data de fabricação.

11. Limpeza das máquinas

Após a finalização da produção, as máquinas são limpas e suas partes móveis são lavadas. Também é lavado o chão da cozinha e todos os itens utilizados na produção, como facas, tábuas e bacias.

12. Preparação dos pedidos

Perto do horário de entrega de um pedido, é feita a fritura dos salgadinhos. Sempre fritam alguns a mais para fazer o controle da temperatura do óleo e garantir a qualidade dos alimentos. Muitas vezes esse processo é feito por uma pessoa da família enquanto as outras duas trabalham na produção da massa e recheio ou da montagem dos salgadinhos.

13. Embalagem

Com todos os produtos fritos, é feita a montagem na caixa personalizada e, caso seja cliente fiel, a empresa sempre coloca alguns salgadinhos a mais como forma de agradecer a preferência.

14. Entrega ao cliente final

Cerca de 3 a 5 pedidos saem para entrega ao mesmo tempo. A entrega é feita de carro pela própria família.

PRÁTICAS DE PCP OBSERVADAS

A empresa segue o modelo de produção sob demanda. A fabricação é feita visando manter um certo estoque de itens e é feita de acordo com os pedidos do dia, pois é muito importante para garantir que a empresa possa atender altas demandas inesperadas, como acontece com certa frequência. O estoque é observado diariamente e é mantido no mínimo 500 unidades de cada tipo de salgadinho em estoque. Se o volume for menor que 500, o salgadinho será produzido no dia seguinte.

Esse modelo de produção permite mais flexibilidade na fabricação dos salgadinhos e reduz o risco de produtos perderem o prazo de validade por ficarem encalhados no estoque, mas também traz o risco de não ser possível atender uma demanda maior do que o volume estocado. A produção sob encomenda também permite mais opções de personalização nos pedidos dos clientes, desde quantidades de cada tipo de salgadinho até sabores diferentes, passando por combos e kits de festa, o que são ótimas opções para fidelizar clientes.

O sistema de produção é puxado, baseado na demanda real e diária. A produção é feita de acordo com os pedidos recebidos e baseado no volume estocado, evitando assim produção em excesso e desperdícios. O risco aqui são as demandas inesperadas, com pedidos que superam a quantidade em estoque. Nesses casos, a empresa precisa alterar o sabor avisando previamente o cliente ou produzir uma certa quantidade de forma emergencial, para garantir essa entrega. Aqui entra o risco de atrasar os processos diários e custos mais altos por precisarem comprar os ingredientes sem muito tempo hábil para fazer a pesquisa de preço nos mercados da região.

A capacidade produtiva dessa empresa é limitada, pois possui apenas três funcionários que participam de todos os processos de produção. Em períodos de alta demanda é fácil perceber o esgotamento dos funcionários, sendo que muitas vezes trabalham mais de doze horas por dia, além de dividirem as atividades da empresa com as atividades da casa, como tarefas domésticas e lazer. Isso acaba limitando a

expansão da empresa como por exemplo, para vender produtos congelados em mercados ou para bares e lanchonetes.

O planejamento é feito a curto prazo e é reativo, com a decisão de produção sendo tomada no início do dia. Esse tipo de planejamento é bom para garantir o estoque estável e se adaptar às demandas diárias, mas a falta de planejamento a médio e longo prazo traz riscos com falta de insumos, sobrecarga de trabalho e dificuldades para atender épocas com picos de demanda. Fazer um planejamento semanal ou mensal poderia ajudar a empresa a economizar na hora das compras dos ingredientes secos, por exemplo, reduzindo os custos e eventuais faltas.

A empresa utiliza um controle manual e visual dos estoques e vendas, anotando em cadernos tudo o que é produzido, estocado, gasto e vendido. A empresa é composta de pessoas com certa idade, o que dificulta a implementação de sistemas de controle, incluindo uma simples planilha. O controle feito em anotações em cadernos está sujeito a erros e perdas, além de dificultar a consulta e fazer previsões de demanda.

O layout da produção da empresa é funcional, por processo, com áreas dedicadas a certos processos e outras áreas que servem de base para várias etapas de produção. As máquinas estão dispostas em sequência, sendo a primeira a máquina da massa, em seguida o fogão, a máquina da montagem dos salgadinhos e por último as fritadeiras. Na outra extremidade da cozinha temos as mesas onde são feitas as preparações dos ingredientes e onde os produtos fritos são embalados para o cliente final. O estoque fica em um cômodo separado e nele ficam apenas os freezers, e cada freezer possui certos tipos de salgadinhos e são identificados externamente.

Importante trazer aqui que a empresa está sujeita a diversos riscos pois fica localizada no quintal de uma casa. Alguns fatores que podem atrapalhar a produção são quedas de energia (um longo período sem luz estragaria todo o estoque armazenado nos freezers), falta de água, danos causados por chuva e vento (alagamento e destelhamento), entre outros. Durante a pandemia, com o isolamento social, as festinhas de aniversário e eventos escolares e de empresas foram cancelados, o que quase levou a empresa à falência.

PONTOS FORTES E FRACOS DO PCP

Pontos fortes

O controle diário de estoque permite uma resposta rápida à demanda, mesmo sendo um controle manual, feito em cadernos a partir do visual. Isso permite que a empresa saiba quais itens estão em falta e quais itens vendem mais em determinadas épocas do ano, facilitando a compra de ingredientes e orientando a produção. Além disso, permite também o escoamento de produtos com data de fabricação mais antigas, seguindo o FIFO.

A análise dos pedidos do dia traz maior flexibilidade, permitindo à empresa adaptar-se rapidamente a cada exigência dos clientes e à demanda especiais, levando à outra vantagem que é o atendimento personalizado e a garantia da satisfação do cliente. Essa prática também mantém baixa a quantidade de desperdício devido ao modelo sob encomenda. Como só é produzido o que é demandado, as perdas são mínimas, melhorando a eficiência da produção e sustentabilidade do negócio.

Ainda sobre o atendimento personalizado, essa prática leva à uma proximidade e fidelização dos clientes. A empresa oferece salgadinhos extras aos clientes mais antigos, o que é muito bem quisto e não gera perdas na produção pois são os salgadinhos de teste de fritura. O serviço de entrega próprio também gera maior conexão com a clientela, pois a entrega em mãos gera maior vínculo e a possibilidade de conversas informais que criam proximidade.

A garantia da qualidade feita através de pesagens durante a produção e o controle garantido do padrão de tamanho nos produtos faz com que todos os salgadinhos entregues possuam o mesmo tamanho, peso e sabor, fortalecendo a imagem da empresa, pois o cliente sabe exatamente o que vai receber.

Outra parte da garantia da qualidade é a compra de ingredientes de qualidade e de marcas conhecidas pelo público, que é bem visto e faz com o que o cliente saiba o que está comendo. Isso traz um diferencial entre as outras empresas do setor e faz com que clientes mais exigentes virem clientes fiéis.

Pontos Fracos

O controle manual através de cadernos está sujeito a erros, perdas e dificuldades de consulta, dificultando o acompanhamento dos pedidos e análise das variações durante épocas do ano. Esse tipo de controle também não permite a geração de relatórios que orientem um plano de produção a médio e longo prazo. Essa falta de previsão impede a empresa de preparar estoques para determinadas épocas do ano, podendo levar à sobrecarga nos funcionários da empresa e falta de determinados tipos de salgadinhos.

Essa possibilidade de sobrecarga também nos traz o problema do quadro de funcionários ser muito reduzido. A família fica sujeita à doenças, imprevistos e outras demandas da casa que levam tempo, o que pode ocasionar até a paralisação da produção. Essa quantidade de funcionários também limita a quantidade que pode ser produzida e entregue no final do dia, fazendo com que a empresa abra mão de alguns pedidos em épocas com maior demanda simplesmente por não ter mão de obra suficiente para atender.

Essa limitação da capacidade produtiva também não permite que a empresa atenda outros tipos de negócios, como venda de salgados congelados para bares e lanchonete, impedindo a expansão do negócio para outras vertentes. A pouca quantidade de máquinas e o espaço limitado para atuar também restringem o crescimento da empresa.

O hábito de fazer compras diariamente demanda muito tempo e gera gastos com entregas e gasolina, reduzindo a eficiência da empresa. A falta de um fornecedor para cada ingrediente faz com que a empresa perca tempo fazendo pesquisas de preços nos mercados da cidade e também faz com que a família use o veículo para fazer as compras, enquanto poderia estar usando-o para as entregas.

A empresa possui apenas um veículo para fazer as entregas. O veículo está sujeito à problemas mecânicos e até a acidentes de trânsito, o que faria com que as entregas fossem paralisadas, parando a empresa. Além disso, em caso de acidente, a empresa perderia uma mão de obra na fabricação caso o funcionário se machucasse, diminuindo ainda mais a produção.

A empresa não possui indicadores de desempenho que auxiliem a gestão de produção e financeira. Como todo o controle é feito manual, é muito mais difícil visualizar aumento ou queda nas vendas ou no preços dos ingredientes, produtividade

no período e nível de satisfação dos clientes. A falta de controle faz com que a empresa fique sem referências na hora de fazer mudanças ou implementar melhorias.

No caso de lançamento de um novo sabor, a empresa não consegue fazer uma pesquisa prévia e analisar os resultados sobre a aceitação do novo salgadinho. A coleta de feedbacks é feita através de conversas informais com os clientes na hora da entrega, não sendo possível levantar os pontos fortes dos salgadinhos nem as oportunidades de melhoria. Caso algum cliente não fique satisfeito, a tratativa é toda feita pelos próprios funcionários e as ações de melhoria não são acompanhadas através de indicadores, sendo acompanhadas apenas pela quantidade de reclamações. Então, se não há reclamação, a empresa entende que não há falhas nem oportunidades de melhorias na produção.

SUGESTÕES

Com base no diagnóstico realizado, foram elaboradas recomendações detalhadas que visam melhorar a organização, a eficiência e a sustentabilidade das práticas de PCP da empresa. Essas sugestões levam em conta o contexto familiar e o porte da empresa, buscando soluções viáveis e acessíveis.

1. Digitalização dos controles: A primeira recomendação é substituir os cadernos de anotação por planilhas digitais simples para controle de estoque e pedidos, como Google Sheets. Essa mudança permitiria um acompanhamento mais preciso das entradas e saídas de produtos, custos com ingredientes e entregas, além de facilitar o registro do histórico de pedidos, gerando relatórios automáticos e minimizando erros manuais. Além disso, a consulta rápida de dados antigos pode ajudar a entender padrões de consumo e prever demandas futuras com maior segurança.

- Planejamento semanal ou quinzenal: É fundamental que a empresa desenvolva um planejamento mais estruturado. Isso pode ser alcançado com a criação de um cronograma semanal ou quinzenal que antecipe as produções e as compras de ingredientes com base no histórico de pedidos e em datas comemorativas relevantes. Dessa forma, a empresa pode se preparar melhor para picos de demanda, evitando sobrecarga e urgências de última hora. Esse planejamento pode ser simples e atualizado conforme os pedidos forem entrando, sempre deixando espaço para ajustes.

- Redução da frequência das compras: Uma estratégia de compras mais eficiente pode ser estabelecida com a formação de parcerias com fornecedores que ofereçam condições especiais para compras em maior quantidade. Ao planejar as compras com antecedência e diminuir a necessidade de deslocamentos diários, a família ganha tempo para dedicar-se à produção, reduzindo o custo e aumentando a produtividade geral.

- Divisão clara de tarefas: Embora a empresa seja familiar e a equipe seja pequena, é interessante que cada membro tenha funções claramente definidas no início de cada dia. Essa prática melhora o fluxo de trabalho e diminui o risco de atividades acumuladas ou esquecidas.

- Investimento gradual em pequenas máquinas: O investimento em máquinas auxiliares simples pode aliviar o trabalho manual e agilizar as etapas de produção. Mesmo pequenas automatizações já trariam grande impacto positivo, permitindo que a equipe se concentre em tarefas mais complexas e no atendimento ao cliente.

- Criação de indicadores de desempenho: É recomendável que a empresa defina alguns indicadores básicos, como o tempo médio para produzir um pedido, a quantidade de produtos reprocessados, a frequência de compras e o nível de satisfação dos clientes. Monitorar esses indicadores mensalmente ajuda a identificar gargalos e medir a evolução da empresa ao longo do tempo. Uma simples planilha de acompanhamento pode ser o suficiente para iniciar esse processo.

- Otimização do layout: A reorganização da cozinha e das áreas de apoio pode trazer ganhos significativos de tempo. Realizar um pequeno estudo sobre o fluxo de pessoas e materiais pode indicar ajustes que reduzam deslocamentos desnecessários. Itens de uso frequente devem estar próximos uns dos outros e o caminho entre etapas produtivas deve ser o mais direto possível.

- Plano de contingência: Por fim, é importante que a empresa tenha um plano de contingência para situações de aumento repentino da demanda ou problemas familiares inesperados. A possibilidade de contar com ajudantes temporários previamente treinados ou terceirizar partes simples do processo pode ser avaliada, garantindo que a qualidade e os prazos de entrega sejam mantidos mesmo em condições adversas.

Essas recomendações, aplicadas gradualmente e adaptadas à realidade da empresa, podem transformar positivamente as operações diárias, reduzir desperdício e aumentar a produtividade.

CONCLUSÃO

O diagnóstico realizado permitiu compreender que a empresa familiar em estudo possui um sistema de PCP essencialmente eficiente para o seu porte e nicho de mercado, especialmente no que tange à garantia da qualidade dos produtos e ao atendimento personalizado. A adoção do sistema de produção puxada e o modelo sob encomenda são adequados para pequenas empresas que buscam minimizar estoques e oferecer flexibilidade. Contudo, é evidente que o sistema atual é altamente dependente da experiência diária da família e de controles manuais que não acompanham a complexidade que a empresa pode atingir no futuro.

As práticas de PCP, embora bem executadas no curto prazo, necessitam de evolução em termos de planejamento, controle e capacidade de resposta a eventos inesperados, caso a empresa vise um crescimento na sua produção. A ausência de tecnologia de apoio, a falta de um planejamento de médio e longo prazo e a dependência de mão de obra familiar são fragilidades que podem comprometer a escalabilidade do negócio.

Caso a empresa siga as sugestões que foram apresentadas neste relatório, ganhará muito tempo e reduzirá custos na produção, sobrando mais dinheiro para investir em máquinas e tempo para pensar na expansão do negócio. Uma empresa mais organizada, com dinheiro em caixa e planos de produção de médio prazo também garantem que os funcionários descansem mais pois não terão a mesma preocupação que possuem atualmente para atender o máximo de pedidos possível por dia.

REFERÊNCIAS

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração da produção**: uma abordagem introdutória. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

DIAGNOSTICO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM PEQUNAS EMPRESAS LOCAIS

Lucas Gabriel Mauricio Sassá
Maria Carolina Mauricio Sassá
Prof. Julio Cesar Filla

INTRODUÇÃO

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma função essencial dentro da administração da produção, responsável por garantir que os recursos produtivos sejam utilizados de forma eficiente para atender à demanda dos clientes.

Segundo Corrêa et al. (2001), o PCP envolve decisões sobre o que, quanto e quando produzir, além de como alocar os recursos disponíveis. Em pequenas empresas, o PCP assume um papel ainda mais estratégico, pois essas organizações geralmente operam com recursos limitados e precisam lidar com variações constantes na demanda. Este trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico das práticas de PCP em uma pequena empresa local, identificando seus pontos fortes, fragilidades e oportunidades de melhoria.

A análise será baseada em um estudo de caso da empresa Autêntica Instalações Elétricas, especializada em soluções de iluminação e acabamento de interiores. A seguir, será apresentada a descrição da empresa e, posteriormente, o diagnóstico das práticas de PCP observadas.

DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa Autêntica Instalações Elétricas atua no segmento de acabamentos e decorações de interiores, com foco especial em projetos de iluminação utilizando fitas de LED. Fundada com o propósito de oferecer soluções personalizadas e modernas para ambientes residenciais e comerciais, a empresa se destaca pela atenção aos detalhes e pelo atendimento individualizado a cada cliente.

Seu modelo de operação é centrado em agendamentos, o que permite um planejamento mais preciso e a dedicação exclusiva a um projeto por vez. Essa abordagem garante maior controle sobre a qualidade da execução e permite uma

comunicação mais próxima com o cliente, fator essencial em projetos de iluminação, onde a estética e a funcionalidade precisam estar em equilíbrio.

Antes de iniciar cada obra, a Autêntica realiza uma análise detalhada do ambiente e verifica a necessidade de integração com outros profissionais, como marceneiros, gesseiros e pedreiros. Essa etapa é fundamental para garantir que o projeto de iluminação seja compatível com os demais elementos da obra e que não haja conflitos de execução.

O setor de iluminação com LED tem crescido significativamente nos últimos anos, impulsionado pela busca por eficiência energética, durabilidade e versatilidade estética. A Autêntica acompanha essas tendências e busca sempre oferecer soluções atualizadas, utilizando produtos de qualidade e técnicas modernas de instalação.

Um dos principais desafios enfrentados pela empresa está relacionado à comunicação com o cliente. Muitas vezes, há dificuldade por parte do contratante em compreender os aspectos técnicos do projeto, o que exige da equipe habilidade para traduzir conceitos técnicos em explicações claras e acessíveis. Para manter a credibilidade e cumprir os prazos acordados, a empresa também conta com prestadores de serviço terceirizados, que são acionados quando há sobreposição de demandas.

Cada projeto executado passa por um cálculo específico de tempo e recursos, o que permite à empresa distribuir as tarefas de forma eficiente e manter um cronograma de finalização realista. Essa organização é essencial para garantir a satisfação do cliente e a sustentabilidade do negócio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE PCP

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma função estratégica dentro da administração da produção que visa coordenar, planejar e controlar todas as atividades relacionadas ao processo produtivo. Essa função é essencial para assegurar que os recursos produtivos sejam utilizados de forma eficaz, minimizando custos e maximizando a satisfação do cliente.

Segundo Corrêa et al. (2001), o PCP envolve decisões fundamentais sobre "o que produzir, quanto produzir, quando produzir e com quais recursos produzir", ou seja, atua diretamente no cerne do processo produtivo. Essas decisões refletem na capacidade de atendimento da empresa frente à demanda do mercado.

Slack et al. (2002) reforçam essa visão ao afirmarem que "o PCP busca garantir que a produção ocorra conforme as necessidades dos consumidores, com qualidade, quantidade e tempo adequados". Ou seja, o foco é alinhar os processos produtivos com as expectativas dos clientes, promovendo competitividade e eficiência.

O PCP é composto por diversas funções integradas, tais como o planejamento agregado da produção, a programação das operações, o controle de estoques e o acompanhamento da produção em tempo real. Essas funções, quando bem executadas, promovem o equilíbrio entre oferta e demanda, evitando excessos ou faltas que podem comprometer a eficiência e a lucratividade da organização.

Contudo, em pequenas e médias empresas, é comum que essas atividades sejam executadas de maneira informal, muitas vezes baseadas apenas na experiência prática dos gestores, o que pode comprometer a eficiência dos processos (SANTOS, 2022). A ausência de um planejamento sistematizado pode gerar impactos negativos, como atrasos nas entregas, falhas na alocação de recursos e perda de controle sobre os custos operacionais.

Santos (2022) destaca que a implementação eficaz do PCP exige uma avaliação minuciosa dos setores produtivos, identificação de gargalos e falhas, bem como a definição de metas claras e mensuráveis. Ele também ressalta que "a adoção de ferramentas simples, como planilhas eletrônicas e softwares de gestão, pode auxiliar significativamente na organização e controle das atividades produtivas", tornando os processos mais previsíveis e confiáveis.

Dessa forma, a adoção de práticas de PCP, mesmo que de forma básica, pode proporcionar às empresas ganhos significativos em termos de produtividade, redução de desperdícios e maior controle sobre os resultados operacionais. A profissionalização dessas atividades torna-se, portanto, um fator determinante para a sustentabilidade e crescimento organizacional.

DIAGNÓSTICO DAS PRÁTICAS DE PCP OBSERVADAS

A Autêntica Instalações Elétricas apresenta práticas de PCP adaptadas à sua realidade de pequena empresa. O planejamento da produção é realizado de forma personalizada para cada cliente, com base em agendamentos prévios e análise técnica do projeto. A empresa verifica a disponibilidade de materiais, o tempo necessário para execução e a necessidade de integração com outros profissionais.

O controle de estoques é feito de maneira simples, com base na demanda de cada projeto. Não há um sistema informatizado, mas a empresa mantém registros manuais dos materiais disponíveis e realiza compras conforme a necessidade. A programação da produção é feita considerando o tempo estimado para cada obra, distribuindo os projetos ao longo da semana de forma a garantir a entrega dentro do prazo.

A empresa enfrenta desafios relacionados à comunicação com os clientes e à coordenação com prestadores de serviços terceirizados. Apesar disso, demonstra flexibilidade e capacidade de adaptação, características importantes para o sucesso em seu nicho de atuação.

A Autêntica Instalações Elétricas apresenta práticas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) que refletem sua realidade como uma pequena empresa do setor de acabamentos e iluminação de interiores. O planejamento da produção é realizado de forma personalizada, com foco em um cliente por vez, o que permite maior controle sobre a execução dos serviços e uma atenção mais detalhada às necessidades específicas de cada projeto.

Antes de iniciar qualquer obra, a empresa realiza uma análise técnica do ambiente e do escopo do serviço, considerando fatores como a complexidade da instalação, a disponibilidade de materiais e a necessidade de integração com outros profissionais, como marceneiros, gesseiros e pedreiros. Essa etapa é essencial para garantir que o cronograma seja realista e que os recursos estejam devidamente alocados.

O controle de estoques é feito de maneira manual, com registros simples que acompanham a entrada e saída de materiais. Embora não utilize um sistema informatizado, a empresa mantém um controle rigoroso dos insumos essenciais, como fitas de LED, conectores, fontes e perfis de alumínio. As compras são realizadas conforme a demanda de cada projeto, o que reduz o risco de obsolescência, mas pode gerar atrasos caso haja falhas na previsão de consumo.

A programação da produção é baseada em agendamentos prévios e na estimativa de tempo para execução de cada obra. A empresa distribui os projetos ao longo da semana, considerando a complexidade de cada serviço e a disponibilidade da equipe. Quando há sobreposição de demandas, a Autêntica recorre a prestadores de serviço terceirizados de confiança, garantindo a continuidade das atividades sem comprometer a qualidade.

Entre os principais desafios enfrentados estão a comunicação com os clientes e a coordenação com os profissionais terceirizados. Muitos clientes têm dificuldade em compreender os aspectos técnicos do projeto, o que exige da equipe uma abordagem didática e empática. Além disso, a dependência de terceiros pode gerar imprevistos, especialmente quando não há contratos formais estabelecendo prazos e responsabilidades.

Apesar dessas limitações, a empresa demonstra flexibilidade e capacidade de adaptação, características fundamentais para o sucesso em seu nicho de atuação. A personalização do atendimento, o cuidado com os detalhes e o compromisso com a entrega no prazo são pontos positivos que contribuem para a fidelização dos clientes e para a reputação da marca no mercado local.

Em resumo, o diagnóstico das práticas de PCP da Autêntica Instalações Elétricas revela uma estrutura funcional, ainda que informal, que pode ser aprimorada com a adoção de ferramentas simples de gestão, padronização de processos e maior formalização das parcerias. Essas melhorias podem elevar o nível de organização da empresa e prepará-la para crescer de forma sustentável.

PONTOS FORTES E FRACOS

Na tabela 1 abaixo, são apresentados os principais pontos fortes e fracos observados na empresa.

Tabela 1 – Pontos fortes e fracos.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Atendimento personalizado e foco em um cliente por vez.	Falta de formalização nos processos de PCP.
Flexibilidade no planejamento e execução das obras.	Dificuldade de comunicação com alguns clientes.
Capacidade de adaptação a diferentes tipos de projetos.	Dependência de terceiros para execução de parte das obras.
Comprometimento com prazos e qualidade do serviço.	Controle de estoque pouco estruturado.

Fonte: Próprio autor.

SUGESTÕES DE MELHORIA

Para aprimorar suas práticas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), a Autêntica Instalações Elétricas pode adotar uma série de medidas estratégicas que contribuam para a organização, eficiência e qualidade dos serviços prestados. A primeira delas é a formalização do planejamento de produção, por meio da utilização de planilhas eletrônicas ou softwares gratuitos de gestão. Essa prática permitirá à empresa organizar cronogramas de execução, controlar a alocação de materiais e mão de obra, e prever possíveis gargalos operacionais. A adoção de ferramentas simples, como o Trello ou Google Planilhas, pode ser um primeiro passo para estruturar o fluxo de trabalho e melhorar a comunicação interna.

Outra sugestão relevante é a criação de um manual de comunicação com o cliente. Esse documento pode conter informações claras sobre os serviços oferecidos, prazos estimados, limitações técnicas e orientações sobre o processo de instalação. A padronização da comunicação contribui para alinhar expectativas, reduzir conflitos e aumentar a satisfação do cliente. Além disso, a empresa pode investir em treinamentos básicos de atendimento ao cliente para os colaboradores, reforçando a importância da empatia, clareza e profissionalismo no relacionamento com o público.

A Autêntica também pode se beneficiar da formalização de parcerias com prestadores de serviço complementares, como marceneiros, gesseiros e pedreiros. Estabelecer contratos ou acordos de cooperação com esses profissionais pode garantir maior previsibilidade na execução das obras, além de facilitar o cumprimento dos prazos acordados com os clientes. A criação de uma rede de parceiros confiáveis também pode ampliar a capacidade de atendimento da empresa, permitindo que ela assuma projetos maiores ou simultâneos sem comprometer a qualidade.

Outra medida importante é a implementação de um controle de estoque mínimo. A empresa pode definir níveis de reposição para os principais materiais utilizados nas instalações, como fitas de LED, conectores, fontes e perfis de alumínio. Esse controle pode ser feito manualmente ou com o auxílio de planilhas, e tem como objetivo evitar atrasos por falta de insumos. Além disso, a empresa pode negociar com fornecedores prazos de entrega mais curtos ou condições especiais para reposição rápida, garantindo maior agilidade nas operações.

Por fim, recomenda-se a criação de indicadores simples de desempenho, como o tempo médio de execução por projeto, o índice de retrabalho e o nível de satisfação

do cliente. Esses indicadores podem ser acompanhados mensalmente e utilizados para orientar decisões de melhoria contínua. A cultura de avaliação e ajuste constante é essencial para o crescimento sustentável da empresa, mesmo em contextos de recursos limitados.

CONCLUSÃO

A análise da empresa Autêntica Instalações Elétricas permitiu compreender como pequenas empresas lidam com os desafios do Planejamento e Controle da Produção. Apesar das limitações estruturais, a empresa demonstra organização, comprometimento e capacidade de adaptação. Com pequenas melhorias, é possível alcançar maior eficiência e profissionalismo.

Pessoalmente, considero que o estudo de caso reforça a importância do PCP mesmo em empresas de pequeno porte. A gestão consciente dos recursos e do tempo é fundamental para garantir a qualidade do serviço e a satisfação do cliente. A experiência também mostra que a simplicidade pode ser eficaz quando aliada à dedicação e ao conhecimento técnico.

REFERÊNCIAS

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

FERNANDES, Flávio C. F. et al. *Gestão da Produção*. São Paulo: Atlas, 2011.
SALUM, Fernando; LEITE, Paulo H. S.; SOUZA, Fernando B. **Fundamentos de Administração da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SANTOS, João V. Implantação do PCP em pequenas empresas: desafios e estratégias. **Revista de Administração e Negócios**, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2022.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

DIAGNÓSTICO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO EM PEQUENAS EMPRESAS LOCAIS

Victoria Gabriela Benatto
Prof. Julio Cesar Filla

1 INTRODUÇÃO

A Yogi Baby Infantil LTDA, conhecida comercialmente como Yogi Baby, é uma empresa brasileira do setor têxtil infantil, sediada em Londrina (PR), fundada em dezembro de 2020. A empresa atua principalmente no comércio varejista de artigos para bebês, por meio do e-commerce e através do B2B, fornecendo produtos para diversas lojas físicas pelo Brasil.

Criada por pais de primeira viagem, a Yogi Baby surgiu para responder às necessidades dos consumidores quanto à qualidade, conforto, praticidade e segurança nos produtos para bebê. Seu portfólio inclui itens como ninhos redutores de berço portáteis, almofadas de amamentação, slings ergonômicos, além de brinquedos montessorianos, desenvolvidos para oferecer uma “experiência sensorial” que ampara o bebê, simula um ambiente acolhedor e promove o desenvolvimento saudável.

A empresa também se destaca pelo compromisso com a sustentabilidade, utilizando algodão certificado pela BCI e OEKO-TEX® e amaciantes derivados da casca do arroz (projeto Rice Recycle), valorizando, assim, iniciativas socioambientais e cadeia produtiva sustentável.

Em 5 anos atuando no mercado nacional de enxovais infantil, a Yogi Baby segue em um crescimento exponencial, iniciando em 2020 com aproximadamente 100 vendas mensais para 4000 vendas em um mês do primeiro semestre de 2025. A empresa também atua no mercado internacional, com sites próprios fornecendo produtos nos Emirados Árabes Unidos e França.

A produção dos produtos é realizada por meio de terceirização dos serviços, contando com prestadores de corte de tecidos, costureiras, estamparia e enchimento em Londrina e sua região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A integração entre o PCP e as ferramentas MRP e ERP configuram um ambiente de gestão estruturado e interligado, onde a produção é planejada com base em dados precisos, interdependências são respeitadas e decisões são tomadas com base em simulações confiáveis. Para o engenheiro de produção, compreender e dominar essas ferramentas é essencial para gerir operações eficientes, reduzir custos e aumentar a competitividade da organização no mercado.

2.1 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma das funções fundamentais da Engenharia de Produção. Sua principal finalidade é coordenar os recursos produtivos de uma organização – como mão de obra, materiais, máquinas e métodos – para garantir a produção de bens ou serviços de maneira eficiente, econômica e dentro dos prazos estipulados. O PCP busca alinhar a capacidade produtiva da empresa à demanda do mercado, otimizando processos, minimizando estoques e maximizando a utilização dos recursos (Tubino, 2007).

Segundo Corrêa, Giansesi e Caon (2001), o PCP pode ser subdividido em três níveis: o planejamento estratégico da produção, que define a capacidade de longo prazo; o planejamento tático, que estabelece os volumes e mix de produção em médio prazo; e o controle operacional, que cuida da execução da produção e dos ajustes em tempo real.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) destacam que o PCP é o elo entre o planejamento de negócios e as operações fabris. Em ambientes industriais modernos, com elevada variabilidade de demanda e exigência por prazos curtos, o PCP deve ser suportado por ferramentas tecnológicas que garantam maior precisão e agilidade na tomada de decisão – como é o caso dos sistemas MRP e ERP.

2.2 Sistema MRP (Material Requirements Planning)

O MRP (Material Requirements Planning), ou Planejamento das Necessidades de Materiais, é uma ferramenta técnica utilizada no âmbito do PCP para calcular as necessidades de materiais e programar suas compras e/ou fabricação. Trata-se de

um sistema que lida com demanda dependente, ou seja, quando os componentes ou insumos são necessários em função da produção de um item final (Corrêa; Gianesi; Caon, 2001).

O MRP funciona com base em três informações principais: o Plano Mestre de Produção (PMP), a Lista de Materiais (BOM – Bill of Materials) e os dados de estoque e lead time. A partir dessas entradas, o sistema realiza cálculos para gerar ordens planejadas de produção e compras, com o objetivo de que os materiais estejam disponíveis no momento certo, evitando tanto faltas quanto excessos de estoque (Tubino, 2007).

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2015) observam que o MRP proporciona maior controle sobre os fluxos de materiais, melhora o atendimento ao cliente e reduz custos operacionais. No entanto, ele não considera restrições de capacidade produtiva, o que pode gerar planos inviáveis caso não seja complementado por ferramentas adicionais.

Outra limitação importante é a dependência da acurácia dos dados de entrada. Erros nos cadastros, nos tempos de fornecimento ou nas quantidades em estoque podem comprometer todo o planejamento (Moreira, 2011). Para superar essas limitações.

Apesar disso, o MRP ainda é uma base conceitual e prática essencial para o engenheiro de produção, pois fortalece a tomada de decisão com base em dados estruturados e lógica de sistema.

2.3 Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)

Os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) representam uma evolução tecnológica dos sistemas MRP, promovendo a integração total das informações corporativas. Um ERP é uma plataforma que unifica todos os departamentos de uma empresa em um único sistema de gestão (Laudon; Laudon, 2004).

Na prática, o ERP centraliza dados em tempo real, automatiza processos e promove a comunicação entre áreas. Corrêa, Gianesi e Caon (2001) afirmam que o ERP substitui o uso de múltiplos sistemas isolados, eliminando inconsistências e facilitando o controle gerencial. Para o engenheiro de produção, isso significa que as decisões de planejamento produtivo são automaticamente conectadas a decisões de

compras, estoque, custos e prazos de entrega. Essa integração promove maior eficiência, agilidade e confiabilidade no processo decisório (CHEN, 2001).

4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO YOGI BABY

O PCP da Yogi Baby é coordenado por dois analistas de produção, responsáveis pelo gerenciamento de produção e estoque de matéria-prima, produtos intermediários e produtos acabados.

O planejamento estratégico da produção é analisado e baseado através de análises de demandas de vendas, alinhado demais setores da organização, levando em considerações importantes eventos comerciais. O uso de ferramentas como o ERP permite uma fácil visualização do estoque, possibilitando que o uso do MRP seja aplicado de maneira prática e eficiente.

Os insumos utilizados na produção dos produtos comercializados pela empresa são de valores relativamente altos, necessitando de uma análise minuciosa para a realização da sua compra, para que não haja um comprometimento no fluxo de caixa. Os pedidos de compras de matéria-prima, como os tecidos são calculados para manter o estoque mínimo de segurança de insumos e produtos acabados abastecidos por 60 dias. O uso do MRP é essencial nessa etapa do planejamento estratégico, para que não haja o sobre abastecimento de produtos com baixo fluxo de saída, ocasionando em maiores despesas para a empresa.

O planejamento tático é elaborado juntamente a diretoria, estudando demandas e tendências do mercado atual. O acompanhamento diário das redes sociais e canais de atendimento é de grande relevância para atender demandas e sugestões de clientes da marca, contribuindo na ampliação do mix de produtos.

O controle operacional é realizado por meio de ordens de compra e ordens de produção, sendo identificado cada produto em cada etapa em seu processo produtivo, permitindo a rastreabilidade e conferência entre cada prestador e observar o Lead Time do produto, como mostrado na tabela 1. Na Figura 1 é apresentado o diagrama BPMN da produção produto Ninho Zero+, o “carro-chefe” da marca.

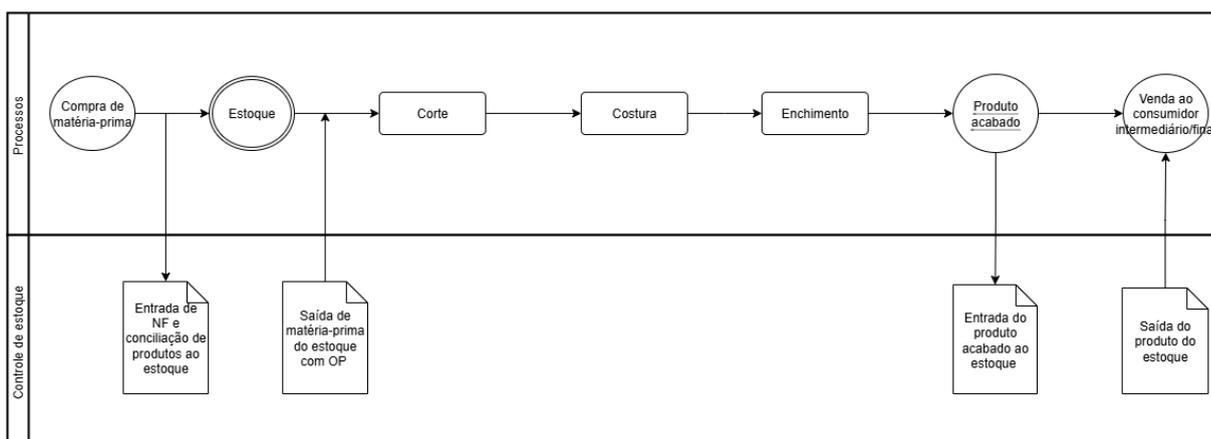
Com o uso do MRP para obter dados de consumo e rendimento sobre o tecido e por meio de análises de demanda, o início do processo se dá na compra da matériaprima, onde há a entrada dos dados no ERP da empresa, fornecendo números

acurados ao estoque. Uma base de dados atualizada é essencial para projetar e gerir operações produtivas mais eficientes, confiáveis.

Em seguida, com a ordem de produção gerada, o insumo parte para a primeira etapa da produção com prestador de serviço terceirizado, para o corte. Com o uso do corte a laser e uma programação precisa da máquina, obtêm-se um alto rendimento e aproveitamento da matéria-prima. Após isso, as peças cortadas são levadas para a etapa da costura, onde o produto começa a tomar forma. Por fim, o produto é encaminhado ao enchimento, etapa final do processo de produção, na qual é adicionado microfibras de poliéster ao Ninho.

Ao fim da ordem de produção, é feita a entrada do produto acabado ao estoque, que por meio do ERP integrado ao site da marca, é abastecido e disponibilizado para a venda para o consumidor final ou intermediário.

Figura 1 - Diagrama BPMN do processo de produção do produto Ninho Zero+



Fonte: Próprio autor (2025)

Tabela 1 - Controle de ordem de produção do produto Ninho Zero+.

Ordem de Produção	Status	Código do Produto	Produto Solicitado	Quantidade Solicitada	Quantidade Entregue	Prestador
OP001-JUN25	Finalizado	YBZ000-CORT	Ninho Zero+ Cru - Cortado	1999	2010	ELICORTE FACCAO E COMERCIO DE VESTUARIO LTDA
OP002-JUN25	Finalizado	YBZ000-COST	Ninho Zero+ Cru - Costurado	2010	2045	FACCAO FERREIRA LTDA
OP003-JUN25-2	Finalizado	YBZ000	Ninho Zero+ Cru	500	500	LINDY TOYS ARTIGOS RECREATIVOS LTDA

OP003- JUN25-E2	Finalizado	YBZ000	Ninho Zero+ Cru	500	500	LINDY TOYS ARTIGOS RECREATIVOS LTDA
OP003- JUN25-E3	Em Execução	YBZ000	Ninho Zero+ Cru	300	266	CAROLINE NAYARA GREGIO BARBARA
OP003- JUN25-E4	Em Execução	YBZ000	Ninho Zero+ Cru	800	530	LINDY TOYS ARTIGOS RECREATIVOS LTDA

Fonte: Próprio autor (2025).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) aplicado na empresa Yogi Baby Infantil LTDA, destacando a importância da integração com os sistemas MRP e ERP para uma gestão eficiente e orientada por dados.

A Yogi Baby, mesmo sendo uma empresa de porte relativamente pequeno, demonstra maturidade em suas práticas produtivas ao adotar ferramentas tecnológicas e estratégias de produção alinhadas às necessidades do seu mercado. A utilização de um sistema ERP integrado possibilita o controle em tempo real do estoque, rastreamento das ordens de produção e a tomada de decisões fundamentadas, promovendo agilidade e confiabilidade. Já o uso do MRP, aplicado de maneira prática no cálculo das necessidades de matéria-prima e produtos acabados, contribui para a manutenção de estoques estratégicos e evita desperdícios financeiros e operacionais.

O estudo também evidenciou que o PCP na Yogi Baby é estruturado em três níveis – estratégico, tático e operacional – e conduzido com base em dados de vendas, sazonalidade e comportamento do consumidor, sendo esse último monitorado por canais digitais e redes sociais. O modelo de produção terceirizada, com forte controle sobre cada etapa por meio do ERP, reflete uma gestão inteligente, enxuta e adaptável, típica de empresas inovadoras que atuam no e-commerce e no mercado global.

Dessa forma, conclui-se que a Yogi Baby aplica com êxito os fundamentos da Engenharia de Produção, utilizando o PCP não apenas como uma função técnica, mas como um elemento estratégico para sustentar seu crescimento, garantir qualidade nos produtos e responder com eficiência às exigências do mercado infantil nacional e internacional. A empresa representa um exemplo de como micro e

pequenas empresas podem se beneficiar de sistemas robustos como o MRP e o ERP, mesmo operando com estruturas descentralizadas e produção terceirizada.

REFERÊNCIAS

CHEN, I. J. Planning for ERP systems: analysis and future trend. **Business Process Management Journal**, v. 7, n. 5, p. 374–386, 2001.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP – conceitos, uso e implantação**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação Gerenciais: administrando a empresa digital**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Anna Luiza Pereira
Elizeu Correia da Silva
Marcos Antonio Tsuneharu Sussuki
Mateus Aguiar Borrozzino Washington a Costa
Prof. Julio Cesar Filla

RESUMO

O presente trabalho aborda a importância de um levantamento geotécnico detalhado para garantir a segurança e durabilidade de construções, utilizando o exemplo do Teatro Municipal de Londrina. O estudo foca na análise de características do solo, como teor de umidade, massa específica e dados obtidos pelo ensaio SPT. Além disso, o levantamento permite a identificação de possíveis desafios geotécnicos e intervenções corretivas. O memorial de cálculo, baseado no SPT, define as dimensões e capacidades das estacas para suportar as cargas dos pilares, assegurando a estabilidade da construção e evitando surpresas durante a obra. Por fim, o estudo ressalta a importância de seguir normas técnicas para garantir o sucesso e a longevidade da edificação.

Palavras-chave: geotécnico; SPT; análise; dimensões; cálculo e segurança.

ABSTRACT

This paper addresses the importance of a detailed geotechnical survey to ensure the safety and durability of constructions, using the example of the Municipal Theater of Londrina. The study focuses on analyzing soil characteristics, such as moisture content, specific gravity, and data obtained from the SPT (Standard Penetration Test). Additionally, the survey allows for the identification of potential geotechnical challenges and corrective interventions. The calculation report, based on the SPT, defines the dimensions and capacities of the piles to support the loads of the pillars, ensuring the stability of the construction and avoiding surprises during the project. Finally, the study emphasizes the importance of following technical standards to guarantee the success and longevity of the building.

keywords: geotechnical; SPT; analysis; dimensions; calculation and safety.

1 INTRODUÇÃO

A realização de um bom levantamento das características do solo é essencial para garantir a segurança e a durabilidade de qualquer construção. Compreender fatores como a umidade relativa do solo, a dureza, o tipo de solo e a análise de ensaios

como o SPT (Standard Penetration Test) é crucial para tomar decisões adequadas sobre o tipo de fundação mais seguro e eficiente para a edificação.

Esse levantamento ajuda a garantir a estabilidade da construção, pois permite identificar a capacidade de carga do solo e a sua resistência, prevenindo problemas como recalques, desmoronamentos ou rachaduras, que podem ocorrer caso o solo não suporte adequadamente a estrutura. A análise do solo também permite escolher o tipo de fundação mais compatível, evitando o uso de soluções inadequadas ou superfaturadas, o que otimiza tanto a segurança quanto os custos da obra.

Além disso, esse estudo é fundamental para a identificação de possíveis problemas geotécnicos, como a presença de lençóis freáticos, solos expansivos e colapsíveis, que podem comprometer a estrutura se não forem tratados adequadamente. A análise da umidade do solo, por exemplo, permite prever comportamentos de encolhimento ou expansão, que impactam diretamente na estabilidade ao longo do tempo, enquanto a SPT fornece informações sobre a densidade e resistência do solo, dados essenciais para o cálculo da fundação.

Outro ponto importante é que o levantamento do solo permite o planejamento de intervenções corretivas, como a compactação ou troca do solo, caso ele seja considerado inadequado para suportar a estrutura. Dessa forma, evita-se surpresas durante a obra, como atrasos e custos adicionais. Além disso, é uma exigência regulatória seguir normas e regulamentações de segurança, como as normas NBR, que garantem que o projeto da fundação atenda aos padrões técnicos exigidos.

Em resumo, o levantamento geotécnico detalhado e as análises laboratoriais são essenciais para garantir que a fundação seja projetada de forma segura e eficiente, levando em conta as características específicas do solo. Isso não apenas assegura a estabilidade da construção, mas também sua durabilidade, minimizando a necessidade de manutenções futuras e protegendo contra problemas que possam surgir ao longo do tempo.

2 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho visa demonstrar os ensaios realizados em laboratório no dia 31/08/2024 com 3 amostras retiradas no esqueleto do Teatro Municipal de Londrina PR, localizado na Rua Atílio Octávio Bizato.

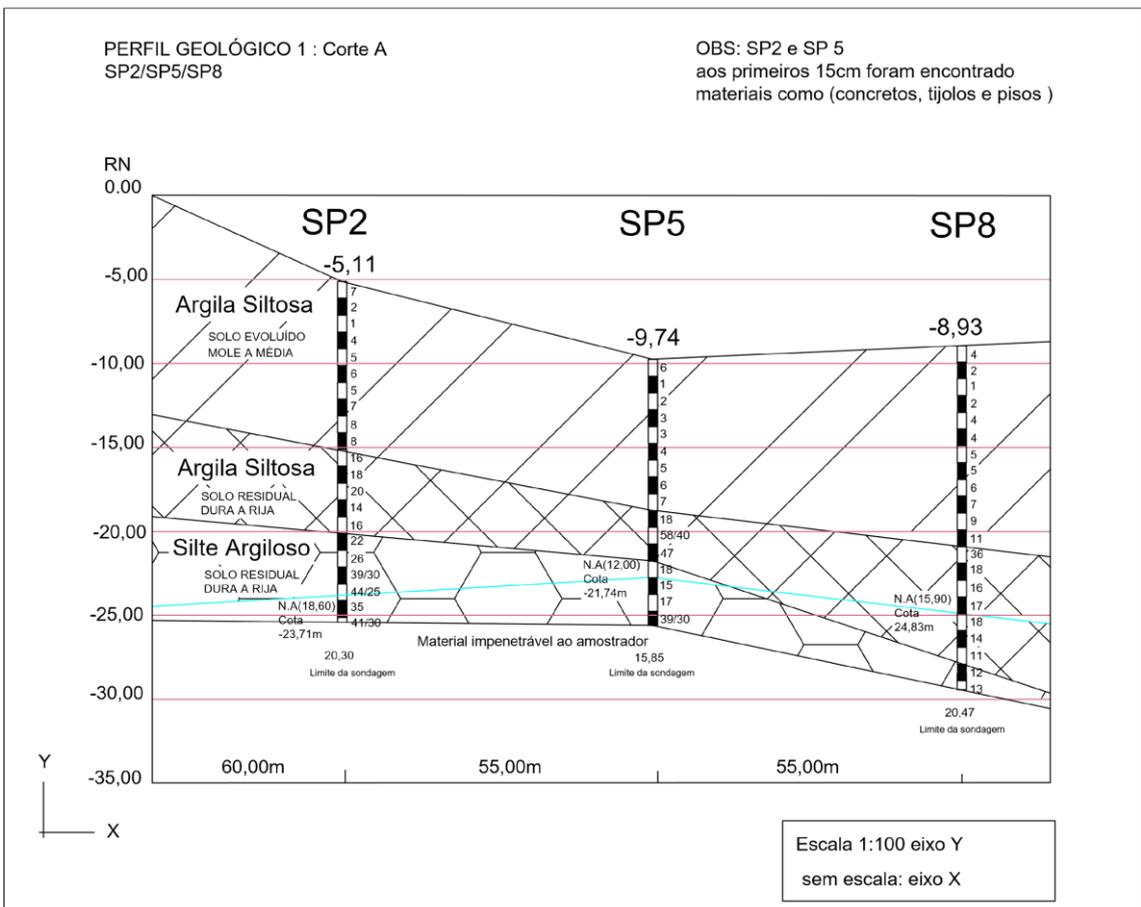
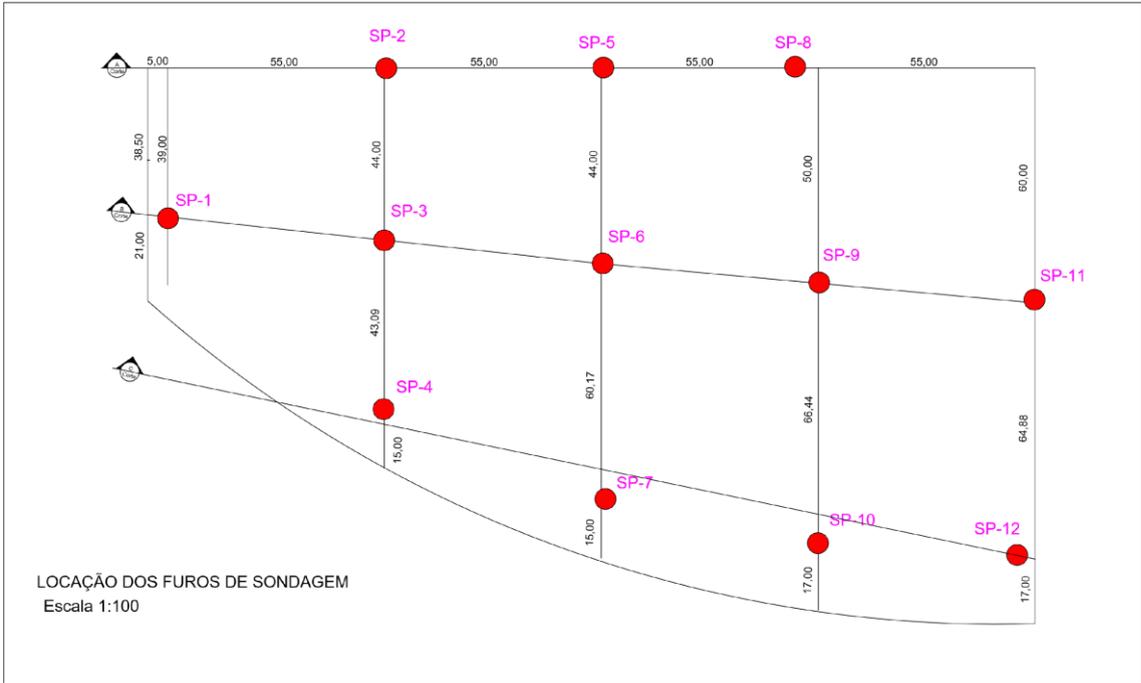
A amostragens foram utilizadas a fim de se compreender as seguintes características deste solo: teor de umidade, massa específica natural e massa específica dos sólidos do solo.

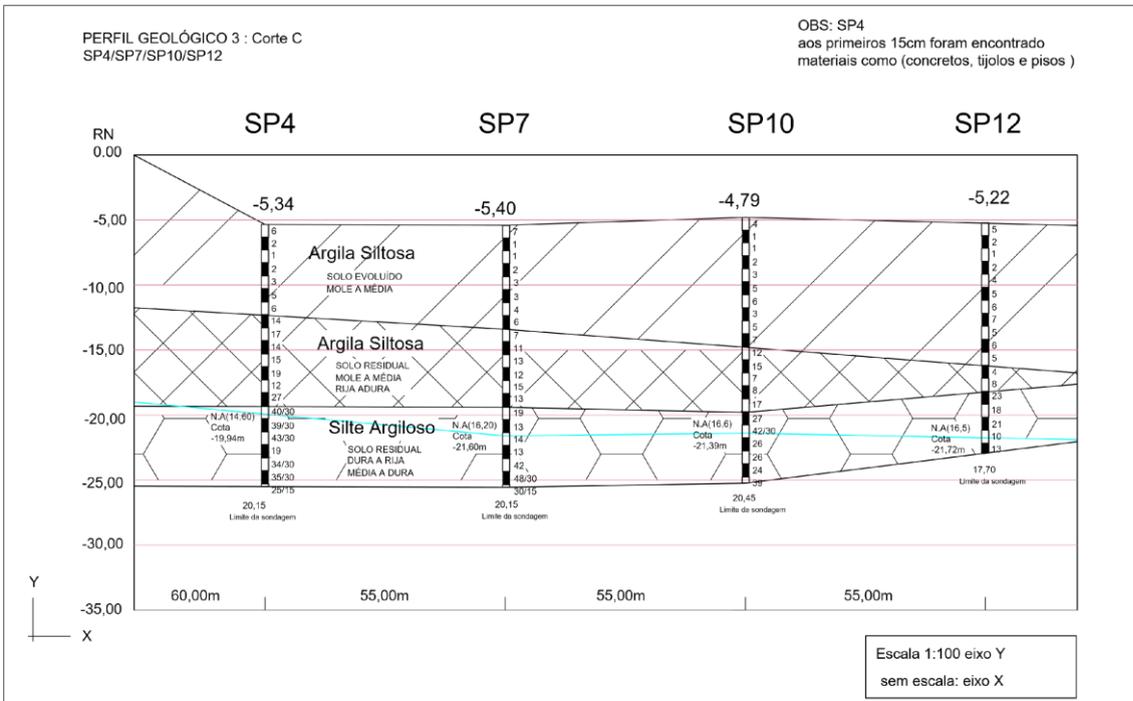
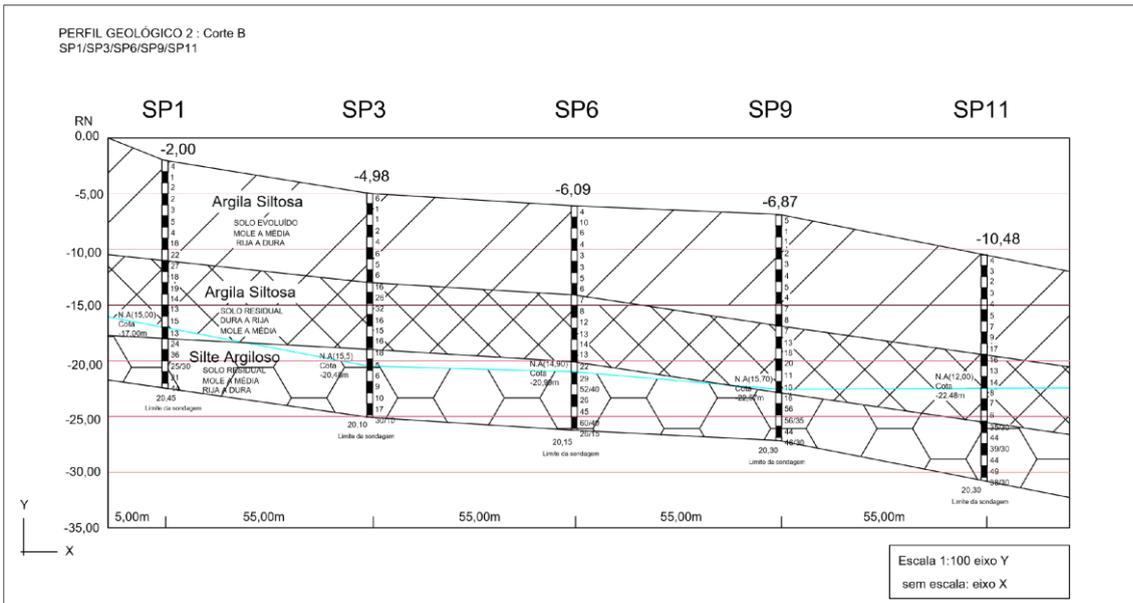
Também utilizando a sondagem e os resultados do SPT que foi realizada em 2007 Engenheiro Civil Wilson Ubial e sua equipe, foram verificados os perfis geotécnicos, representado a disposição das estacas constituindo os blocos de coroamento para os pilares além de o memorial de cálculo da aplicação do método com base no SPT médio dos 12 furos de sondagem e a determinação do comprimento e diâmetro das estacas.

2.1 PERFIS GEOTÉCNICOS

O mapeamento dos perfis geológicos é uma atividade fundamental. Ele envolve o levantamento detalhado das características das camadas e estruturas geológicas de uma determinada região. Ele é crucial também na prevenção de riscos geológicos, como deslizamentos de terra, terremotos ou áreas propensas a erosão, permitindo que sejam evitadas construções em locais perigosos.

Portanto seguem os perfis geológicos que foram levantados para a Construção do teatro Municipal de Londrina:





2.2 RESULTADOS DAS AMOSTRAS

Conforme mencionado no item 2, foram coletadas 3 amostras de locais diferentes do solo onde seria construído o Teatro Municipal de Londrina, tais amostras foram levadas ao laboratório a fim de se analisar 3 parâmetros básicos, que foram o teor de umidade, massa específica natural e massa específica dos sólidos do solo.

Tais ensaios e seus resultados serão descritos nos itens abaixo.

Além de também ser deixado abaixo uma retrato do momento em que foram retiradas as amostras:



RESULTADOS DO ENSAIO CILINDRO DE CRAVAÇÃO

Procedimentos para coleta de material para ensaio:

1. Limpar o material orgânico do solo (superficial);



2. Assente o cilindro no solo preparado;
3. Montar o restante do equipamento e iniciar a cravação, deixando cair livremente o soquete 1cm abaixo do terreno;



4. Escavar o solo ao redor do cilindro, cortando-o por debaixo dele;
5. Determinar a massa imediatamente, evitando perda de umidade.



DADOS DO CILINDRO DE ENSAIO 01				
ALTURA (H)	RAIO	PESO DA PEÇA	PESO NATURAL	VOLUME
11,5 CM	5,2 CM	1.020,0 GR	2.995,0 GR	976,4 CM ³

Cálculo do volume:

$$V = \pi * r^2 * H$$

$$V = 3,14 * (5,2)^2 * 11,5$$

$$V = 3,14 * 27,04 * 11,5$$

$$V = 976,4 \text{ cm}^3$$

Cálculo da massa a partir do volume:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{2.995,0 - 1.020,0}{976,4}$$

$$d = \frac{1.975,0}{976,4}$$

$$d = 2,02 \text{ g/cm}^3$$

DADOS DO CILINDRO DE ENSAIO 02				
ALTURA (H)	RAIO	PESO DA PEÇA	PESO NATURAL	VOLUME
10 CM	5 CM	1.038,2 GR	2.975,0 GR	887,1 CM ³

Cálculo do volume:

$$V = \pi * r^2 * H$$

$$V = 3,14 * (5)^2 * 11,3$$

$$V = 3,14 * 25 * 11,3$$

$$V = 887,05 \text{ cm}^3$$

Cálculo da massa a partir do volume:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{2.975,0 - 1.038,2}{887,1}$$

$$d = \frac{1936,8}{887,05}$$

$$d = 2,18 \text{ g/cm}^3$$

DADOS DO CILINDRO DE ENSAIO 03				
ALTURA (H)	RAIO	PESO DA PEÇA	PESO NATURAL	VOLUME
11,35 CM	5,2 CM	1.020,0 GR	2.995,0 GR	963,7 CM ³

Cálculo do volume:

$$V = \pi * r^2 * H$$

$$V = 3,14 * (5,2)^2 * 11,35$$

$$V = 3,14 * 27,04 * 11,35$$

$$V = 963,67 \text{ cm}^3$$

Cálculo da massa a partir do volume:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$d = \frac{1957}{963,67}$$

$$d = 2,03 \text{ g/cm}^3$$

RESULTADOS DO ENSAIO DRY

ENSAIO 01					
AMOSTRA	CAPSULA VAZIA	MASSA NATURAL	MASSA DRY	UMIDADE	PORCENTAGEM %
1	11,03	25,99	22,90	3,09	26,03
2	12,94	33,89	29,40	4,49	27,28
3	17,47	36,56	32,50	4,06	27,01

MS	M1	M2
70 GR	1.373,80	1.338,00

UM	10,34
MS	9,05
W	1,29

$$\rho_s = \frac{M_s}{M_2 - M_1 + M_s} * \rho_w$$

$$\rho_s = \frac{70}{1338 - 1373,80 + 70} * 0,9973$$

$$\rho_s = \frac{70}{34,2} * 0,9973$$

$$\rho_s = 2,05 * 0,9973$$

$$\rho_s = 2,04 \text{ g/cm}^3$$

ENSAIO 02					
AMOSTRA	CAPSULA VAZIA	MASSA NATURAL	MASSA DRY	UMIDADE	PORCENTAGEM %
1	11,66	18,34	16,85	1,49	28,71
2	11,3	18,5	16,90	1,60	28,57
3	11,67	18,4	17,14	1,26	23,03

MS	M1	M2
70,03 GR	1.328,60	1.364,10

UM	10,34
MS	9,05
W	1,29

$$\rho_s = \frac{70,03}{1328,6 - 1364,1 + 70,03} * 0,9973$$

$$\rho_s = \frac{70}{34,2} * 0,9973$$

$$\rho_s = 2,023 \text{ g/cm}^3$$

ENSAIO 03					
AMOSTRA	CAPSULA VAZIA	MASSA NATURAL	MASSA DRY	UMIDADE	PORCENTAGEM %
1	11,5	21,2	19,20	2,00	25,97
2	12,6	22,6	19,80	2,80	38,89
3	10,7	18,8	17,30	1,50	22,73

MS	M1	M2
70	1.340,00	1.302,00

UM	10,34
MS	9,05
W	1,29

$$\rho_s = \frac{70,03}{1302 - 1340 + 70,03} * 0,997$$

$$\rho_s = 2,18 \text{ g/cm}^3$$

2.3 MEMORIAL DE CÁLCULO

Embasando-se no método de Décourt-Quaresma foram realizados os cálculos da aplicação do método com base no SPT médio dos 12 furos de sondagem realizados no terreno contendo a determinação do comprimento e diâmetro das estacas.

De início foram observadas as estacas diversas, conforme quadro abaixo:

L	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7	SP8	SP9	SP10	SP11	SP12	SPT MÉDIO
1	4	7	6	6	6	4	7	4	5	4	4	5	5
2	1	2	1	2	1	10	1	2	1	1	3	2	2
3	2	1	1	1	2	6	1	1	1	1	2	1	1
4	2	4	2	2	3	4	2	2	2	2	3	2	2
5	3	5	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3
6	5	6	6	5	4	3	3	4	4	5	5	5	4
7	4	5	5	6	5	5	4	5	5	6	7	6	5
8	18	7	6	14	6	6	6	5	4	3		7	7
9	22	8	16	17	7	7	7	6	7	5	17	5	10
10	27	8	26	14	18	8	11	7	8	7	16	6	13
11	18	16	32	15	58	12	13	9	7	12	13	5	17
12	19	18	16	19	47	13	12	11	13	15	14	4	16
13	14	20	15	12	18	14	15	36	18	7	8	8	15
14	13	14	16	27	15	13	13	18	20	8	7	23	15
15	15	16	18	40	17	22	19	16	11	17	6	18	17
16	13	22	5	39	39	29	13	17	10	27	35	21	22
17	24	26	6	43		52	14	18	16	42	44	10	26
18	36	39	9	19		26	13	14	56	26	39	13	26
19	25	44	10	34		45	42	11	56	26	44		33
20	21	35	17	35		60	48	12	44	24	49		34
21	44	41	30	25		26	30	13	46	39	38		33

$$\begin{array}{llll}
 Q_1 := 300 \text{ kN} & L := 17 \text{ m} & D_1 := 0,30 \text{ m} & \text{Cota de arrasamento} := 1 \cdot m \\
 Q_2 := 1000 \text{ kN} & C := 120 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} & D_2 := 0,40 \text{ m} & \text{Cota de ponta} := 18 \cdot m \\
 Q_3 := 2500 \text{ kN} & & D_3 := 0,60 \text{ m} &
 \end{array}$$

$$\alpha := 0,85$$

$$\beta := 0,80$$

$$N_L := \frac{2 + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 7 + 10 + 13 + 17 + 16 + 15 + 15 + 17 + 22}{15}$$

$$N_P := \frac{26 + 26 + 33}{3}$$

1ª Estaca - Diâmetro 30cm

$$r_1 := 10 \cdot \left(\frac{N_L}{3} + 1 \right) \quad r_p := C \cdot N_P \quad U_1 := \pi \cdot D_1$$

$$R_{L1} := r_1 \cdot U_1 \cdot L \quad R_{P1} := r_p \cdot A_{P1} \quad A_{P1} := \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

$$RT_1 := \left(\alpha \cdot r_p \cdot A_{P1} \right) + \left(\beta \cdot r_1 \cdot U_1 \cdot L \right)$$

$$RT_1 = 756,87 \text{ kN}$$

$$R_{ADM1} := \frac{RT_1}{2} \quad R_{ADM2} := \left(\frac{R_{L1}}{1,3} \right) + \left(\frac{R_{P1}}{4} \right)$$

$$R_{ADM1} = 378,43 \text{ kN} \quad R_{ADM2} = 591,41 \text{ kN}$$

Será necessário 1 estaca de 30cm de diâmetro x 17m de comprimento para resistir a carga de 300KN

Com os dados obtidos do quadro acima, e sabendo-se que os pilares teriam sucessivamente as massas de 300 KN, 1000 KN e 1200 KN, foram feitos os cálculos

$$Q_1 = 300 \text{ KN} \quad Q_2 = 1000 \text{ KN} \quad Q_3 = 1200 \text{ KN}$$

$$\alpha = 0,85 \quad \beta = 0,80$$

$$L = 17 \text{ m} \quad C = 120 \text{ kn/m}^2$$

$$D_1 = 0,30 \text{ m} \quad D_2 = 0,40 \text{ m} \quad D_3 = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Cota de arrastamento} = 1 \cdot m$$

$$\text{Cota de Ponta} = 18 \cdot m$$

$$Nl = \frac{2+1+2+3+4+5+7+10+13+17+16+15+15+17+22}{15} = 9,93$$

$$Np = \frac{26+26+33}{3} = 28,33$$

Portanto com os dados acima em mãos, foi-se possível parametrizar, estaca por estaca, sendo os cálculos abaixo:

- **Primeira Estaca:**

$$r1 = 10 \cdot \left[\frac{Nl}{3} + 1 \right] \quad rp = C \cdot Np \quad U1 = n \cdot D1 \quad Rl1 = r1 \cdot U1 \cdot L$$

$$Rp1 = rp \cdot Ap1$$

$$Ap1 = \frac{n \cdot D1^2}{4}$$

$$RT1 = (\alpha \cdot rp \cdot Ap1) + (\beta \cdot r1 \cdot U1 \cdot L) = 756,87 \text{ KN}$$

$$Radm1 = \frac{RT1}{4} = 378,43 \text{ KN} \quad Radm2 = \left[\frac{Rl1}{1,3} \right] + \left[\frac{Rp1}{4} \right] = 591,41 \text{ KN}$$

Por fim, podemos compreender que no caso analisado, seria preciso uma estaca de 30 cm de diâmetro com 17 m de comprimento de comprimento para resistir a carga de 300 KN.

- **Segunda Estaca:**

$$r1 = 10 \cdot \left[\frac{Nl}{3} + 1 \right] \quad rp = C \cdot Np \quad U2 = n \cdot D2 \quad Rl2 = r1 \cdot U2 \cdot L$$

$$Rp2 = rp \cdot Ap2$$

$$Ap2 = \frac{n \cdot D2^2}{4}$$

$$RT2 = (\alpha \cdot rp \cdot Ap2) + (\beta \cdot r1 \cdot U2 \cdot L) = 1099,95 \text{ KN}$$

$$Radm1 = \frac{RT2}{2} = 549,97 \text{ KN} \quad Radm2 = \left[\frac{Rl2}{1,3} \right] + \left[\frac{Rp2}{4} \right] = 815,26 \text{ KN}$$

Neste caso, serão necessárias duas estacas de 40 cm tendo um comprimento de 17 m para resistir a uma carga de 1000 KN.

- **Terceira Estaca:**

$$r1 = 10 \cdot \left[\frac{Nl}{3} + 1 \right] \quad rp = C \cdot Np \quad U2 = n \cdot D3 \quad Rl2 = r1 \cdot U3 \cdot L$$

$$Rp3 = rp \cdot Ap3$$

$$Ap3 = \frac{n.D3^2}{4}$$

$$RT3 = (\alpha \cdot rp \cdot Ap3) + (\beta \cdot r1 \cdot U3 \cdot L) = 1922,3 \text{ KN}$$

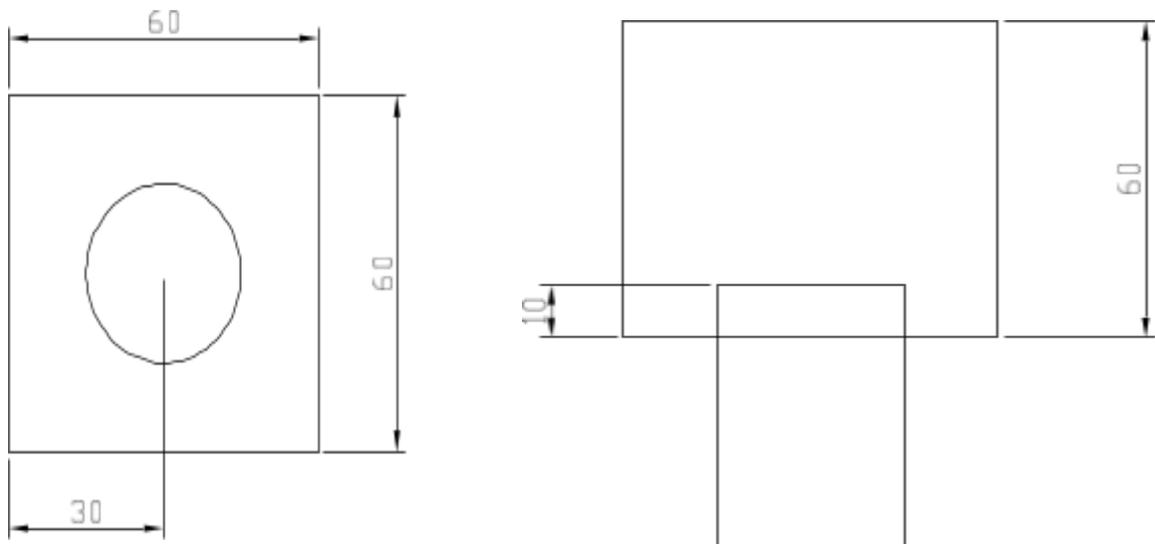
$$Radm1 = \frac{RT3}{2} = 961,15 \text{ KN} \quad Radm2 = \left[\frac{RI3}{1,3} \right] + \left[\frac{Rp3}{4} \right] = 1303 \text{ KN}$$

Na variável analisada do terceiro caso, serão necessárias três estacas de 60 cm tendo um comprimento de 17 m para resistir a uma carga de 1200 KN.

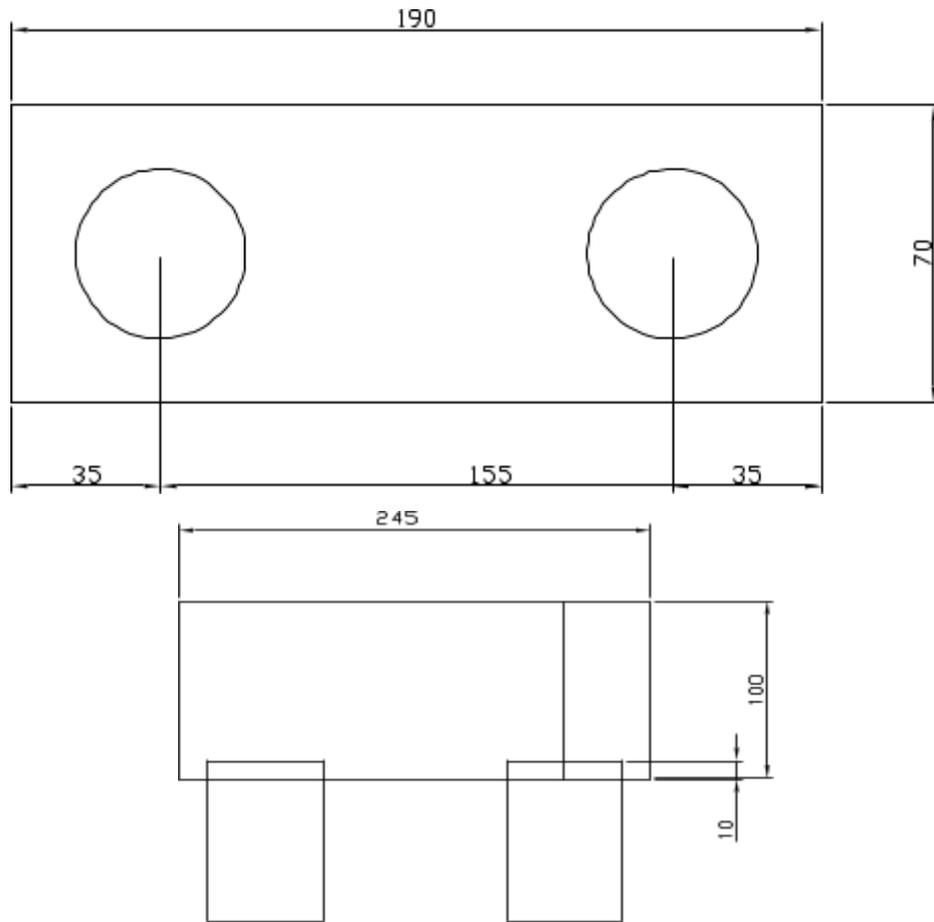
2.4 REPRESENTAÇÃO DOS BLOCOS DE COROAMENTO

Após ter sido realizado o dimensionamento da estaca, foi-se possível apresentar em planta a disposição das estacas constituindo os blocos de coroamento para os pilares cujas cargas foram apresentadas:

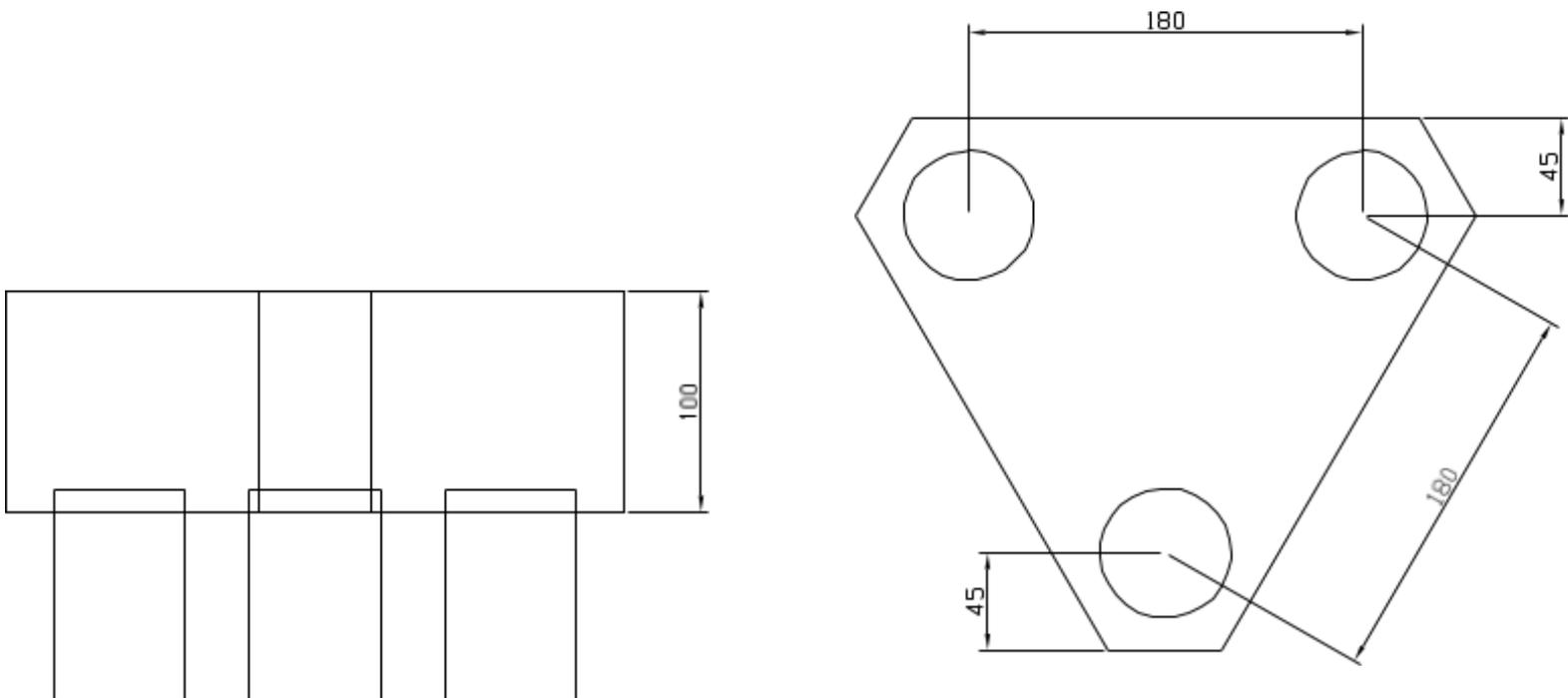
• Primeira Estaca



- Segunda Estaca



- Terceira Estaca



3 CONCLUSÃO

Concluindo, o levantamento geotécnico e os ensaios laboratoriais realizados neste estudo demonstram a importância de uma análise detalhada do solo para o planejamento seguro e eficiente de uma construção. No caso específico do Teatro Municipal de Londrina, as amostras de solo analisadas, em conjunto com os resultados do SPT e o memorial de cálculo, permitiram uma compreensão aprofundada das condições geotécnicas do local. Isso viabilizou a definição adequada das estacas e dos blocos de coroamento, garantindo que a fundação esteja alinhada com as exigências de segurança e durabilidade, prevenindo problemas estruturais futuros. Ao seguir rigorosamente as normas e procedimentos técnicos, o projeto assegura a estabilidade da edificação, contribuindo para o sucesso da obra e sua longevidade.

Atividades integradoras

Disciplina: Pesquisa Operacional

Professora: Suzana Rezende Lemanski

CRESCENTE USO DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, DESAFIOS E REALIDADE

Carlos Henrique Rodrigues dos Santos
Profa. Suzana Rezende Lemanski

INTRODUÇÃO

Com o evidente aumento da utilização da tecnologia nas mais diferentes áreas profissionais, é imprescindível também a sua implementação em todos os níveis da educação. Sendo assim, as escolas tiveram, e algumas ainda estão tendo, que se adaptar para que esse formato, já não tão novo, seja implementado de forma eficiente. A maioria das escolas ainda está realizando essa atualização, disponibilizando computadores e internet para os alunos. Porém, é necessário que os alunos possuam o próprio computador e acesso à internet em suas residências para que possam finalizar suas tarefas. No entanto, é fato que um grande número de estudantes não dispõe desses recursos e talvez não possa dispor deles a curto ou médio prazo. Com o objetivo de verificar se os estudantes e seus responsáveis apresentam dificuldades para se adaptar a essa realidade, a proposta é realizar uma pesquisa com uma amostra de estudantes de vários níveis escolares e seus familiares responsáveis, para identificar essas questões levantadas.

Desta forma deve se fazer uma pesquisa envolvendo uma amostra representativa de alunos de uma instituição da rede pública de ensino. Nessa pesquisa, identificar várias situações: os desafios para se adequar às atuais realidades escolares com o uso inevitável da tecnologia. Para isso, elaborar um questionário abordando a questão levantada e aplicá-lo a uma amostra de alunos da instituição de ensino. Os resultados da pesquisa devem ser entregues de forma organizada, em tabelas ou gráficos com as principais conclusões. As medidas de posição, como média aritmética ponderada e moda podem auxiliar nas conclusões.

PESQUISA

Para realizar uma pesquisa sobre os desafios enfrentados por alunos da rede pública de ensino, com idades entre 12 e 19 anos, em relação à adaptação às realidades escolares com o uso da tecnologia, é importante criar um questionário bem

estruturado. Aqui está um exemplo de como você pode desenvolver e apresentar os dados da pesquisa:

Questionário

1. Qual a sua idade?

- 12-13 anos
- 14-15 anos
- 16-17 anos
- 18-19 anos

2. Qual é o seu nível de conforto com o uso da tecnologia na escola?

- Muito confortável
- Confortável
- Neutro
- Desconfortável
- Muito desconfortável

3. Quais são os principais desafios que você enfrenta ao usar tecnologia para estudar?

- Falta de equipamentos adequados (computador/tablet/smartphone)
- Conexão de internet instável
- Falta de familiaridade com ferramentas digitais
- Dificuldades em manter o foco devido às distrações digitais
- Problemas com a segurança e privacidade online
- Falta de suporte técnico na escola

4. Quantas horas por semana você utiliza tecnologia (computador, tablet, smartphone) para atividades escolares?

- Menos de 1 hora
- 1-3 horas
- 4-6 horas
- 7-10 horas
- Mais de 10 horas

5. Qual a sua percepção sobre a eficácia do ensino digital comparado ao ensino tradicional?

- Muito mais eficaz
- Mais eficaz
- Igual
- Menos eficaz
- Muito menos eficaz

COLETA E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A pesquisa foi realizada com 100 alunos. Abaixo estão os dados para análise:

1. Idade dos Alunos

Faixa Etária	Quantidade de Alunos
12 – 13 anos	20
14 – 15 anos	30
16 – 17 anos	25
18 – 19 anos	25

2. Nível de Conforto com a Tecnologia

Nível de Conforto	Número de Alunos
Muito confortável	15
Confortável	35
Neutro	25
Desconfortável	15
Muito desconfortável	10

3. Principais Desafios

Desafios	Número de respostas
Falta de equipamentos adequados	40
Conexão de internet instável	35
Falta de familiaridade com ferramentas	25
Dificuldades em manter o foco	30
Problemas com a segurança e privacidade	20
Falta de suporte técnico	15

4. Horas de Uso Semanal da Tecnologia

Faixa horária	Número de alunos
Menos de 1 hora	10
1-3 horas	30
4-6 horas	35
7-10 horas	15
Mais de 10 horas	10

5. Percepção sobre a Eficácia do Ensino Digital

Percepção	Número de Alunos
Muito mais eficaz	10
Mais eficaz	25
Igual	30
Menos eficaz	20
Muito menos eficaz	15

ANÁLISE DOS DADOS

1 Média Aritmética Ponderada

Para a análise da média ponderada das horas de uso semanal da tecnologia:

- Faixas Horárias:
 - Menos de 1 hora = 0.5 horas (considerado o ponto médio)
 - 1-3 horas = 2 horas
 - 4-6 horas = 5 horas
 - 7-10 horas = 8.5 horas
 - Mais de 10 horas = 12 horas (considerado o ponto médio)
- Número total de alunos: 100

Cálculo da média ponderada:

$$\text{Média Ponderada} = ((10 \times 0.5 + (30 \times 2 + (35 \times 5 + (15 \times 8.5 + (10 \times 12 / 100$$

$$\text{Média Ponderada} = (5 + 60 + 175 + 127.5 + 120 / 100$$

$$\text{Média Ponderada} = 487.5/100$$

$$\text{Média Ponderada} = 4.88 \text{ horas por semana}$$

2 Moda

Para a percepção sobre a eficácia do ensino digital:

- A moda é o valor que mais aparece na distribuição. Aqui, "Igual" aparece 30 vezes, mais do que qualquer outra opção.

CONCLUSÃO

- A maioria dos alunos enfrenta desafios significativos, como falta de equipamentos adequados e conexão de internet instável.
- A média ponderada de uso semanal da tecnologia é de cerca de 4.88 horas, indicando um uso moderado.
- A percepção mais comum sobre a eficácia do ensino digital é que ele é "Igual" ao ensino tradicional.

Esses dados fornecem uma visão geral dos desafios e percepções dos alunos em relação à integração da tecnologia na educação. Para um estudo real, a coleta de dados e a análise devem ser conduzidas com rigor metodológico e a amostra deve ser representativa.

PESQUISA OPERACIONAL

Daiane Dias Rosa
Profa. Suzana Rezende Lemanski

87

No cenário educacional atual, a tecnologia desempenha um papel cada vez mais central, transformando não apenas as metodologias de ensino, mas também a forma como os alunos interagem com o conhecimento. A integração de ferramentas tecnológicas nas salas de aula tem gerado um impacto significativo na forma como o aprendizado é facilitado e assimilado, oferecendo novas oportunidades e desafios para estudantes e educadores.

Focaremos em aspectos como o uso de dispositivos digitais, plataformas de ensino online, e recursos interativos, além de analisar como essas tecnologias influenciam a motivação dos alunos, a personalização do aprendizado e a eficiência do ensino. Este estudo é de extrema importância, pois a compreensão dos impactos e das potencialidades da tecnologia na educação pode auxiliar na formulação de estratégias que potencializem o aprendizado e preparem os estudantes para um futuro cada vez mais digital e interconectado.

A seguir foi elaborada a seguinte pesquisa em uma escola pública, onde foi abordado as seguintes questões:

Pesquisa sobre Tecnologia na Educação

1. Qual é a sua faixa etária?

- 10-12 anos
- 13-15 anos
- 16-18 anos

faixa etária	número de alunos
10-12anos	15
13-15anos	25
16 - 18anos	10

2. Com que frequência você usa tecnologia (computadores, tablets, smartphones) para estudar ou fazer tarefas escolares?

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensalmente
- Raramente
- Nunca

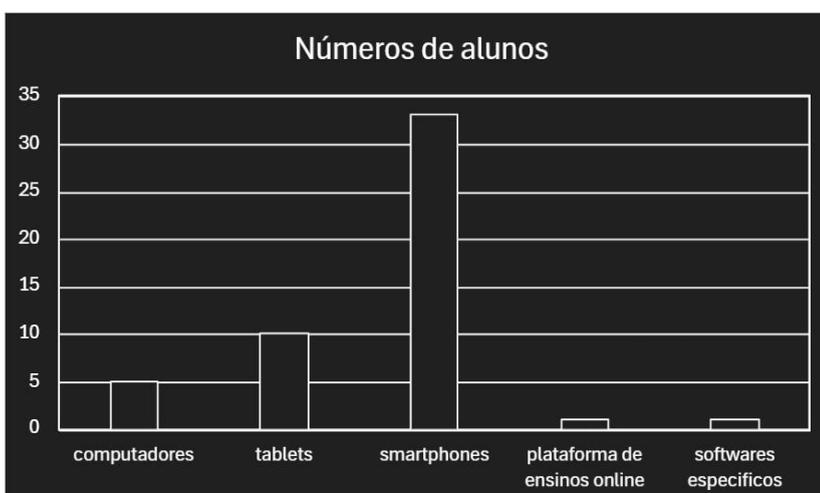
Frequência	Números de alunos
diariamente	40
semanalmente	12
mensalmente	0
raramente	0
nunca	0



3. Qual das seguintes ferramentas tecnológicas você usa com mais frequência para ajudar nos seus estudos?

- Computadores
- Tablets
- Smartphones
- Plataformas de ensino online (ex.: Google Classroom, Moodle)
- Softwares específicos (ex.: Microsoft Office, Google Docs)

Ferramenta	Números de alunos
computadores	5
tablets	10
smartphones	33
plataforma de ensinos online	1
softwares específicos	1



4. Como você avalia a eficácia das ferramentas tecnológicas para melhorar seu aprendizado?

- Muito eficaz
- Eficaz
- Neutro
- Pouco eficaz
- Ineficaz

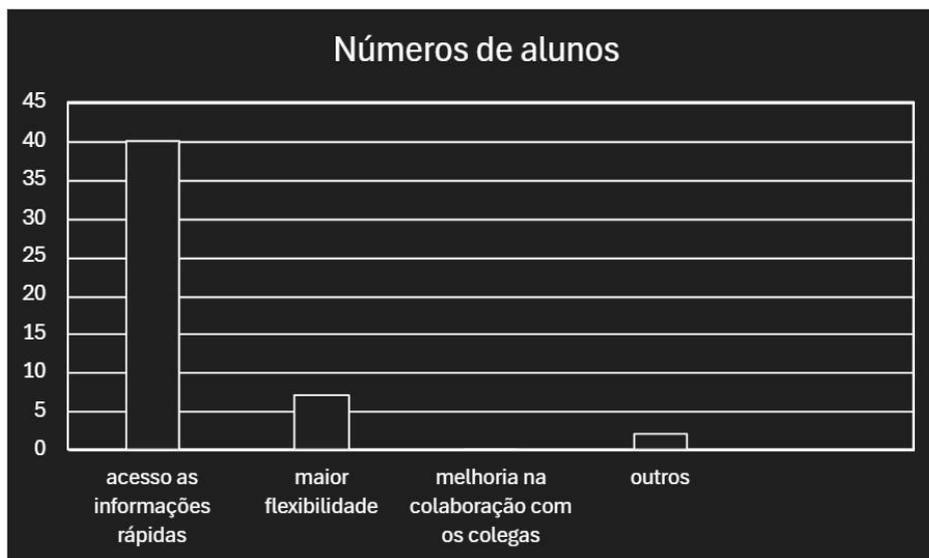
Avaliação	Números de alunos
muito eficaz	3
eficaz	45
neutro	2
pouco eficaz	0
ineficaz	0



5. Quais são os principais benefícios que você percebe no uso da tecnologia na educação? (Você pode escolher mais de uma opção)

- Acesso a informações mais rápidas e variadas
- Aprendizado mais interativo
- Maior flexibilidade para estudar em casa
- Melhoria na colaboração com colegas
- Outros (especifique): _____

Benefícios	Números de alunos
acesso as informações rápidas	40
maior flexibilidade	7
melhoria na colaboração com os colegas	0
outros	2



6. Quais são os principais desafios que você enfrenta ao usar tecnologia para estudar? (Você pode escolher mais de uma opção)

- Distrações e falta de foco
- Dificuldades técnicas e problemas de conectividade
- Falta de orientação adequada sobre o uso das ferramentas
- Carga excessiva de trabalho digital
- Outros (especifique): _____

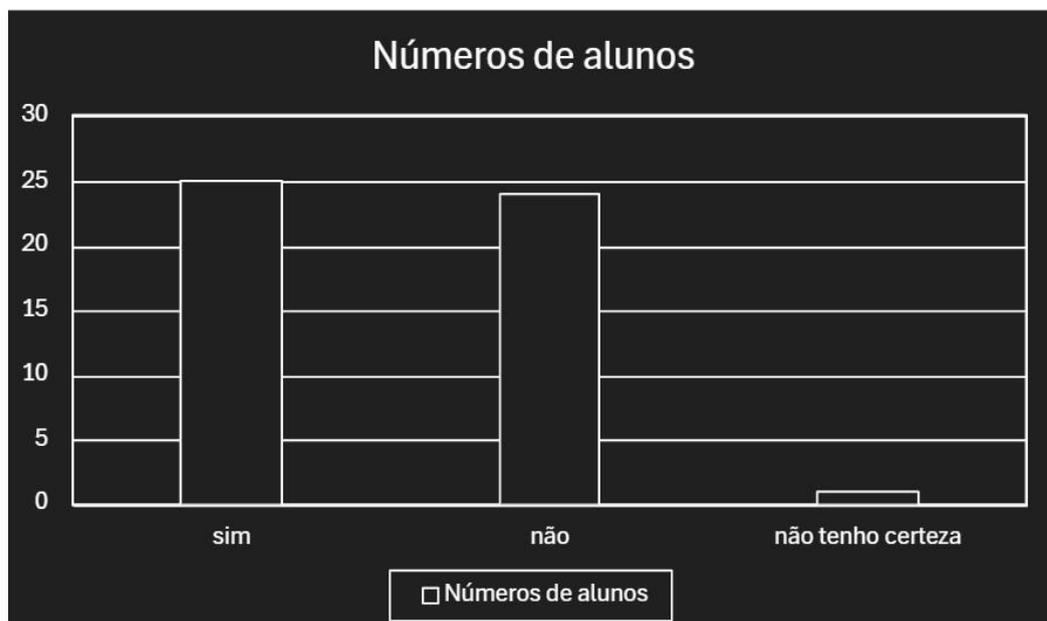
Desafio	Números de alunos
distrações e falta de foco	40
dificuldades técnicas	7
falta de orientação adequada	0
carga excessiva de trabalho digital	0
outros	3



7. Você acredita que a tecnologia pode substituir completamente os métodos tradicionais de ensino (livros, quadro-negro, etc.)?

- Sim
- Não
- Não tenho certeza

Opinião	Números de alunos
sim	25
não	24
não tenho certeza	1



8. O que você acha que poderia ser melhorado na forma como a tecnologia é utilizada na sua escola?

- Melhor treinamento para professores
- Mais acesso a equipamentos e recursos tecnológicos
- Melhoria na infraestrutura de internet
- Maior integração de ferramentas tecnológicas nas aulas
- Outros (especifique): _____

Sugestão	Números de alunos
melhor treinamento para professores	2
melhoria na infraestrutura da internet	23
maior integração nas aulas	25
outros	0

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Distribuição Etária: A diversidade etária dos participantes demonstra que a tecnologia impacta todas as faixas etárias, com variações nas formas e intensidade de uso.

Frequência de Uso: A maioria dos alunos utiliza tecnologia diariamente para estudar, o que reforça a importância de uma infraestrutura tecnológica robusta e acessível.

Ferramentas Mais Usadas: Computadores e plataformas de ensino online são amplamente preferidos, indicando que os recursos digitais são essenciais para a aprendizagem moderna.

Avaliação da Eficácia: A maioria dos alunos considera as ferramentas tecnológicas eficazes para melhorar o aprendizado, embora existam percepções mistas quanto à sua eficácia total.

Desafios Enfrentados: Distrações e problemas técnicos foram identificados como principais desafios, indicando a necessidade de suporte técnico e estratégias para minimizar as distrações.

ATIVIDADE INTEGRADORA PESQUISA OPERACIONAL

Daniel Bicalho de Carvalho
Profa. Suzana Rezende Lemanski

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, observa-se cada vez mais o aumento do uso da tecnologia em toda a sociedade. Setores como o de segurança, saúde, construção, agro-negócio, e principalmente a educação, têm mudado sua forma de execução através de novos métodos e equipamentos que vêm sendo desenvolvidos. O período da pandemia que assolou todo o mundo entre 2019 e 2023, transformou atividades antes quase que obrigatoriamente realizadas presencialmente, para realização de forma remota, como aulas e reuniões.

De acordo com a Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros (TIC Domicílios) 2020, divulgada em 2021 pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br), órgão do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), o número de domicílios com acesso a internet saltou de 71% em 2019 para 83% em 2020, o que corresponde a cerca de 61,8 milhões de residências. Da mesma maneira, o uso de plataformas digitais nas escolas subiu de 22% em 2016 para 66% em 2020, indicando que o uso das tecnologias no ensino passou de ser um direito importante, para ser um direito essencial dos estudantes.

Diante dos fatos, a mudança brusca na forma de ensino, associada a fatores socioeconômicos, têm gerado dificuldades de adaptação tanto para alunos quando para docentes. A presente atividade busca apresentar parte dessas dificuldades através de uma pesquisa realizada em uma universidade federal de Londrina/PR.

DESENVOLVIMENTO

Para a realização da atividade, foi desenvolvida através da plataforma Google Forms, uma pesquisa com 10 questões associadas a utilização de tecnologia na

instituição de ensino. Esta pesquisa foi apresentada a 45 alunos de uma turma do curso de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, na cidade de Londrina/PR.

As questões da pesquisa apresentam-se na tabela 1.

Tabela 1 - Questões desenvolvidas para a pesquisa

Nº	Questão
1	Você possui computador próprio?
2	Você possui um celular com acesso à internet?
3	A instituição de ensino em que você está matriculado disponibiliza computadores para os alunos estudarem?
4	Os professores solicitam atividades que demandem o uso de celulares ou computadores?
5	Em uma escala de 0 a 10, sendo 0 muita dificuldade e 10 muita facilidade, como você avalia sua capacidade de pesquisa online?
6	Em uma escala de 0 a 10, sendo 0 nada importante e 10 muito importante, como você avalia a necessidade do ensino através da tecnologia?
7	Você considera o método de ensino EAD eficiente? Sendo 0 nada eficiente e 10 muito eficiente
8	Quanto tempo você gasta diariamente com estudos em casa? (Considere 0 a 10 como horas)
9	Qual sua faixa de renda?
10	Qual a sua idade?

A pesquisa foi respondida rapidamente pelos alunos e os dados foram compilados através do Excel para uma melhor análise. Os resultados das questões de 1 a 8 podem ser observados através da tabela 2 à seguir.

Tabela 2 - resultados das 8 primeira questões

Nº	Questão	Sim	Não	0 a 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 10
1	Você possui computador próprio?	37	8					
2	Você possui um celular com acesso à internet?	45	0					
3	A instituição de ensino em que você está matriculado disponibiliza computadores para os alunos estudarem?	45	0					
4	Os professores solicitam atividades que demandem o uso de celulares ou computadores?	45	0					
5	Em uma escala de 0 a 10, sendo 0 muita dificuldade e 10 muita facilidade, como você avalia sua capacidade de pesquisa online?			1	4	5	7	28
6	Em uma escala de 0 a 10, sendo 0 nada importante e 10 muito importante, como você avalia a necessidade do ensino através da tecnologia?					5	8	32
7	Você considera o método de ensino EAD eficiente? Sendo 0 nada eficiente e 10 muito eficiente			18	9	4	11	3
8	Quanto tempo você gasta diariamente com estudos em casa? (Considere 0 a 10 como horas)			39	6			

A faixa de renda e idade foram separadas e apresentadas nas tabelas 3 e 4 à seguir:

Tabela 3 - Idade

Questão 10 - Idade								
18	18	18	18	18	18	18	18	19
19	19	19	19	19	19	20	20	20
20	20	20	20	20	20	20	20	22
22	23	23	23	23	24	24	24	24
25	25	25	25	28	28	29	30	30

Tabela 4 - Faixa de renda

Questão 9 - Faixa de renda	
Até 1 salário mínimo	2
Entre 1 a 2 salários mínimos	29
Entre 2 a 4 salários mínimos	6
Entre 4 a 6 salários mínimos	4
Acima de 6 salários mínimos	4

RESULTADOS

Com base nos resultados da pesquisa, observa-se que o todos os alunos possuem um telefone celular com acesso a internet e a maioria dos alunos possuem um computador próprio. Este era um resultado esperado, haja vista a necessidade destes itens a todos hoje em dia.

Também verifica-se que a instituição de ensino analisada disponibiliza computadores para o uso de seus alunos, suprimindo uma eventual necessidade para quem não possui um próprio. Os docentes da instituição fazem o uso dos equipamentos eletrônicos, seja para a apresentação de aulas, execução de atividades em aulas práticas ou pesquisas diversas.

A maior parte dos alunos considera de muita importância o uso das tecnologias no ensino, assim como consideram ter facilidade na utilização dos equipamentos para pesquisas e estudo, porém não consideram eficiente a modalidade de ensino a distância. Este fato reflete uma opinião já esperada de se encontrar devido a uma certa banalização da qualidade desta modalidade. Em geral, isto ocorre pelo crescente número de instituições que a oferecem sem que haja um acompanhamento mais próximo ou com a obrigatoriedade de aulas ao vivo ou presenciais ao menos uma vez na semana. Isso faz com que os alunos sintam uma responsabilidade inferior a que teriam no caso de terem de assistir as aulas presencialmente.

Poucos alunos estudam mais do que 2 horas diariamente fora da instituição e nenhum mais do que 4. Fatores como emprego, atividades domésticas ou mesmo a distração devido ao próprio uso dos equipamento eletrônicos em aplicativos de entretenimento podem ser fatores para explicar este resultado.

Por fim, a média de idade dos alunos foi de 21 anos. A faixa etária de maior idade correspondeu a uma parcela menor da turma, porém a esta foram associadas

as respostas de menor facilidade no uso dos equipamentos eletrônicos e menor importância do uso da tecnologia para o ensino. Isto se deve ao fato de uma mudança significativa e cada vez mais rápida entre as gerações. Pessoas mais velhas tendem a ter mais experiências, mesmo que pequenas, com o estudo através de livros, frequência em bibliotecas e outras formas de pesquisa além dos computadores e celulares. Algo que hoje é impensável para as gerações mais novas, que estão acostumadas a facilidade que estes equipamentos trouxeram a suas vidas, mas principalmente por já terem sido criadas desde cedo com esta maneira de estudo.

Não houve valor significativo na associação de faixa de renda com a dificuldade no uso de celulares e computadores.

CONCLUSÃO

A evolução tecnológica do mundo cresce de forma exponencial, cada vez mais rápida. É difícil para todos, mas principalmente para governos de países emergentes se adequarem tão rapidamente ao uso das novas tecnologias em suas instituições de ensino. Entretanto observa-se que a facilidade na obtenção de informações de todo o mundo contribui para que a sociedade desenvolva-se e tenha conhecimento de novos métodos de pesquisa e trabalho. Quanto mais nova a geração, maior a facilidade no uso e a presença da tecnologia cada vez mais cedo na vida.

REFERÊNCIAS

NITAHARA, Akemi. Estudo mostra que pandemia intensificou uso das tecnologias digitais. **Agencia Brasil**, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-11/estudo-mostra-que-pandemiaintensificou-uso-das-tecnologias-digitais#:~:text=A%20pandemia%20de%20covid%2D19,tipo%20de%20conex%C3%A3o%20%20C3%A0%20rede>.

CRESCENTE USO DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, DESAFIOS E REALIDADE

Danilo Herculano da Silva
Profa. Suzana Rezende Lemanski

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente integração da tecnologia no ambiente escolar, é fundamental avaliar como os alunos da rede pública estão se adaptando a essa nova realidade. Este relatório apresenta os resultados de uma pesquisa realizada com 100 alunos de uma instituição pública de ensino, com idades entre 12 e 19 anos. A pesquisa teve como objetivo identificar os desafios enfrentados pelos alunos e suas percepções sobre a eficácia do ensino digital em comparação ao tradicional.

98

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da pesquisa foi conduzida por meio de um questionário estruturado, com perguntas sobre idade, nível de conforto com a tecnologia, desafios enfrentados, horas de uso semanal e percepção sobre a eficácia do ensino digital. Os dados foram coletados e analisados para fornecer uma visão detalhada das dificuldades e percepções dos alunos.

2.1 Dados Coletados

Foram coletadas as seguintes informações dos alunos:

1. Idade dos Alunos

- **12 – 13 anos:** 20 alunos
- **14 – 15 anos:** 30 alunos
- **16 – 17 anos:** 25 alunos
- **18 – 19 anos:** 25 alunos

2. Nível de Conforto com a Tecnologia

- **Muito confortável:** 15 alunos

- **Confortável:** 35 alunos
- **Neutro:** 25 alunos
- **Desconfortável:** 15 alunos
- **Muito desconfortável:** 10 alunos

3. Principais Desafios

- **Falta de equipamentos adequados:** 40 respostas
- **Conexão de internet instável:** 35 respostas
- **Falta de familiaridade com ferramentas digitais:** 25 respostas
- **Dificuldades em manter o foco devido às distrações digitais:** 30 respostas
- **Problemas com a segurança e privacidade online:** 20 respostas
- **Falta de suporte técnico na escola:** 15 respostas

4. Horas de Uso Semanal da Tecnologia

- **Menos de 1 hora:** 10 alunos
- **1-3 horas:** 30 alunos
- **4-6 horas:** 35 alunos
- **7-10 horas:** 15 alunos
- **Mais de 10 horas:** 10 alunos

5. Percepção sobre a Eficácia do Ensino Digital

- **Muito mais eficaz:** 10 alunos
- **Mais eficaz:** 25 alunos
- **Igual:** 30 alunos
- **Menos eficaz:** 20 alunos
- **Muito menos eficaz:** 15 alunos

3 ANÁLISE DOS DADOS

Como análise estatística, foi realizada a média aritmética ponderada e a moda.

3.1 Média Aritmética Ponderada

A média ponderada das horas de uso semanal da tecnologia é de **4.88 horas por semana**. Este valor indica um uso moderado da tecnologia pelos alunos para atividades escolares. O cálculo foi feito com base nas faixas horárias fornecidas, ponderadas pelo número de alunos em cada faixa.

3.2 Moda

A moda para a percepção sobre a eficácia do ensino digital é "Igual", com 30 alunos considerando o ensino digital equivalente ao ensino tradicional. Este resultado sugere que a maioria dos alunos não percebe uma diferença significativa entre os dois métodos.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se, que a maior parte dos alunos relataram problemas com a falta de equipamentos, o que pode limitar a capacidade de realizar atividades escolares eficazmente. Além disso, muitos alunos enfrentam dificuldades devido à conexão de internet instável, o que pode impactar o acesso a conteúdos e a participação em atividades online. A média de 4.88 horas por semana de uso da tecnologia indicou que a maioria dos alunos utiliza a tecnologia de forma moderada para atividades escolares. A percepção predominante é de que o ensino digital é "Igual" ao ensino tradicional, sugerindo que, para a maioria dos alunos, a eficácia dos métodos de ensino digitais não difere significativamente dos métodos tradicionais.

4.1 Recomendações

Como recomendação, considera-se o fornecimento de equipamentos adequados para alunos que enfrentam dificuldades, para garantir que todos tenham acesso às ferramentas necessárias para o aprendizado. Assim como, melhorar a qualidade da conexão de internet disponível para os alunos, especialmente aqueles em áreas com sinal instável. É importante oferecer treinamento adicional para alunos e professores sobre o uso eficiente das ferramentas digitais, para reduzir a falta de familiaridade e aumentar a eficácia do ensino digital. Melhorar o suporte técnico

disponível na escola para resolver problemas rapidamente e garantir que os alunos possam se concentrar em suas atividades acadêmicas. Por fim, este relatório fornece uma visão geral dos desafios e percepções dos alunos em relação à tecnologia na educação. A implementação das recomendações propostas pode ajudar a melhorar a experiência de aprendizado e a eficácia do ensino digital.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MATINS, G. M. **Integrando construção e análise de modelos de programação linear num ambiente computacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, 1994.

MURTY, K. G. **Linear and Combinatorial Programming**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1976.

ATIVIDADE INTEGRADORA

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

Laura Fernandes Campos
Profa. Suzana Rezende Lemanski

1 INTRODUÇÃO

102

A usinagem é um procedimento complexo utilizado no mundo industrial para fazer o processo de desmonte, moldagem e transformação de ligas metálicas em peças, maquinários e equipamentos de alto grau de exclusividade. Se trata de uma técnica antiga (em torno de 700 a.C.) que tomou força pós revolução industrial. A usinagem conta com um vasto repertório de matérias primas como cobre, ouro, ferro entre outros metais, ou não metais.

Atualmente, esta técnica é responsável por cerca de 80% dos furos realizados na indústria metal mecânica, 90% dos componentes da indústria aeroespacial e 100% dos pinos odontológicos.

Em busca da padronização, perfeição e até mesmo personalização, a usinagem vem ganhando relevância entre os processos de fabricação.

2 DESENVOLVIMENTO

O processo de usinagem pode ser classificado em três categorias:

I) Usinagem com ferramentas de geometria definida: quando existe uma ferramenta de lâmina afiada que percorre um trajeto em relação à peça que está passando pelo processo de usinagem; Exemplos: serrar, plainar, furar, fresar.

II) Usinagem com ferramentas de geometria não definida: quando existem na ferramenta numerosos grãos abrasivos que atuam como gumes de corte; Exemplos: lixar, polir, jatear, lapidar.

III) Usinagem não convencional: processos que não se enquadram nos mencionados acima.

Exemplos: remoção por jato d'água, remoção química, remoção térmica.

Como exemplos de indústrias reconhecidas pelo trabalho de qualidade em usinagem, temos: Embraer, Marcopolo, WEG, Romi, Usiminas, Neodent e Angelus.

A Angelus investe em tecnologia com a fabricação de pinos odontológicos reforçados com fibra de vidro. Como eles mesmos declaram em seu site:

“A utilização de pinos em dentes tratados endodonticamente tem sido um grande desafio para a Odontologia devido, principalmente, à condição de menor resistência mecânica desses dentes quando comparados aos dentes vitais. O pino deve servir de suporte para a futura prótese ou restauração, sem causar stress e, conseqüentemente, sem causar fratura na raiz.”

Sendo assim, os pinos produzidos em fibras de vidro possuem propriedades mecânicas muito semelhantes às estruturas dentais e são fundamentais para que o procedimento tenha sucesso, além de apresentar maior facilidade de uso e maior aceitação na estética.

Resumindo o processo, teremos as seguintes etapas:

Etapa 1: Um perfil contínuo composto por resina epóxi e fibra de vidro é produzido através do processo de pultrusão que envolve uma impregnação da fibra na resina, direcionando-a para o interior de um molde previamente aquecido. Neste molde ocorrem processos de polimerização desta resina. Ao final desta etapa, este perfil é seccionado em partes iguais de 3 metros e recebe um tratamento térmico que assegura a completa reação de polimerização desta resina.

Etapa 2: Nesta etapa, a usinagem acontece somente após análises e aprovações dos perfis. Utilizando equipamentos computadorizados do tipo CNC, este procedimento garante precisão dimensional e acabamento superficial de qualidade.

Figura 1 – Pino Reforpost Fibra de vidro



Fonte: Angelus

Figura 2 e 3 - Pinos em procedimentos odontológicos.



Fonte: Angelus

Figura 4 - Comparação de tipos de fraturas radiculares.



Fonte: Angelus

O próprio site da empresa nos trás a informação: “Ao utilizar pinos em fibra de vidro, caso ocorra uma fratura, as chances de serem catastróficas são mínimas.”

3 CONCLUSÃO

Em resumo, ao longo deste estudo, confirmamos que a usinagem é um dos processos fabricação de suma importância para a sociedade. A tecnologia aperfeiçoando técnicas milenares de produção de peças nos garante conforto, qualidade, saúde e segurança.

REFERÊNCIAS

ANGELUS. Pinos e suas indicações. Disponível em: <https://interativo.angelus.ind.br/pt-pinos-e-suas-indicacoes/home>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ALUSOLDA. O que é usinagem? Disponível em: <https://alusolda.com.br/o-quee-usinagem/#:~:text=Usinagem%20com%20ferramentas%20de%20geometria,%C3%A0%20pe%C3%A7a%20a%20ser%20usinada..> Acesso em: 11 jun. 2024.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. PMR2202 - Processos de Usinagem. São Paulo, [s.d.]. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/PMR2202-AULA%20RS1.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

COPPERMETAL. Usinagem de ligas metálicas. Blog da Coppermetal, [s.d.]. Disponível em: <https://www.coppermetal.com.br/blog/usinagem-ligas-metalicas/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

NOMUS. Usinagem. Blog da Nomus, [s.d.]. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/usinagem/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

PESQUISA OPERACIONAL

Lucas Henrique Sanches de Campos Oliveira
Profa. Suzana Rezende Lemanski

1 CRESCENTE USO DA TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, DESAFIOS E REALIDADE

106

Contextualização

O avanço tecnológico tem impactado significativamente todas as áreas profissionais, e a educação não é uma exceção. As escolas estão cada vez mais integrando tecnologias como computadores e internet em seus processos pedagógicos. Entretanto, a eficácia dessa integração depende não apenas da infraestrutura escolar, mas também da disponibilidade de tecnologia nas residências dos alunos. Muitos estudantes enfrentam dificuldades devido à falta de recursos tecnológicos em casa, o que pode impactar seu desempenho acadêmico e sua capacidade de realizar tarefas escolares. Este trabalho visa investigar esses desafios e a realidade da adaptação dos estudantes a essa nova realidade tecnológica.

Problematização

Como os estudantes de vários níveis da educação estão se adaptando à realidade tecnológica atual e às novas necessidades pedagógicas, e quais são os principais desafios enfrentados por eles e suas famílias?

2 METODOLOGIA

Amostra

Realizar uma pesquisa com uma amostra representativa de alunos e suas famílias de uma instituição pública de ensino. A amostra deve incluir diferentes níveis escolares para obter uma visão ampla dos desafios enfrentados.

Elaboração do Questionário

Desenvolva um questionário com perguntas que abordem as seguintes áreas:

1. Disponibilidade de Tecnologia:

- Você possui um computador em casa? (Sim/Não)
- Você tem acesso à internet em casa? (Sim/Não)
- Qual é a qualidade da conexão de internet em sua casa? (Ótima/Boa/Ruim/Não tenho internet)

2. Dificuldades e Desafios:

- Quais são as principais dificuldades que você enfrenta devido à falta de tecnologia? (Escolha múltipla: Acesso limitado às tarefas, Dificuldade em acessar materiais online, Outros)
- Como a falta de tecnologia afeta suas tarefas escolares e desempenho acadêmico? (Resposta aberta)

3. Apoio Familiar:

- Seus responsáveis ajudam você com as tarefas relacionadas à tecnologia? (Sim/Não/Às vezes)
- Que tipo de apoio você recebe de seus responsáveis em relação ao uso da tecnologia? (Resposta aberta)

4. Adaptação e Soluções:

- Quais soluções você acha que poderiam melhorar sua experiência com o uso da tecnologia na escola? (Resposta aberta)
- Você participa de algum programa de apoio tecnológico oferecido pela escola? (Sim/Não)

Aplicação do Questionário:

Distribua o questionário em formato impresso ou digital, dependendo do acesso dos alunos. Garanta que a amostra seja diversa e inclua diferentes níveis escolares.

3 ANÁLISE DOS DADOS

Organização dos Dados

Compile as respostas em tabelas e gráficos usando ferramentas como Excel ou Google Sheets.

Organize os dados para facilitar a análise.

108

Análise Estatística

1. Média Aritmética Ponderada:

Calcule a média das respostas para variáveis quantitativas, como a qualidade da conexão de internet.

2. Moda:

Identifique a resposta mais frequente para variáveis qualitativas, como as principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

3. Identificação de Padrões:

Analise os dados para encontrar padrões e tendências, como a frequência de falta de acesso à internet ou dificuldades específicas enfrentadas por diferentes grupos.

4 RESULTADOS

Tabelas e Gráficos

1. Tabela Exemplo:

Categoria	Quantidade	Percentual
Possui computador	120	80%
Acesso à internet	100	67%
Qualidade da conexão		
Ótima	40	40%
Boa	50	50%
Ruim	10	10%

2. **Gráfico Exemplo:**

- **Gráfico de Pizza:** Distribuição da qualidade da conexão de internet.
- **Gráfico de Barras:** Percentual de alunos com computador e acesso à internet.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Baseado nos resultados, discuta os principais desafios enfrentados pelos alunos e suas famílias. Sugira possíveis soluções, como a implementação de programas de apoio tecnológico ou melhorias na infraestrutura escolar.

Atividades integradoras

Disciplina: Materiais da Indústria da Construção Civil

Professora: Tatiana Vettori Ferreira

FACHADAS EM VIDRO: A EVOLUÇÃO DAS FACHADAS DE VIDRO E OS SISTEMAS EXISTENTES

Gustavo da Silva
Ronaldo Velozo
Taynara Costa Teixeira
Thayná Francyne Reis Bernardelo
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

111

1 INTRODUÇÃO

As fachadas de vidro têm evoluído significativamente ao longo das últimas décadas, transformando a maneira como os edifícios são projetados e percebidos. A busca por estruturas que permitam maior entrada de luz natural, aliada à necessidade de eficiência energética e estética moderna, impulsionou o desenvolvimento de diversos sistemas de envidraçamento. Este relatório aborda a evolução das fachadas de vidro, explorando os principais sistemas utilizados na arquitetura contemporânea: Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass). Serão analisadas as características específicas de cada sistema, seus principais exemplos, vantagens e desvantagens.

2 EVOLUÇÃO DAS FACHADAS DE VIDRO

2.1 Origens e Primeiras Aplicações

As fachadas de vidro começaram a ganhar destaque com a Revolução Industrial, quando avanços na produção de vidro e aço permitiram a construção de estruturas mais leves e transparentes. Nos anos 1920, movimentos arquitetônicos como o Bauhaus e o Estilo Internacional influenciaram a utilização do vidro em larga escala nas fachadas, promovendo a ideia de integração entre o interior e o exterior dos edifícios.

2.2 Desenvolvimento Tecnológico

O desenvolvimento de novos tipos de vidro, como o vidro temperado e laminado, junto com adesivos estruturais e sistemas de fixação mais eficientes, possibilitou a criação de fachadas inteiramente de vidro, sem a necessidade de estruturas de suporte visíveis. Isso marcou o início dos sistemas modernos de fachadas, que combinam estética e funcionalidade.

3 O VIDRO

O vidro é um material amplamente utilizado no mundo todo, desde os tempos antigos, com suas primeiras aparições datando de cerca de 3500 a.C. na Mesopotâmia, região que hoje compreende partes do Iraque, Síria e Turquia. No entanto, há indícios de que os egípcios também produziam pequenos objetos de vidro por volta de 2500 a.C.

No início, o vidro era utilizado principalmente para criar contas e pequenos ornamentos, mas com o tempo, as técnicas de fabricação se desenvolveram, permitindo a criação de recipientes e, eventualmente, painéis de vidro. Durante o Império Romano, por volta do século I d.C., a técnica do sopro de vidro foi inventada, permitindo a produção em larga escala de objetos de vidro, o que popularizou seu uso em diversas formas, como copos, jarras e janelas.

O vidro continuou a evoluir ao longo dos séculos, com avanços significativos durante a Idade Média e o Renascimento, especialmente em Veneza, onde os mestres vidreiros da ilha de Murano se tornaram famosos por suas técnicas sofisticadas. Hoje, o vidro é um material essencial em diversas indústrias, desde a construção até a tecnologia.

Atualmente o vidro é utilizado em diversas aplicações e existem diversos tipos, tais como:

- Vidro Float: O vidro comum, composto por sílica, sódio e outros elementos, é utilizado para criar vidros temperados, laminados, insulados e espelhos. Empregado na construção civil, mobiliário, automóveis e eletrodomésticos, é fabricado no Brasil em espessuras de 3 a 19 mm (Bergamo; Motter, 2014).

- Vidro Temperado: O vidro temperado é submetido a um tratamento térmico que o torna até cinco vezes mais resistente a choques mecânicos e térmicos,

mantendo suas características ópticas. A têmpera pode ser feita em fornos verticais, que podem deixar marcas indesejáveis, ou horizontais, que produzem vidros de melhor qualidade óptica. Em caso de quebra, o vidro temperado se fragmenta em pequenas partículas, reduzindo o risco de ferimentos graves, e pode suportar diferenças de temperatura de até 200°C. (Pinheiro, 2007).

- Vidro Laminado: de acordo com Jessica Paloma Vale dos Santos Silva (2017), o vidro laminado é composto por duas ou mais lâminas de vidro unidas por camadas de filme plástico, utilizando calor e pressão. Ele é considerado seguro, pois em caso de ruptura, a camada de ligação mantém os fragmentos aderidos, oferecendo maior proteção e desempenho estrutural. A resistência pós-fratura varia conforme o tipo de vidro utilizado.

- Vidro duplo ou insulado: Os vidros insulados, também conhecidos como vidros duplos, possuem uma camada interna de ar desidratado ou gás, proporcionando melhor conforto térmico e acústico. Eles podem ser combinados com diferentes tipos de vidros, aproveitando suas características, e são amplamente utilizados em coberturas e divisórias, com opções de persianas internas operadas por sistema magnético (Michelato, 2007).

- Vidro Aramado: segundo Bergamo e Motter (2014):

considerado vidro de segurança, formado por uma chapa de vidro que contém em seu interior, fios metálicos incorporados à sua massa durante a fabricação. A tendência é que, quando quebrado, os estilhaços mantenham-se presos aos fios.

- Vidro térmico absorvente: Bergamo e Motter (2014) nos trás que o “vidro com capacidade de absorver pelo menos 20% dos raios infravermelhos, reduzindo o calor que entra na edificação.”

Como pode-se observar, o vidro é um material rico, complexo e extremamente útil na sociedade moderna, sendo utilizado em uma ampla gama de aplicações, desde enfeites de estantes até a construção de fachadas de edifícios modernos.

4 SISTEMAS DE FACHADAS DE VIDRO

4.1 Cortina de Vidro

A Cortina de Vidro é um sistema em que o vidro é fixado em uma estrutura de alumínio ou aço, criando uma "pele" externa ao edifício que não possui função estrutural. Este sistema permite a criação de grandes áreas envidraçadas, oferecendo excelente iluminação natural. As cortinas de vidro são particularmente comuns em edifícios comerciais e arranha-céus.

- Vantagens:
 - Redução no peso total da estrutura comparado a paredes de alvenaria.
 - Melhora da iluminação natural, reduzindo a necessidade de luz artificial.
 - Flexibilidade no design, permitindo diversas configurações arquitetônicas.
- Desvantagens:
 - Desempenho térmico e acústico inferior comparado a outros sistemas, exigindo tratamentos adicionais como vidros duplos ou laminados.
 - Instalação e manutenção complexas e, muitas vezes, dispendiosas.
- Exemplo:

Willis Tower (Chicago, EUA) - Uma das primeiras torres a utilizar extensivamente a cortina de vidro, destacando-se por seu design leve e elegante.

Figura 1 - Willis Tower (Chicago, EUA)



Fonte: VanderMeer (2017).

4.2 Pele de Vidro

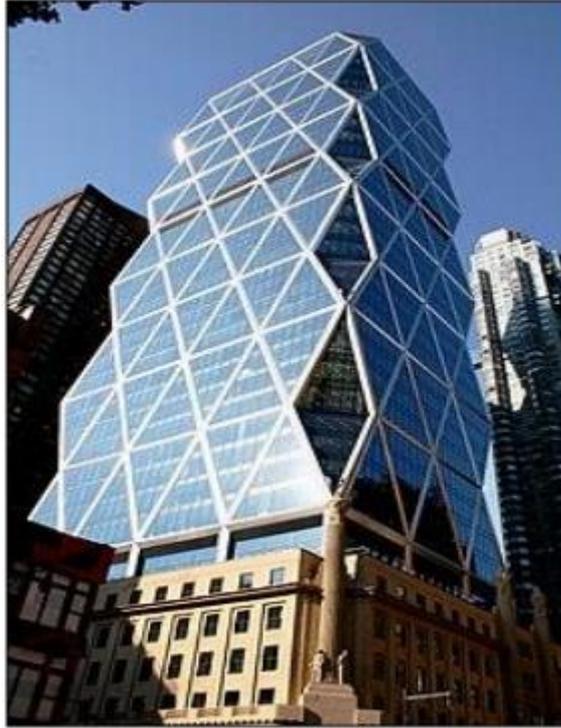
Na Pele de Vidro, os painéis de vidro são fixados diretamente na estrutura externa do edifício, criando uma fachada contínua. Este sistema é amplamente utilizado em edifícios corporativos, onde a aparência sofisticada e a transparência são priorizadas. A Pele de Vidro pode ser composta por diferentes tipos de vidro, como vidros reflexivos ou coloridos, para controlar a entrada de luz e calor.

- Vantagens:
 - Aparência contínua e elegante, sem interrupções visuais. o Maior controle térmico e solar, dependendo dos vidros utilizados.
 - Facilidade na manutenção e limpeza, devido à ausência de emendas visíveis.
- Desvantagens:
 - Custo elevado, tanto na instalação quanto na manutenção a longo prazo.
 - Complexidade na vedação, que pode resultar em infiltrações se não executada corretamente.

- Exemplo:

Hearst Tower (Nova York, EUA) - O edifício utiliza uma combinação de pele de vidro com vidros de alto desempenho, destacando-se pela eficiência energética.

Figura 2 – Hearst Tower (Nova York, EUA).



Fonte: Alsandro (2015)

4.3 Estrutural Glazing

O Estrutural Glazing é um sistema de fachada onde o vidro é colado à estrutura do edifício com silicone estrutural, sem a necessidade de molduras visíveis. Este método permite a criação de superfícies de vidro contínuas e transparentes, com um visual extremamente minimalista.

- Vantagens:
 - Transparência máxima e visual limpo.
 - Alta resistência a forças externas.
 - Ideal para projetos com enfoque estético.
- Desvantagens:
 - Instalação complexa.
 - Manutenção e substituição de painéis desafiadoras.

- Exemplo:

Edifício Praça Capital (Brasília, DF) - Um edifício de escritórios moderno com uma fachada de vidro contínua e sem molduras visíveis. O vidro é colado diretamente na estrutura, criando um visual elegante e transparente que reflete a paisagem urbana de Brasília.

Figura 3 – Praça Capital, SAI Trecho 1, Comércio (Brasília, DF).



Fonte: Melo; Metrôpoles (2017).

4.4 Sistema Unitizado

O Sistema Unitizado é composto por módulos pré-fabricados que incluem vidro, vedação e estrutura de suporte. Esses módulos são montados na fábrica e instalados no local como uma unidade completa. Este sistema é ideal para projetos de grande escala onde a rapidez na execução é essencial.

- Vantagens:
 - Instalação rápida e eficiente. o Alta qualidade de fabricação controlada.
 - Redução do tempo de construção.
- Desvantagens:
 - Desafios no transporte de módulos.

Reparos mais complexos, exigindo substituição de módulos inteiros.

- Exemplo:

Edifício Infinity Tower (São Paulo, SP) - Um arranha-céu com fachada composta por módulos de vidro pré-fabricados, dispostos de maneira a criar uma

superfície contínua e aerodinâmica. A torre se destaca no skyline de São Paulo por sua fachada moderna e reflexiva, feita em tempo recorde graças ao sistema unitizado.

Figura 4 - Edifício Infinity Tower (São Paulo, SP).



Fonte: Finotti (2017).

4.5 Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass)

O Vidro Exterior Agrafado, ou Spider Glass, utiliza fixadores metálicos (spiders) para prender os painéis de vidro diretamente à estrutura, sem a necessidade de molduras. Este sistema é frequentemente utilizado em fachadas de entrada e átrios, onde a transparência total é desejada.

- Vantagens:
 - Máxima transparência.
 - Flexibilidade de design.
 - Aparência leve e moderna.
- Desvantagens:
 - Menor isolamento térmico e acústico.
 - Manutenção regular necessária.

- Exemplo:

Pirâmide do Louvre (Paris, França), a icônica pirâmide de vidro do Museu do Louvre é um exemplo clássico de Spider Glass, com painéis de vidro fixados por aranhas metálicas que criam uma aparência leve e elegante.

Figura 5 – Pirâmide do Museu Louvre (Paris, França).



Fonte: Alamy (2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do sistema de fachada de vidro adequado é crucial para equilibrar estética, desempenho e sustentabilidade em um projeto arquitetônico. Cada sistema — Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass) — oferece vantagens específicas que devem ser ponderadas de acordo com as exigências do projeto. Enquanto a Cortina de Vidro proporciona flexibilidade de design, a Pele de Vidro se destaca pela continuidade estética. O Estrutural Glazing, por sua vez, é ideal para projetos que buscam máxima transparência, enquanto o Sistema Unitizado é eficiente para construções em larga escala. Já o Spider Glass é preferido para fachadas icônicas que requerem máxima transparência e leveza.

Com o avanço contínuo das tecnologias de construção, a tendência é que esses sistemas se tornem ainda mais eficientes, integrando inovações que promovam a sustentabilidade e a durabilidade das construções. A escolha cuidadosa do sistema

de fachada, considerando fatores como condições climáticas, sustentabilidade e orçamento, será cada vez mais determinante no sucesso dos projetos arquitetônicos do futuro.

6 CONCLUSÃO

As fachadas de vidro representam uma evolução significativa na arquitetura moderna, combinando estética, funcionalidade e sustentabilidade. A escolha entre sistemas como Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass) deve considerar as necessidades específicas de cada projeto, incluindo desempenho térmico, acústico, eficiência na construção e a imagem que o edifício pretende transmitir. Com o avanço contínuo das tecnologias e a crescente demanda por construções mais sustentáveis, as fachadas de vidro continuarão a evoluir, mantendo-se como um elemento essencial na arquitetura contemporânea.

REFERÊNCIAS

ANEZI, A. Modern Glass Facades in Architecture. **Journal of Modern Building Technology**, v. 15, n. 3, 2020.

BENEVOLO, L. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2011.

FRAMPTON, K. **Modern Architecture: A Critical History**. London: Thames & Hudson, 2020.

HARRIS, C. **Building with Glass: Modern Facades**. New York: Princeton Architectural Press, 2019.

MARTINS, L. **Fachadas de Vidro: Estética e Tecnologia**. Rio de Janeiro: Editora PINI, 2018.

MELLO, J. R. **Sistemas de Fachadas: Desempenho e Sustentabilidade**. Revista de Arquitetura e Construção, v. 25, n. 4, 2021.

MICHELATO, R. **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: Estudo de caso em células-teste**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 63 e 64.

PINHEIRO, F. C. **EVOLUÇÃO DO USO DO VIDRO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. Orientador: Dr. Alberto Luiz Francato. 2007. 27f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2007. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1045.pdf>. Acessado em: 28 ago. 2024

SILVA, J. P. **Vidro Estrutural: Caracterização do Material e Estudo de Caso**. Orientadora: Dra. Andrea Brasiliano Silva. 2017. 59f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13700/1/JPVSS01122017.pdf>. Acessado em: 28 ago. 2024.

SOUZA, M. **Estrutural Glazing: Inovações e Aplicações no Brasil**. São Paulo: Editora Blucher, 2022.

FACHADAS DE VIDRO: BELEZA E PRATICIDADE NA ARQUITETURA ATUAL

Adilson José Alves
Daniela Fernanda Zacheo
Elizeu Correia da Silva
Leandro Ferreira de Castro
Marcos Antonio Tsuneharu Sussuki
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

122

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as fachadas de vidro têm se tornado um elemento arquitetônico cada vez mais popular, especialmente em edifícios comerciais e residenciais de grande porte. Este tipo de fachada não apenas contribui para a estética moderna das construções, mas também oferece benefícios funcionais significativos, como a maximização da luz natural e a criação de uma conexão visual entre os ambientes internos e externos.

O uso de fachadas de vidro em prédios comerciais é uma tendência nos projetos arquitetônicos que tem se evidenciado proporcionando uma forte identidade visual aos edifícios, o que é o primeiro atrativo para os clientes e futuros investidores. Este tipo de fechamento promove maior comunicação com o entorno através da transparência, proporciona maior incidência de iluminação natural, tornando os ambientes mais agradáveis para seus usuários e deve estar aliada a segurança e ao conforto térmico, acústico e estrutural. (TIGRE, 2016)

As fachadas de vidro, tem evoluído consideravelmente desde as primeiras aplicações, passando por um desenvolvimento tecnológico que possibilitou a criação de sistemas complexos e eficientes. Hoje, as fachadas de vidro são associadas a conceitos de sustentabilidade, inovação e design, permitindo que arquitetos e engenheiros explorem novas possibilidades em seus projetos.

Neste contexto, é essencial compreender as diversas opções de sistemas de fachadas de vidro disponíveis no mercado, como a Cortina de Vidro, a Pele de Vidro, o Estrutural Glazing, o Sistema Unitizado e o Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass). Cada um desses sistemas possui características específicas que influenciam sua aplicação em diferentes tipos de projetos, levando em consideração aspectos como segurança, conforto térmico e acústico, e eficiência energética.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise detalhada dos principais sistemas de fachadas de vidro, destacando suas características, vantagens e desvantagens, além de apresentar exemplos de aplicação em edificações modernas. Para tanto, será conduzida uma revisão bibliográfica que fornecerá embasamento teórico e exemplos práticos, contribuindo para a compreensão das melhores práticas na escolha e utilização de fachadas de vidro.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fachadas de vidro estão por toda parte na arquitetura moderna, dando um ar sofisticado e inovador. Com a evolução na fabricação de vidros maiores, mais resistentes e seguros. Hoje, vemos essas fachadas em prédios comerciais, residenciais, e até em casas, trazendo a ideia de modernidade e conexão com o ambiente externo.

TIPOS DE VIDRO MAIS USADOS

- Vidro Temperado: Mais resistente que o vidro comum, é tratado termicamente e, se quebrar, se estilhaça em pequenos pedaços, o que diminui o risco de acidentes.
- Vidro Laminado: Composto por camadas de vidro e uma película no meio, ele mantém os fragmentos presos em caso de quebra, aumentando a segurança.
- Vidro Duplo: Também conhecido como insulado, é formado por duas camadas de vidro separadas por uma camada de ar, melhorando o isolamento térmico e acústico.
- Vidros Decorativos: Como os serigrafados ou esmaltados, têm padrões que ajudam no controle solar e deixam a fachada mais estilosa.

BENEFÍCIOS DAS FACHADAS DE VIDRO

- Estética moderna: Dá aquele visual clean e elegante aos edifícios, valorizando a arquitetura.

- Luz natural: Permite que mais luz entre, diminuindo a necessidade de lâmpadas acesas durante o dia.
- Eficiência energética: Vidros com controle solar ajudam a reduzir o uso do ar condicionado.
- Visão do exterior: Conecta o ambiente interno com o externo, trazendo mais leveza e vistas panorâmicas.

DESAFIOS E PONTOS NEGATIVOS

- Calor: Vidro comum pode causar aquecimento excessivo. Vidros especiais ou soluções como cortinas ajudam a contornar isso.
- Limpeza: Manter o vidro limpo exige esforço constante, especialmente em áreas com muita poluição.
- Privacidade: Para não expor muito, é preciso pensar em vidros refletivos ou películas que garantam mais discrição.

Onde a gente vê essas fachadas?

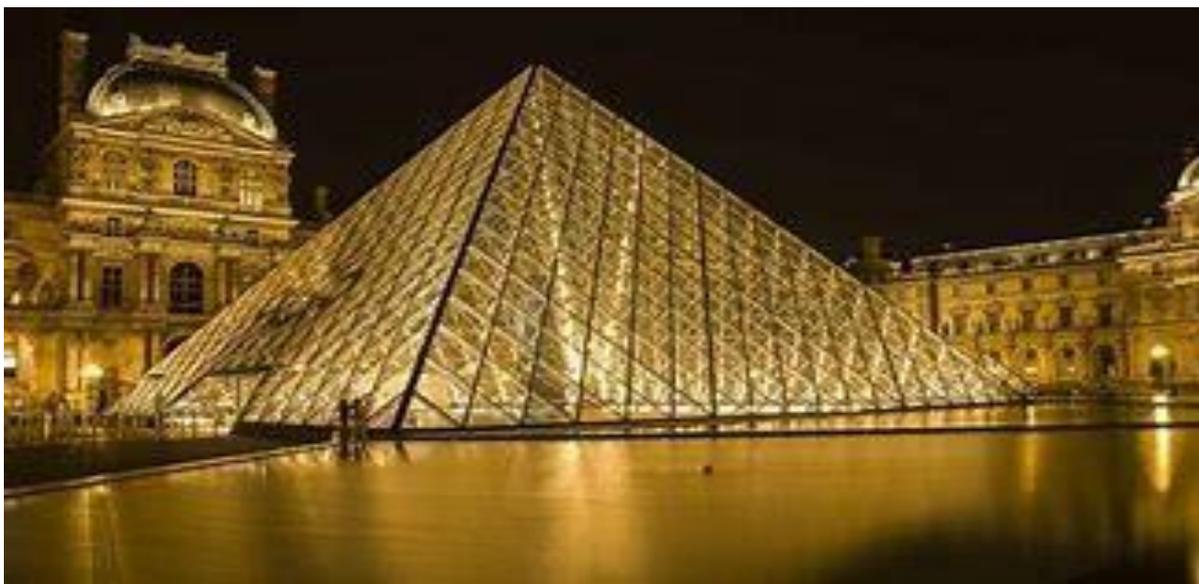
Desde prédios enormes até casas, fachadas de vidro estão por todo lado.

Exemplos famosos são o Apple Park na Califórnia conforme foto 1 e a Pirâmide do Louvre em Paris conforme foto 2, que mostram como o vidro transforma a arquitetura.

Foto 1 - Google Bing



Foto 2 - Google Bing



Eficiência Energética, sem o uso de vidros com controle solar e sistemas de sombreamento, as fachadas de cortina podem resultar em ganho excessivo de calor, aumentando a demanda por sistemas de climatização. Segundo TIGRE (2016) “Com relação aos ganhos energéticos e de conforto térmico proporcionados pela fachada, há uma elevada taxa de redução do uso de iluminação artificial e de sistemas de refrigeração mecânica, quando aplicada de maneira eficiente”.

Exemplos de Fachada de Vidro:

Cortina de Vidro: O sistema de Cortina de Vidro, é uma das soluções mais populares e versáteis para fachadas em edifícios modernos. Trata-se de uma estrutura não tão importante, ou seja, não contribui para a estabilidade estrutural do edifício, sendo fixada à estrutura principal, geralmente feita de concreto ou aço. Este sistema é composto por uma série de painéis de vidro, que são suportados por uma estrutura leve de alumínio ou aço inoxidável, criando uma cortina contínua ao redor do edifício.

Foto - Exemplo de Cortina de Vidro (Google Bing)



Características Específicas:

- **Independência Estrutural:** A cortina de vidro não suporta o peso do edifício, sendo suportada por ancoragens ligadas à estrutura principal.
- **Flexibilidade de Design:** Permite uma ampla variedade de designs, incluindo superfícies planas, curvas, ou com diferentes inclinações.
- **Isolamento Térmico e Acústico:** Pode ser combinada com vidros duplos ou triplos, preenchidos com gases isolantes como argônio, para melhorar o desempenho térmico e acústico.
- **Resistência às Intempéries:** Possui sistemas de vedação e drenagem que protegem contra infiltrações de água e ar.

Vantagens:

- **Estética Moderna:** Proporciona um aspecto moderno e elegante às edificações, permitindo grandes superfícies envidraçadas que maximizam a luz natural.
- **Leveza:** A estrutura leve de alumínio ou aço reduz a carga sobre a estrutura principal do edifício.
- **Transparência:** Melhora a conexão visual entre o interior e o exterior do edifício, criando ambientes mais iluminados e abertos.

- Versatilidade: Pode ser aplicada em diferentes tipos de edifícios, desde arranha-céus a edifícios comerciais e residenciais de menor porte.

Desvantagens:

- Custo Elevado: O desenvolvimento e a instalação do sistema podem ser mais caros comparados a outras soluções de fachada.
- Manutenção: A manutenção e limpeza do vidro em grandes superfícies podem ser complexas e requerer técnicas especializadas.
- Eficiência Energética: Sem o uso de vidros com controle solar e sistemas de sombreamento, as fachadas de cortina podem resultar em ganho excessivo de calor, aumentando a demanda por sistemas de climatização.

Pele de Vidro: O sistema de Pele de Vidro, é um dos métodos mais tradicionais de construção de fachadas envidraçadas. Neste sistema, o vidro é aplicado diretamente sobre uma estrutura de perfis verticais e horizontais, que são fixados à estrutura principal do edifício. A pele do vidro cobre completamente a fachada, criando uma superfície contínua e homogênea.

Foto - Exemplo de Pele de Vidro (Google Bing)



- Características Específicas: Montagem no Local: Diferente de outros sistemas que são pré-fabricados, a pele de vidro é montada diretamente no local da obra, permitindo ajustes precisos durante a instalação.

- **Versatilidade de Materiais:** Pode ser combinado com diferentes tipos de vidro (laminado, temperado, etc.) e perfis de diversos materiais (alumínio, aço, etc.), conforme as necessidades do projeto.

- **Estanqueidade:** Utiliza vedantes e gaxetas de borracha para garantir que a fachada seja impermeável à água e ao ar, oferecendo proteção contra intempéries.

Vantagens:

- **Precisão na Instalação:** A montagem no local permite que a instalação seja ajustada com precisão, garantindo um encaixe perfeito entre os painéis de vidro e os perfis estruturais.

- **Flexibilidade de Design:** Pode ser adaptado a diferentes formas e tamanhos de fachadas, incluindo superfícies curvas ou inclinadas.

- **Facilidade de Manutenção:** Em caso de quebra ou danos a um painel de vidro, a substituição pode ser feita individualmente, sem a necessidade de desmontar grandes áreas da fachada.

Desvantagens:

- **Tempo de Instalação:** A montagem no local pode ser mais demorada em comparação a sistemas pré-fabricados, aumentando o tempo total de construção.

- **Custo:** Dependendo do design e dos materiais utilizados, o custo pode ser relativamente alto, especialmente para projetos complexos.

- **Performance Energética:** Se não for combinado com vidros de controle solar ou outros recursos de eficiência energética, pode resultar em ganho excessivo de calor e aumento dos custos de climatização.

Estrutural Glazing: O sistema de Estrutural Glazing é uma das técnicas mais avançadas em fachadas de vidro, caracterizando-se pelo uso de vidros colados diretamente a uma estrutura metálica ou de alumínio por meio de adesivos de alta resistência. Este sistema permite que a fachada tenha uma aparência completamente lisa, sem a presença de perfis ou outros elementos visíveis na face externa, resultando em uma superfície de vidro contínua.

Foto - Exemplo Estrutural Glazing (Google Bing)



- **Características Específicas: Adesivos de Alta Performance:** Utiliza adesivos estruturais especialmente desenvolvidos para suportar o peso do vidro e resistir às cargas de vento, proporcionando segurança e durabilidade.
- **Transparência Total:** A ausência de perfis visíveis na face externa do vidro confere à fachada uma estética limpa e moderna, maximizando a transparência.
- **Isolamento Térmico:** Pode ser combinado com vidros de baixa emissividade ou isolamento térmico e a eficiência energética do edifício.

Vantagens:

- **Estética Minimalista:** A principal vantagem do Estrutural Glazing é a estética moderna e minimalista, onde a fachada parece ser composta inteiramente de vidro.
- **Redução de Pontes Térmicas:** Como o sistema elimina a necessidade de perfis metálicos expostos, há uma redução nas pontes térmicas, melhorando a eficiência energética da construção.
- **Flexibilidade no Design:** Permite uma grande variedade de designs, incluindo fachadas planas, curvas, inclinadas ou até mesmo fachadas duplas, conhecidas como "fachadas ventiladas".

Desvantagens:

- **Custo Elevado:** O uso de adesivos especiais e a necessidade de precisão na instalação aumentam o custo do sistema, tornando-o uma opção mais cara em comparação a outros sistemas de fachada.

- **Complexidade na Instalação:** A instalação do Estrutural Glazing requer mão de obra especializada e controle rigoroso de qualidade para garantir a aderência e segurança dos painéis de vidro.

- **Manutenção de Adesivos:** Com o tempo, os adesivos podem necessitar de inspeção e manutenção para garantir que continuem a oferecer a resistência necessária, especialmente em climas extremos.

Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass): O Vidro Exterior Agrafado, também conhecido como Spider Glass, é um sistema de fachada de vidro caracterizado pelo uso de fixadores metálicos pontuais, chamados spiders, que prendem os painéis de vidro diretamente à estrutura. Este sistema permite a criação de fachadas com mínima interferência visual, conferindo uma aparência extremamente leve e transparente, onde o vidro parece flutuar sem suportes visíveis.

Foto - Exemplo Vidro Exterior Agrafado Spider Glass (Google Bing)



Características Específicas:

- **Fixação Pontual:** Os painéis de vidro são fixados à estrutura através de suportes metálicos localizados em pontos específicos, geralmente nas extremidades do vidro.

- **Ausência de Perfis Visíveis:** Diferente de outros sistemas, o Spider Glass não utiliza perfis ou quadros ao redor dos painéis de vidro, proporcionando uma visão completamente desobstruída.

- **Flexibilidade de Design:** Permite a criação de fachadas com formas irregulares, ângulos variados, e até mesmo superfícies curvas, oferecendo grande liberdade para o design arquitetônico.

Vantagens:

- **Máxima Transparência:** O Spider Glass é ideal para projetos onde a transparência e a estética leve são prioritárias, permitindo a entrada de luz natural e criando uma conexão visual entre os ambientes internos e externos.

- **Versatilidade Arquitetônica:** Este sistema pode ser aplicado em fachadas, coberturas, e paredes cortina, além de ser frequentemente utilizado em entradas de edifícios e vitrines de lojas.

- **Design Inovador:** A aparência futurista e minimalista do Spider Glass é frequentemente associada a edifícios de alta tecnologia e projetos arquitetônicos icônicos.

Desvantagens:

- **Complexidade Estrutural:** A fixação pontual exige cálculos estruturais precisos para garantir a segurança e a estabilidade dos painéis de vidro, especialmente em grandes superfícies.

- **Custo Elevado:** O uso de suportes especiais e a necessidade de precisão na instalação fazem deste um dos sistemas de fachada mais caros.

- **Manutenção Especializada:** A manutenção do Spider Glass pode ser mais desafiadora, devido à complexidade dos suportes e à necessidade de acesso especializado para limpeza e reparos.

DISCUSSÃO

As fachadas de vidro têm dominado a arquitetura moderna, principalmente por deixar os prédios com um visual super moderno e limpo. Mas, como tudo, tem seus prós e contras que vale a pena discutir.

Visual e Estilo: O vidro deixa qualquer prédio com uma cara mais sofisticada. Quando bem usado, vira um ponto de destaque na paisagem urbana, como no Apple Park ou em prédios modernos espalhados por grandes cidades. Mas nem sempre é

unanimidade: o que parece incrível para uns pode ser considerado frio e sem personalidade para outros, especialmente em áreas residenciais onde o vidro pode passar uma sensação de pouca privacidade.

Conforto Térmico e Economia de Energia: Um dos principais motivos para usar vidro é aproveitar a luz natural, o que é ótimo. No entanto, o calor que entra também pode virar um problema, deixando os ambientes quentes demais. Vidros especiais, como os de controle solar, ajudam a diminuir esse efeito, mas tudo depende muito do projeto. Em alguns casos, o uso do vidro mal planejado faz com que os gastos com ar-condicionado aumentem bastante, o que não é nada sustentável.

Manutenção: Manter fachadas de vidro limpas é trabalhoso e, dependendo da localização, vira um verdadeiro desafio. Em cidades mais poluídas, as manchas e sujeiras aparecem rápido, exigindo limpezas frequentes. Vidros autolimpantes são uma alternativa, mas ainda têm um custo elevado que nem todo projeto consegue bancar. Além disso, é importante garantir que o vidro esteja sempre em bom estado para evitar acidentes.

Privacidade e Segurança: Se por um lado o vidro proporciona vistas incríveis, por outro, ele pode expor demais o interior dos ambientes. Para contornar, vidros refletivos, persianas ou películas são boas opções, mas é sempre um desafio equilibrar privacidade sem comprometer a estética. No quesito segurança, vidros temperados e laminados ajudam bastante, mas ainda é preciso cuidado com quebras, especialmente em locais sujeitos a ventos fortes ou vandalismo.

Sustentabilidade: Embora o vidro contribua para ambientes mais iluminados e até para a economia de energia quando bem usado, sua produção tem um impacto ambiental considerável. O consumo de energia e recursos naturais na fabricação do vidro é alto, e isso pesa na conta da sustentabilidade. Mesmo assim, se usado de forma inteligente, com tecnologias que aumentam o isolamento e o controle solar, o vidro pode fazer parte de construções mais verdes.

Fachadas de vidro continuam em alta por um motivo, elas são bonitas e eficientes, desde que sejam bem pensadas para cada situação. A dica é equilibrar estilo, conforto e segurança, sempre levando em conta o contexto do projeto e as necessidades de quem vai usar o espaço.

Segundo Costa (2022) A partir de 2006, as janelas inteligentes incluem os vidros comutáveis de partículas suspensas e os vidros de cristal líquido. No contexto internacional, a tecnologia de vidros com partículas suspensas é novidade e está em

fase de testes em laboratório em Dublin, Irlanda (53° N). Os vidros comutáveis têm o propósito similar ao vidro eletrocromico de mudar de estado “opaco” para o “claro”.

CONCLUSÃO

As fachadas de vidro desempenham um papel crucial na arquitetura moderna, oferecendo uma combinação única de estética, funcionalidade e desempenho. A evolução dos sistemas de fachada de vidro, desde as aplicações mais simples até as soluções mais sofisticadas, reflete os avanços tecnológicos e as mudanças nas necessidades e preferências arquitetônicas. “As janelas inteligentes mostram-se promissoras em climas quentes, como o brasileiro, porque filtram a radiação solar infravermelha indesejada e podem manter a parcela de radiação visível luz natural” (Costa, 2022).

O Sistema de Cortina de Vidro tem sido amplamente utilizado por sua estética moderna e a capacidade de criar grandes superfícies envidraçadas, embora possa ter um custo mais elevado e exigir manutenção especializada. A Pele de Vidro oferece flexibilidade de design e uma instalação mais precisa, mas também pode resultar em custos altos e demanda por planejamento detalhado.

O Estrutural Glazing destaca-se por sua aparência minimalista e alta eficiência energética, embora a instalação e manutenção possam ser complexas e caras. O Sistema Unitizado proporciona uma instalação rápida e acabamento de alta qualidade, porém com custos iniciais elevados e menor flexibilidade para alterações, o Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass) oferece uma estética futurista e máxima transparência, mas exige cálculos estruturais precisos e pode ser oneroso.

Cada sistema de fachada de vidro possui suas características únicas, vantagens e desvantagens, tornando a escolha do sistema adequado uma tarefa que deve considerar aspectos como o design arquitetônico, orçamento disponível, e requisitos de desempenho. A seleção do sistema mais apropriado deve ser realizada em conjunto com um especialista, que pode avaliar as condições específicas do projeto e recomendar a melhor solução para atingir os objetivos desejados.

A análise dos sistemas de fachadas de vidro apresentada neste relatório oferece uma visão abrangente das opções disponíveis e pode servir como um guia para profissionais da arquitetura e engenharia na escolha do sistema mais adequado para suas necessidades. A compreensão das características e implicações de cada

sistema é essencial para a criação de projetos de fachada que sejam não apenas esteticamente agradáveis, mas também eficientes e funcionais.

REFERÊNCIAS

BING, GOOGLE. Disponível em: <https://www.bing.com/images/>. Acesso em: 3 set. 2024.

COSTA, João Francisco Walter; AMORIM, Cláudia Naves David. **Materiais transparentes e translúcidos inovadores em fachadas e seu desempenho em iluminação natural**: panorama internacional e aplicabilidade no contexto brasileiro. Brasília, 2022.

TIGRE, Ana Laurent. **Eficiência energética em edifícios com fachada de vidro**. Curitiba, 2016.

FACHADAS EM VIDRO

Carlos Daniel Saraiva de Lima
Patrique José de Almeida
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

1 INTRODUÇÃO

As fachadas de vidro emergiram como um símbolo de modernidade e inovação na arquitetura contemporânea, desempenhando um papel fundamental na estética e funcionalidade das edificações. Historicamente, o vidro era um material secundário na construção civil, limitado principalmente a pequenas aberturas, como janelas, devido à sua fragilidade e ao custo elevado de produção. Com a Revolução Industrial, que trouxe avanços significativos na fabricação de materiais, o vidro começou a ganhar protagonismo. A capacidade de produzir painéis maiores e mais resistentes abriu novas possibilidades para o uso do vidro em larga escala, marcando o início de uma nova era na arquitetura.

Nos primeiros anos do século XX, arquitetos e engenheiros começaram a experimentar o uso de fachadas de vidro em edifícios de grande porte, impulsionados pela demanda por luz natural e pela busca de uma estética mais limpa e moderna. O desenvolvimento de novos tipos de vidro, como o vidro temperado e o laminado, que oferecem maior resistência e segurança, bem como o vidro de controle solar (Habitat), que ajuda a regular a entrada de calor, ampliou ainda mais o uso deste material. Além disso, as tecnologias de fixação evoluíram, permitindo que o vidro fosse utilizado não apenas como um elemento decorativo, mas também como parte integrante da estrutura de edifícios, contribuindo para a eficiência energética e o conforto dos ocupantes.

2 DESENVOLVIMENTO

Entre os diversos sistemas de fachadas de vidro, o sistema de Cortina de Vidro destaca-se por sua simplicidade e eficácia. Esse sistema é composto por uma estrutura leve de alumínio ou aço, que suporta painéis de vidro sem carregar o peso estrutural do edifício. Isso permite que as fachadas de vidro sejam instaladas em

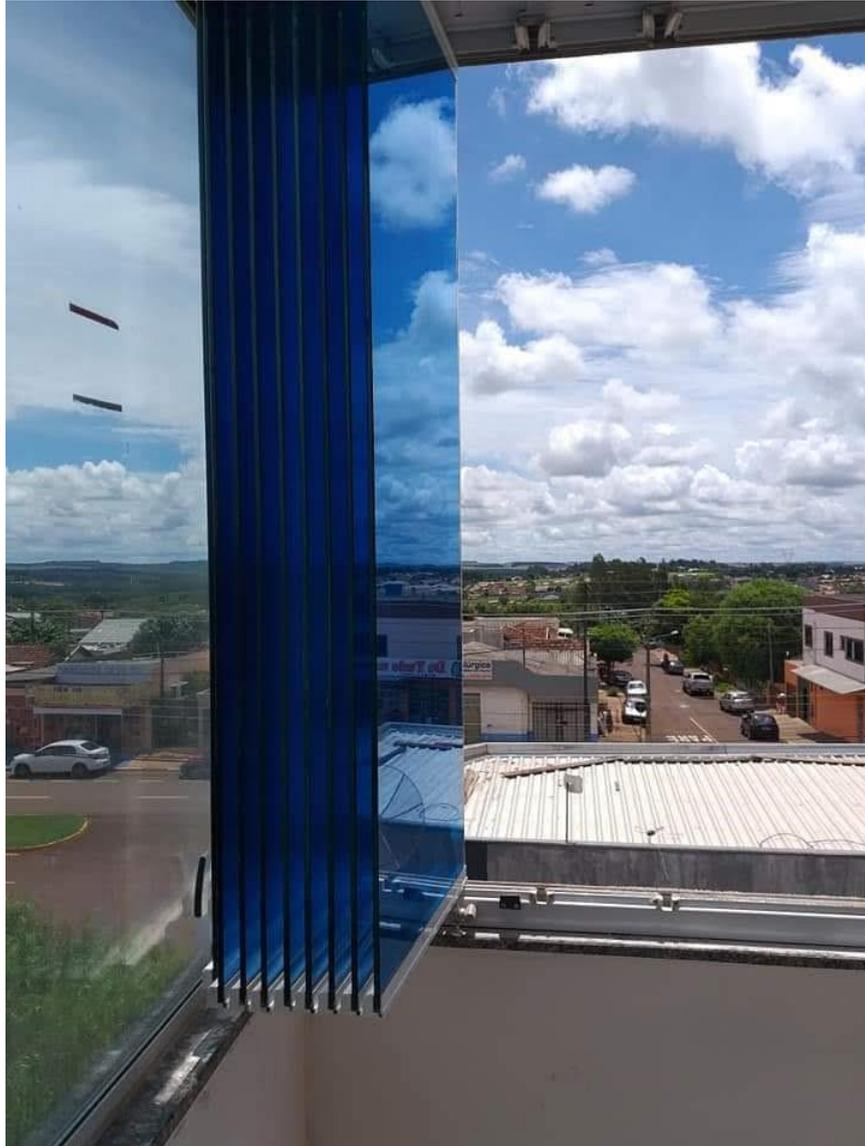
grandes superfícies, criando um efeito visual impressionante. Uma das principais vantagens desse sistema é a maximização da entrada de luz natural, o que não só melhora a estética interna do edifício, mas também reduz a necessidade de iluminação artificial durante o dia, contribuindo para a economia de energia. No entanto, o isolamento térmico oferecido pela Cortina de Vidro pode ser inferior ao de outros sistemas, especialmente em climas extremos, onde o controle da temperatura interna é crucial. Além disso, a manutenção de grandes superfícies envidraçadas, especialmente em edifícios altos, pode ser desafiadora e custosa, exigindo planejamento e recursos adequados.

Figura 01 - Cortina de Vidro



Fonte: Almeida (2024).

Figura 02 - Cortina de Vidro.



Fonte: Almeida (2024).

O sistema de Pele de Vidro, por sua vez, oferece uma abordagem estética diferenciada. Neste sistema, o vidro é aplicado diretamente na estrutura do edifício, criando uma superfície contínua e sem interrupções visuais, resultando em um design elegante e minimalista. A ausência de molduras visíveis confere ao edifício uma aparência moderna e sofisticada, que é altamente valorizada em projetos corporativos e comerciais. O uso de vidros especiais, como os de controle solar (Habitat) e isolamento acústico, melhora significativamente o desempenho térmico do edifício, tornando-o mais confortável e eficiente do ponto de vista energético. No entanto, o sistema de Pele de Vidro envolve custos mais elevados e uma instalação mais complexa, o que requer uma equipe de profissionais altamente qualificados para

garantir a segurança e a durabilidade da fachada. A combinação desses fatores torna o sistema de Pele de Vidro uma escolha preferencial para projetos de alto padrão, onde a estética e o desempenho técnico são prioridades.

Figura 03 - Pele de Vidro.



Fonte: Almeida (2024).

Figura 04 - Montagem da estrutura antes do vidro (pele de vidro).



Fonte: Almeida (2024).

O sistema Estrutural Glazing representa um avanço tecnológico significativo na construção de fachadas de vidro. Esse sistema utiliza adesivos estruturais para fixar os painéis de vidro diretamente na estrutura do edifício, eliminando a necessidade de molduras externas. Essa abordagem resulta em uma fachada totalmente envidraçada, que proporciona uma aparência uniforme e contemporânea. O Estrutural Glazing é especialmente apreciado em edifícios corporativos de alto padrão, onde a estética e o desempenho térmico são fundamentais. O uso de vidros laminados ou duplos melhora o isolamento térmico e acústico, garantindo um ambiente interno confortável. No entanto, a complexidade da instalação deste sistema, que exige uma precisão extrema para garantir a segurança e a durabilidade, pode ser um desafio. A manutenção também pode ser mais complicada, especialmente em caso de necessidade de substituição de painéis de vidro, o que requer profissionais especializados e, geralmente, implica em custos adicionais.

O Sistema Unitizado, por sua vez, oferece uma solução industrializada para a construção de fachadas de vidro. Nesse sistema, módulos completos de fachada são pré-fabricados em fábrica e posteriormente instalados no local da obra. Esse processo industrializado garante uma alta qualidade na fabricação, bem como uma instalação rápida e precisa, o que é particularmente vantajoso em projetos de grande escala, onde o tempo de construção é um fator crítico. Cada módulo unitizado inclui a estrutura, o vidro e o isolamento, proporcionando uma solução integrada que minimiza os erros de instalação e garante a uniformidade estética. Além disso, o Sistema Unitizado pode ser adaptado para incluir uma variedade de vidros com diferentes propriedades, como controle solar (Habitat) e isolamento acústico, atendendo às necessidades específicas de cada projeto. No entanto, o custo inicial deste sistema pode ser elevado devido à complexidade da pré-fabricação e ao transporte dos módulos até o local da obra. Além disso, a logística de instalação pode apresentar desafios, especialmente em locais de difícil acesso ou em edifícios muito altos.

O sistema Vidro Exterior Agrafado, também conhecido como Spider Glass, oferece uma abordagem única para a construção de fachadas de vidro. Utilizando suportes metálicos, popularmente chamados de “aranhas”, para fixar os painéis de vidro, este sistema permite a criação de grandes superfícies envidraçadas com mínima estrutura visível. Essa característica faz do Spider Glass uma escolha popular para fachadas de lojas, vitrines e entradas de edifícios, onde a transparência e a estética são fundamentais. A flexibilidade oferecida por esse sistema permite a criação de formas complexas e curvas, que seriam difíceis de realizar com outros métodos. No entanto, a instalação do Spider Glass é altamente complexa e requer uma equipe de especialistas para garantir que a fachada seja segura e durável. Além disso, a manutenção e a substituição de painéis de vidro podem ser complicadas e custosas, especialmente em edifícios altos ou com fachadas de difícil acesso.

3 CONCLUSÃO

Em conclusão, as fachadas de vidro evoluíram de maneira significativa ao longo das últimas décadas, transformando-se de um material decorativo em um elemento estrutural e funcional essencial na arquitetura moderna. A variedade de sistemas disponíveis hoje oferece soluções para uma ampla gama de necessidades estéticas e funcionais, desde a maximização da luz natural até o controle térmico e acústico. No

entanto, a escolha do sistema de fachada de vidro adequado requer uma análise cuidadosa de diversos fatores, incluindo o custo, a eficiência energética, a manutenção e o impacto estético desejado. É crucial que o projeto e a instalação dessas fachadas sejam realizados por profissionais qualificados, garantindo que o edifício atenda às expectativas de segurança, conforto e durabilidade, ao mesmo tempo em que se destaca pela sua estética moderna e inovadora.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Alexandre. **As três evoluções da fachada-cortina no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.profalexandrearaujo.com.br/2015/05/as-tres-evolucoes-da-fachadacortina-no.html> . Acesso em: 24 jul. 2024.

ARRUDA, Tiago Schnorr. **Estudos de modalidades para execução de fachada cortina**. (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica da UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7042/1/monopoli10000291.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BARROS, Carolina. **Apostila de Vidros: Materiais de Construção: Edificações**. 2010. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul, Pelotas, 2010.

BERGAMO, A. P. R. H.; MOTTER, C. B. A origem do vidro e seu uso na arquitetura. *In*: ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 12., 2014. **Anais** [...]. [S.l.]: Faculdade Assis Gurgacz FAG. 2014. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/55952eb6a5b8d.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

VEDOVELLO, Cintia Aparecida da Silva. **Gestão de projetos de fachadas**. 2012. Dissertação (mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-06062013-163302/publico/Dissertacao_CintiaVedovello_Ed_Revisada.pdf. Acesso em: 24 jul. 2024.

MATERIAS DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Gerson Goulart
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

1 INTRODUÇÃO

Com a Invenção do vidro, ele passou a ser destaque e veio sofrendo grandes alterações com o passar dos anos, como no início, era utilizado para confecção de vasos decoração entre outras, como o estudo e desenvolvimento da tecnologia o uso do vidro vem, sendo cada vez mais destacado no mundo moderno, como uso em fachas, casas e até mesmo em grandes edifícios como edifício Opus, localizado na Cidade do Dubai, temas que serão abordados neste trabalho.

142

2 DESENVOLVIMENTO

Para se falar em vidro devemos voltar ao tempo e mostrar como tudo começou, o vidro é um material que surgiu há milhares de anos foi descoberto na ocasião por povos antigos que faziam fogueiras na areia da praia, os fenícios descobriram o vidro ao unir areia, fogo e nitrato de sódio.

Os Egípcios, por volta de 3.500 a.C, perceberam que a areia se transforma em um liquido viscoso quando aquecida em altas temperaturas.

O Vidro é um material com diversas características, como:

Durabilidade: pode resistir por milhões de anos se não for quebrado, é 100% reciclável.

O vidro em geral é feito a partir de uma mistura de matérias- primas naturais, como areia, soda cáustica e calcário, que são fundidas em um forno a altas temperaturas, a composição pode variar, mas o normal é composta por 72% de areia, 14% de sódio, 9% de cálcio e 4% de magnésio.

A EVOLUÇÃO DO VIDRO

Embora a França já fabricasse vidro desde a época dos romanos, foi só no final do século XVII que essa indústria prosperou e alcançou um grau de perfeição

otável. Em 1665, o rei francês Luís XIV reuniu mestres vidreiros e montou uma empresa para fabricar os espelhos do Palácio de Versalhes. Foi quando nasceu a Saint-Gobain, uma das mais antigas indústrias vidreiras do mundo. Em dois mil anos de história, iniciada com a descoberta da técnica do sopro, o sistema float é considerado a grande revolução tecnológica do vidro plano. Iniciada na Europa, nos anos 50, tal revolução foi encabeçada pela multinacional Pilkington, uma das mais antigas e tradicionais companhias vidreiras no mundo, fundada na Inglaterra em 1826, e transformou de forma radical a técnica com que até então o vidro era fabricado. “Depois do float glass a indústria do vidro plano ascendeu a outro nível de desempenho técnico e econômico e o vidro ganhou qualidade muito superior àquela possibilitada pelos sistemas anteriores de produção”

Foto - Internet



Na foto acima mostra uma linha de produção de float na Cebrace: salto de qualidade da indústria de vidro no Brasil

Na arquitetura brasileira, o vidro passou a ser utilizado com mais frequência nas construções a partir da década de 1930, no contexto de mudanças políticas e culturais instaurados na Era Vargas, que possibilitou o uso da primeira fachada de

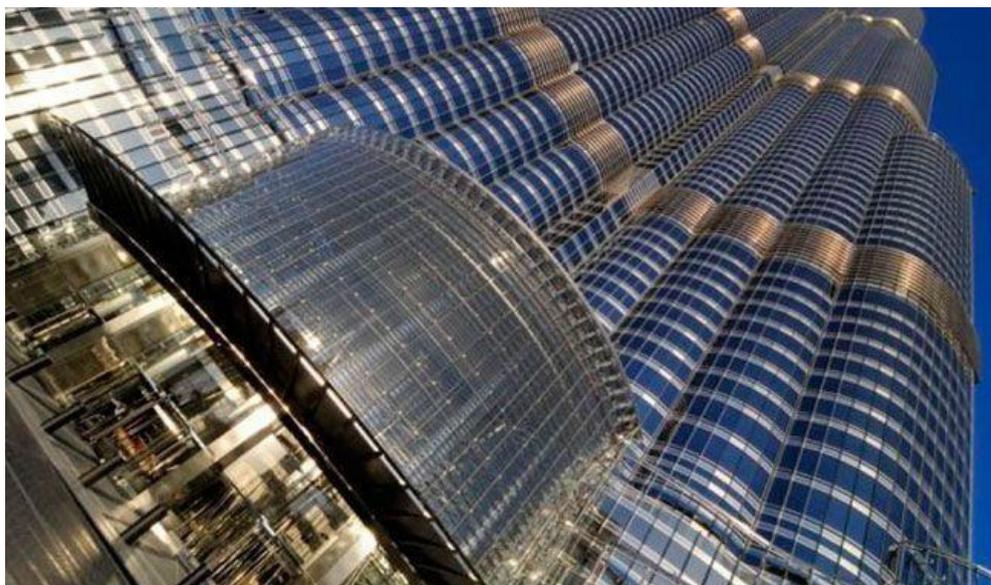
vidro em escala monumental em território brasileiro, o edifício do Ministério da Educação e Saúde (1945) no Rio de Janeiro. Essa solução estética também se apresentou posteriormente, na década 1960, de forma expressiva na composição arquitetônica de Brasília.

Hoje com os grande edifício a fachadas de vidro veio a ser destaque pelo design e por ser mais leve, e também pela sua durabilidade não necessitando manutenção como pinturas, e por ser um matérias mais leve. Como mostra a foto abaixo.

Foto - Fachadas de vidro em edifício.



Foto - Burj Khalifa- foto internet – uma clássica exemplo de pele de vidro



Considerado o edifício mais alto o mundo, com 828 metros, levou cinco anos para ser construído

O projeto garantiu um dos maiores fornecimentos de vidros na história da empresa Guardian. Os vidros do Burj Khalifa são da série SunGuard (SunGuard Solar Silver 20 e Climaguard NL TLow-E), de patente mundial da empresa, e foram selecionados por meio de concorrência técnica. Segundo o fornecedor, além do conforto térmico e eficiência energética com grande retorno sobre o investimento, SunGuard ainda proporcionou mais vida ao design do edifício a área de vidro utilizada neste projeto foi de 174.000 metros². Foi no mês de janeiro de 2004 que começaram os trabalhos de escavação do Burj Khalifa, e, nos anos seguintes, durante sua concepção, o edifício passou por muitos marcos importantes na meta de se tornar a mais alta estrutura construída pelo homem. Para viabilizar sua construção, a equipe de engenharia responsável pelo projeto criou um novo sistema estrutural, no qual há um núcleo reforçado com concreto armado de alta performance, o que permitiu atingir sua altura. A volumetria é manipulada na dimensão vertical para minimizar o impacto do vento dessa região sobre o movimento da torre. O Burj Khalifa é o centro de uma grande escala, um desenvolvimento de uso misto composto de edifícios residenciais, comerciais, hotelaria, entretenimento e lojas. Também possui amplos espaços verdes, recursos hídricos, alamedas de pedestres e um shopping. Após a conclusão, o Burj Khalifa se tornou o edifício mais alto do mundo.

Sistema existentes:

Cortina de Vidro é um sistema alternativo para o fechamento de terraços, garantindo a estética luminosidade e ventilação.

Vantagens:

- Isolamento de ruídos, como o barulho do trânsito;
- Proteção da sacada contra a chuva e o vento;
- Segurança para crianças e pets, ainda mais se tiver rede de proteção; □
- Variedade de modelos e cores.

Desvantagens:

- Comprometer a circulação de ar em relação à varanda aberta;
- Pedir permissão prévia ao condomínio;
- Preço superior a outras medidas, como rede de proteção;
- Verificar se a legislação municipal permite a instalação.

Figura 1 - Cortina de vidro.



Fonte: <https://vidrolaser.com.br/cortina-de-vidro>

Figura 2 – Vidro estrutural

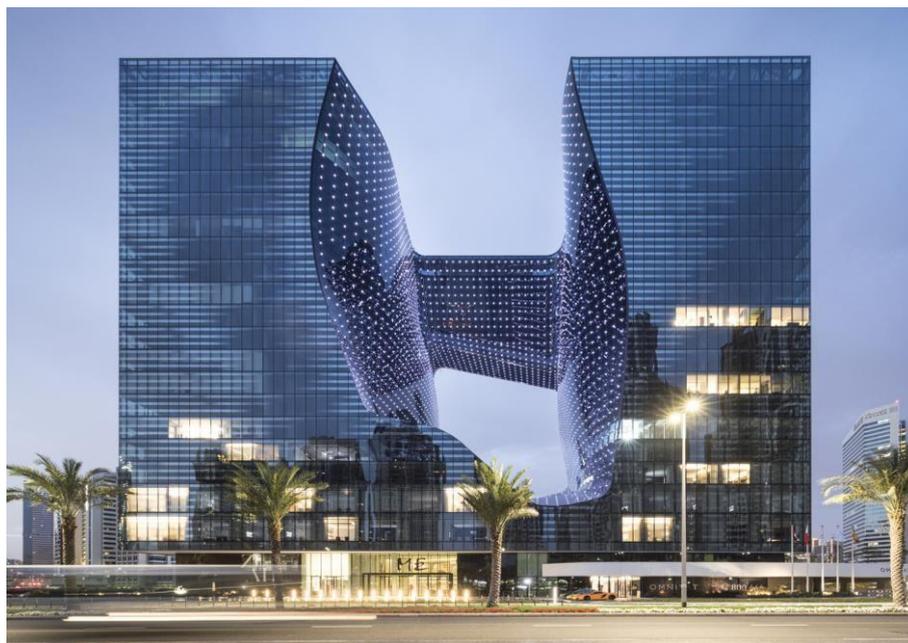


Fonte: <https://glasspool.com.br/vidros-estruturais/>

O sistema é composto somente com colunas de vidro e ferragens para estruturar os painéis de vidro. Cada projeto tem a possibilidade de desenvolver as ferragens conforme a customização do cliente seja a fachada reta ou curva pequena ou grande. No entanto são varias configurações e possibilidade. Além do mais devem ser composta por vidro temperado e laminado. De preferencia sentryglass para obter uma leveza ao aplicar no projeto. Além disso o sentryglass é cinco vezes mais resistente que um pvb normal. Utilizados em halls de entrada, fachadas de lojas escritório, hospitais, galpões e vários outros ambiente. É exclusive para se obter um grande volume de luz natural.

Um das grandes obras moderna na figura abaixo.

Figura 3 – Hotel em Dubai



Fonte: <https://checkhotels.com.br/2020/05/21/me-by-melia-e-o-novo-predio-queridinho-de-dubai/>

Inaugurado no dia 01 de março deste ano, o edifício **Opus**, com 95 metros de altura, o edifício de 20 andares brilha à noite como se fosse uma imensa camada de gelo polar iluminada por neon, com um cubo de gelo gigante no meio. “Ele assume a forma de um cubo pairando no chão, com um vazio no meio”, disse Zaha durante a construção. “Seu interior revestido com vidro duplo colorido permite vistas da parte interna e dos platôs externos, proporcionando áreas de lazer, recreação e descanso”.

Durante o dia, as “estrias pixeladas” (padrões gráficos na fachada de vidro) são projetadas para modular a luz. Essa é uma medida ecológica prometida pelo Meliá, recentemente nomeado o grupo hoteleiro mais sustentável do mundo. Fotografias recentes feitas por **Laurian Ghinitoiu** registram a silhueta escultural do projeto.

3 CONCLUSÃO

Podemos concluir que além da beleza o uso da fachadas de vidro vem sendo cada vez mais utilizado, como por exemplo em Dubai, onde é uma cidade com clima quente, porem utilizam placas solares para geração de energia e já aproveitam para fechamento de fachas como foi mostrado nesta trabalho como exemplo o Burj Khalifa, que o sistema de vidro são com placas solares para geração de energia.

REFERÊNCIAS

CHECK HOTELS. Disponível em: <https://checkhotels.com.br/trends/>. Acesso: 11 set. 2024.

REVISTA VIDRO IMPRESSO. Disponível em: <https://vidroimpresso.com.br/burj-khalifa-torre-de-vidro-e-destaque-em-dubai/>. Acesso em: 12 set. 2024.

FACHADAS EM VIDRO

Luiz Guilherme de Souza
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

INTRODUÇÃO

As fachadas de vidro revolucionaram o design arquitetônico, proporcionando elegância, transparência e modernidade aos edifícios. Desde sua popularização no século XX, essas fachadas vêm evoluindo constantemente, tanto em termos de estética quanto de funcionalidade. A tecnologia aplicada às fachadas de vidro avançou significativamente, permitindo o surgimento de diversos sistemas construtivos que oferecem soluções variadas para atender às necessidades arquitetônicas e de desempenho. Entre os sistemas mais comuns, destacam-se a Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e o Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass). Este trabalho visa explorar a evolução desses sistemas, suas características específicas, vantagens e desvantagens, além de exemplos práticos de aplicação.

1 Cortina de vidro



A Cortina de Vidro é um sistema em que as fachadas são construídas com painéis de vidro instalados externamente, sem que suportem o peso estrutural do

edifício. O peso é transmitido para a estrutura principal do edifício por meio de perfis de alumínio ou aço. Esse sistema se popularizou no início do século XX, principalmente em arranha-céus. A cortina de vidro pode ser conhecida também como janelas panorâmicas ou janelas de visao total.

Características Específicas:

- Sistema leve e flexível.
- Permite grandes áreas envidraçadas sem interrupção de colunas ou pilares.
- Oferece proteção contra agentes externos (vento, chuva) sem comprometer a estética.

Exemplos:

1. Europeu é o modelo mais comum em residências, escritórios e comércios. Com um pivô central, a abertura da cortina de vidro é completa, pois as folhas giram 90 graus e se recolhem em um dos cantos, se adapta a todos os formatos de varanda e garante excelente circulação de ar.

2. Stanley o modelo de cortina de vidro funciona de forma parecida com boxes de banheiro: as chapas deslizam paralelamente em trilhos nos dois sentidos até ficarem agrupadas a abertura é ampla, mas não total e garante maior resistência a ventos e chuvas.

3. Versatik o modelo conta com as laterais fixas e, entre elas, as chapas correm em apenas um sentido por um único trilho alongado. O resultado é um sistema semelhante ao de uma janela, esse modelo permite menor abertura: apenas dois terços do vão.

4. Teto geralmente é instalada em corredores, varandas e pergolados. Esse sistema permite uma entrada ainda maior de luz natural.

Assim como os demais modelos, a cortina de teto também pode ser combinada a uma persiana de tecido para reduzir a entrada de raios solares e manter o conforto térmico do cômodo. Além disso, há opções no mercado com abertura e fechamento automatizados.

Vantagens:

- Permite fachadas totalmente envidraçadas, maximizando a entrada de luz natural.

- Flexibilidade no design.

Desvantagens:

- Custos elevados de instalação e manutenção.
- Pode necessitar de sistemas adicionais de proteção solar.

2 Pele de Vidro



A Pele de Vidro é um sistema em que os painéis de vidro são fixados diretamente à estrutura do edifício, com perfis metálicos visíveis. Ao contrário da Cortina de Vidro, a Pele de Vidro tem um caráter mais estrutural, sendo muitas vezes aplicada em camadas exteriores às paredes de alvenaria. É uma técnica de revestimento de fachadas que consiste em cobrir a estrutura de uma edificação com vidro.

A pele de vidro é composta por peças de vidro laminado encaixadas em quadros de alumínio, que são aparafusados em colunas e travessas. Os perfis estruturais ficam ocultos, dando a impressão de que a fachada é completamente envidraçada.

Características Específicas:

- Vidro fixado com perfis de alumínio visíveis.
- Menos flexível que o sistema de Cortina de Vidro.
- Boa capacidade de isolamento térmico e acústico.

Exemplo: O edifício Edifício Pirelli, em Milão, é um exemplo de utilização da Pele de Vidro.

Vantagens:

- Melhoria no isolamento térmico e acústico.
- Facilidade de manutenção.

Desvantagens:

- Menos transparente que outros sistemas, devido à presença dos perfis.

3 Estrutural Glazing

O sistema Estrutural Glazing é caracterizado pela fixação dos vidros diretamente à estrutura do edifício com o uso de silicone estrutural, eliminando a

necessidade de perfis metálicos aparentes. Este sistema oferece uma estética mais limpa, sem interrupções visuais, ficando a estrutura oculta, na face interna. O selante se torna elemento estrutural, aderindo aos suportes e transferindo à estrutura metálica as cargas aplicadas sobre a fachada. Também assegura estanqueidade, e sua elasticidade permite a dilatação e a contração do vidro, sem consequências negativas.

Características Específicas:

- Vidro colado diretamente à estrutura com silicone.
- Ausência de perfis visíveis, resultando em uma fachada contínua de vidro.

Exemplo: O Burj Khalifa, em Dubai, utiliza o sistema de Estrutural Glazing em sua fachada.

Vantagens:

- Máxima transparência, sem elementos metálicos visíveis.
- Design moderno e inovador.

Desvantagens:

- Manutenção complexa, especialmente para grandes alturas.
- Custo elevado.

4 Sistema Unitizado



No Sistema Unitizado, os painéis de vidro e alumínio são pré-fabricados em unidades modulares, que são montadas diretamente na obra. Esse método de pré-fabricação reduz o tempo de instalação no local, além de garantir maior precisão e qualidade no acabamento.

Características Específicas:

- Os módulos de vidro e alumínio são fabricados fora do canteiro de obras.
- Instalação mais rápida e eficiente.

Vantagens:

- Redução do tempo de obra.
- Maior controle de qualidade dos materiais.

Desvantagens:

- Custos elevados devido à pré-fabricação e transporte dos módulos.

5 Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass)



O sistema de Vidro Exterior Agrafado, ou Spider Glass, utiliza conectores pontuais (geralmente em forma de aranha) para fixar as placas de vidro à estrutura de

suporte, sem a necessidade de perfis metálicos ao redor do vidro é uma evolução da pele de vidro, pois torna a estrutura e os caixilhos menos visíveis. Este sistema proporciona uma estética leve e transparente, muito utilizada em fachadas de edifícios modernos.

Características Específicas

- Fixação pontual do vidro com conectores metálicos.
- Alta transparência e leveza estética.

Exemplo: O Museu de Arte de São Paulo (MASP) utiliza o sistema Spider Glass para suas fachadas envidraçadas.

Vantagens:

- Máxima transparência.
- Design sofisticado e minimalista.

Desvantagens:

- Manutenção difícil em alturas elevadas.
- Custo elevado de instalação.

CONCLUSÃO

As fachadas de vidro desempenham um papel essencial na arquitetura contemporânea, proporcionando inovação estética e funcionalidade. A evolução dos sistemas de fachadas de vidro — como Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass) — demonstra como a tecnologia e o design caminham juntos para atender às demandas arquitetônicas de transparência, isolamento térmico, segurança e modernidade. Cada sistema tem suas particularidades, vantagens e desvantagens, e a escolha do mais adequado depende das necessidades específicas do projeto. Ao longo dos anos, a tendência é que novas soluções continuem a surgir, elevando ainda mais os padrões da arquitetura em vidro.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Tiago Schnorr. **Estudos de modalidades para execução de fachada cortina.** (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica da UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

BARROS, Carolina. **Apostila de Vidros:** Materiais de Construção: Edificações. 2010. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul, Pelotas, 2010.

ATIVIDADE INTEGRADORA: MATERIAIS DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Murilo Businhani
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos sistemas de fachada de vidro no Brasil revolucionou a arquitetura, trazendo inovação e eficiência para a construção civil. A evolução dos materiais, como vidro, aço e alumínio, permitiu a criação de estruturas leves, seguras e de alto desempenho, possibilitando maior transparência e estética moderna. Esses sistemas, amplamente utilizados em edifícios comerciais e residenciais de alto padrão, têm contribuído para a sustentabilidade ao melhorar o aproveitamento da luz natural e reduzir o consumo de energia, ao mesmo tempo em que proporcionam conforto térmico e visual aos usuários.

2 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é analisar e descrever a evolução dos sistemas de fachada de vidro, destacando suas principais características, métodos de fixação, vantagens e desvantagens, com foco nos sistemas Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass). Além disso, visa exemplificar a aplicação de cada sistema em projetos arquitetônicos no Brasil, destacando a importância desses avanços para a indústria da construção civil, tanto em termos de estética quanto de eficiência energética e sustentabilidade.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Cortina de Vidro

A cortina de vidro é um sistema não estrutural, usado geralmente em arranha-céus e grandes edifícios. Ele é ancorado na estrutura do edifício, com a função de vedação e proteção.

- Características:
Composto por perfis de alumínio ou aço que sustentam painéis de vidro.
Não tem função estrutural, ou seja, não suporta o peso do edifício.
Cria uma barreira contra os elementos, sendo resistente ao vento e à água.
- Vantagens:
Facilidade de instalação e manutenção.
Permite grandes áreas, proporcionando excelente iluminação natural.
- Desvantagens:
O desempenho térmico pode ser ruim sem tecnologias de isolamento.
- Exemplo:
E-Tower – São Paulo – SP – Brasil

Figura 1 – E-Tower SP



Fonte: <https://www.descubrasampa.com.br/2018/06/edificioe-tower.html>. Acesso em: 27 set. 2024

3.2 Pele de Vidro

A pele de vidro, similar a Cortina de Vidro, é um sistema onde os painéis de vidro são fixados a uma estrutura leve de perfis metálicos.

- Características:
Cada vidro é instalado individualmente em montantes e travessas de alumínio.

Utiliza juntas de borracha ou silicone para vedação.

- Vantagens:

Ótima flexibilidade no design arquitetônico.

Possibilita maior personalização e flexibilidade podendo ser utilizada em diferentes tipos de fachada.

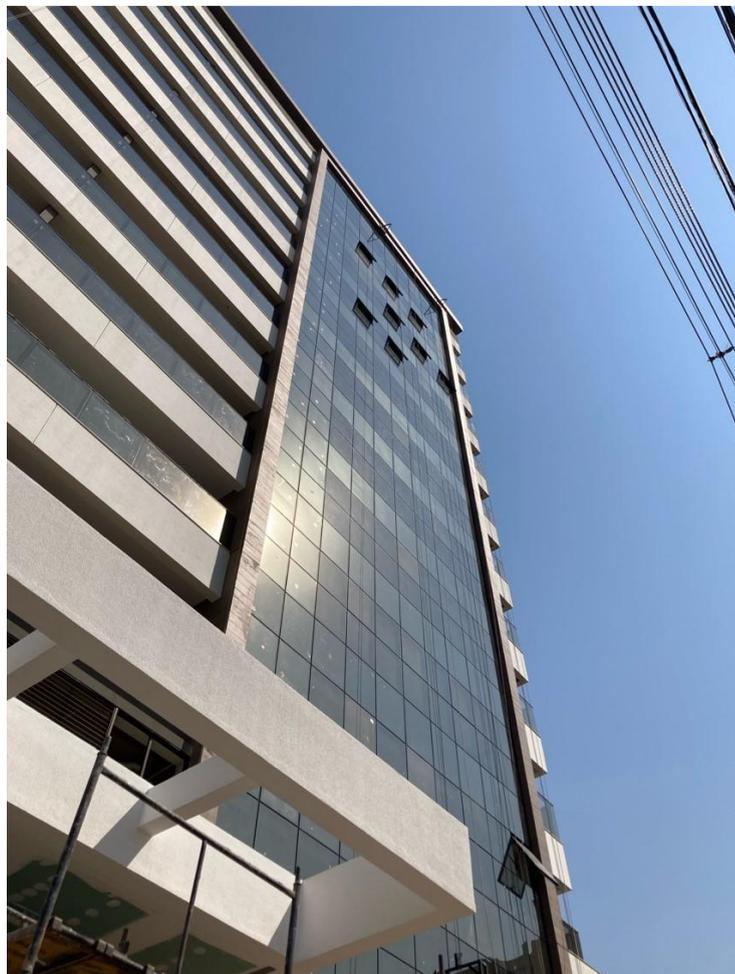
- Desvantagens:

Processo de instalação mais demorado e maior complexidade.

- Exemplo:

Metropolitan Med Center – Quadra Construtora – Londrina PR - Brasil

Figura 2 – Metropolitan Med Center



Fonte: Acervo fotográfico Murilo Businhani

3.3 Estrutural Glazing

No sistema Estrutural Glazing, os painéis de vidro são fixados à estrutura do edifício por meio de adesivos estruturais ou silicone especial.

- Características:

O vidro é preso diretamente à estrutura de suporte sem necessidade de molduras visíveis.

Cria a aparência de uma fachada contínua e minimalista.

- Vantagens:

Excelente estética com uma superfície limpa e contínua.

Boa vedação contra intempéries.

- Desvantagens:

Manutenção pode ser mais complexa, principalmente em edifícios altos.

O custo pode ser elevado devido aos adesivos estruturais de alta qualidade.

- Exemplo:

Birdmann 31 – São Paulo – SP - Brasil

Figura 3 – Birdmann 31



Fonte: <https://spcorporate.com.br/imoveis/birmann-31> acesso em Setembro/2024

3.4 Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass)

O sistema Spider Glass utiliza ferragens pontuais para fixar os painéis de vidro, permitindo transparência total e mínima obstrução visual.

- Características:
O vidro é fixado por suportes metálicos, geralmente em formato de aranha (spider), em pontos específicos.
Utilizado principalmente em coberturas de vidro e grandes fachadas de vidro.
- Vantagens:
Máxima transparência, com um visual extremamente moderno e minimalista.
Ideal para vitrines e áreas que demandam visibilidade máxima.
- Desvantagens:
Isolamento térmico e acústico inferior comparado a outros sistemas.
Mais vulnerável à deformação em caso de movimentos estruturais.
- Exemplo:
Edifício Rio Branco 1 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Figura 4 – Rio Branco 1



Fonte: <https://www.previ.com.br/portal-previ/investimentosda-previ/imoveis/imoveis-para-locação/edificio-rio-branco-1rb1.htm>. Acesso em: 27 set. 2024

4 CONCLUSÃO

Os sistemas de fachada de vidro transformaram a arquitetura moderna, permitindo que edifícios combinem estética, eficiência e funcionalidade. A escolha entre os diferentes sistemas deve ser baseada nas necessidades específicas do projeto, como a eficiência energética, iluminação, estética e o orçamento disponível. Cada sistema tem suas vantagens e desvantagens, e sua correta aplicação pode resultar em projetos visualmente impressionantes e sustentáveis. Em Londrina temos uma grande empresa especializada em fachadas e esquadrias de vidro, chamada Esquadrilon, a qual presta serviço e fornece materiais para grandes construtoras da região.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10821. Esquadrias Externas para Edificações..** Rio de Janeiro: ABNT, 2018

MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: VIDROS

Anna Luiza Pereira
Mateus Aguiar Borrozzino
Washington Aparecido Costa
Profa. Tatiana Vettori Ferreira

RESUMO

As fachadas de vidro tornaram-se uma escolha popular na arquitetura moderna, proporcionando uma estética contemporânea e permitindo maior integração entre os ambientes internos e externos. Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre a evolução das fachadas de vidro e descreve os principais sistemas utilizados atualmente, como Cortina de Vidro, Pele de Vidro, Estrutural Glazing, Sistema Unitizado e Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass). São discutidas as características, vantagens e desvantagens de cada sistema, destacando a importância de uma escolha adequada para garantir conforto térmico, acústico e segurança nas edificações.

Palavras-chave: fachadas de vidro; cortina de vidro; pele de vidro; estrutural glazing; sistema unitizado; spider glass.

ABSTRACT

Glass façades have become a popular choice in modern architecture, offering a contemporary aesthetic and enhancing the connection between indoor and outdoor spaces. This paper presents research on the evolution of glass façades and describes the main systems currently in use, such as Curtain Wall, Structural Glazing, Unitized System and Spider Glass. The characteristics, advantages, and disadvantages of each system are discussed, emphasizing the importance of making the right choice to ensure thermal comfort, acoustic insulation and safety in buildings.

Key words: glass façades; curtain wall; structural glazing; unitized system; spider glass.

INTRODUÇÃO

Com o avanço da arquitetura moderna, o vidro tornou-se um dos materiais mais emblemáticos e versáteis, especialmente quando aplicado em fachadas de grandes edifícios. A transparência e leveza associadas ao vidro transformaram-no em um símbolo de modernidade, ao passo que o desenvolvimento de tecnologias avançadas na fabricação e instalação permitiu o uso do material em projetos cada vez mais ousados e inovadores. Durante o século XX, o surgimento dos arranha-céus e a

crescente busca por soluções que combinassem estética e funcionalidade impulsionaram o uso de fachadas de vidro em larga escala. Esse movimento inaugurou uma nova era no design arquitetônico, em que o vidro passou a desempenhar um papel central na definição da identidade visual dos edifícios.

No Brasil, como destacado por Araujo (2015), o uso do vidro em fachadas percorreu três fases evolutivas, partindo de soluções mais rudimentares até alcançar sistemas sofisticados e altamente tecnológicos. Essa evolução refletiu não apenas os avanços da indústria, mas também a adaptação às condições climáticas e às exigências de eficiência energética, que se tornaram cada vez mais relevantes na arquitetura contemporânea. O vidro, além de oferecer transparência e integração entre o interior e o exterior das edificações, contribui para a otimização do conforto térmico e acústico, bem como para o aproveitamento da luz natural, reduzindo a dependência de iluminação artificial.

Diversos sistemas foram desenvolvidos ao longo do tempo para atender às diferentes necessidades de projetos arquitetônicos. Entre os mais utilizados estão as fachadas-cortina, o sistema pele de vidro, o estrutural glazing, o sistema unitizado e o spider glass. Cada um desses sistemas possui suas próprias características e apresenta vantagens e desvantagens específicas, variando de acordo com o design, os custos de implementação, as exigências de manutenção e o impacto na sustentabilidade e eficiência energética do edifício.

Este texto busca explorar de forma aprofundada cada um desses sistemas, com base em estudos de autores como Arruda (2010), Bergamo e Motter (2014) e

Vedovello (2012), oferecendo uma análise detalhada das particularidades e implicações do uso de vidro em fachadas. Ao compreender as nuances de cada técnica, é possível avaliar qual solução se ajusta melhor às necessidades de um projeto, levando em conta fatores como estética, funcionalidade e viabilidade econômica.

2 DESENVOLVIMENTO

As fachadas-cortina são sistemas leves em que o vidro não tem função estrutural, servindo apenas para cobrir e proteger o edifício, enquanto a estrutura principal do prédio é responsável por suportar as cargas. Esses painéis de vidro são montados em quadros de alumínio, separados da estrutura do edifício, conforme

descrito por Arruda (2010), permitindo uma ampla entrada de luz natural e criando uma estética moderna e sofisticada. No entanto, podem surgir dificuldades em termos de isolamento térmico e acústico, especialmente se o projeto não contar com vidros eficientes em termos de controle solar ou acústico. Isso pode aumentar os custos de climatização e reduzir o conforto interno.



O sistema Pele de Vidro é caracterizado pela instalação dos painéis de vidro diretamente na estrutura do edifício, sem a necessidade de molduras visíveis. Selantes especiais, como o silicone, são usados para fixar os vidros, criando uma aparência contínua, sem interrupções visuais. Bergamo e Motter (2014) destacam que o resultado é uma estética minimalista e leve, muito comum em projetos contemporâneos e sofisticados. A principal desvantagem desse sistema é o custo elevado, tanto em materiais quanto em mão de obra, já que a instalação exige um processo meticuloso. Além disso, a manutenção precisa ser constante para garantir a durabilidade dos selantes e evitar problemas como infiltrações.

No sistema Estrutural Glazing, descrito por Vedovello (2012), utiliza-se silicone estrutural para fixar os vidros diretamente na estrutura do edifício, sem a necessidade de quadros visíveis, criando uma fachada ainda mais contínua e elegante. Esse sistema é muito utilizado em projetos de alto padrão que buscam uma estética limpa,

onde os vidros parecem flutuar sem suporte visível. A principal vantagem é a durabilidade, já que o silicone utilizado é altamente resistente. No entanto, o sistema também apresenta um custo elevado e requer manutenção especializada para garantir a qualidade da vedação ao longo do tempo, evitando problemas estruturais.

O sistema Unitizado, mencionado por Arruda (2010), é composto por módulos de vidro pré-fabricados, que chegam prontos para serem instalados no local da obra. Esses módulos integram o vidro, os quadros de suporte e os elementos de vedação, o que torna o processo de montagem mais rápido e preciso. A pré-fabricação diminui o tempo de instalação e reduz erros que poderiam ocorrer com a montagem feita diretamente no local. Contudo, essa eficiência tem um custo: o processo inicial de fabricação é mais caro e requer um planejamento rigoroso, já que qualquer erro nos módulos pode comprometer a execução da obra.

Por fim, o Spider Glass, ou vidro exterior agrafado, é um sistema que utiliza fixadores metálicos chamados "spiders" para prender os painéis de vidro diretamente na estrutura. Esses fixadores permitem a criação de fachadas grandes e ousadas, sem a necessidade de molduras ou divisões visíveis, resultando em uma estética futurista e arrojada. Bergamo e Motter (2014) mencionam que, embora esse sistema ofereça grande flexibilidade de design, sua instalação é complexa e requer precisão. Além disso, a manutenção é cara, já que a exposição dos elementos metálicos e do vidro exige cuidados especiais para garantir a segurança e a integridade do sistema ao longo do tempo.





Cada um desses sistemas tem suas peculiaridades em termos de design, custos e manutenção, e a escolha entre eles depende das demandas específicas de cada projeto, como a estética desejada, as condições climáticas e as questões orçamentárias.

3 CONCLUSÃO

A utilização do vidro em fachadas revolucionou a arquitetura contemporânea, permitindo a criação de edifícios com uma estética leve, moderna e transparente, ao mesmo tempo em que se busca eficiência energética e conforto ambiental. Ao longo das últimas décadas, o desenvolvimento de diferentes sistemas, como as fachadas-cortina, pele de vidro, estrutural glazing, sistemas unitizados e spider glass, ofereceu aos arquitetos uma gama variada de soluções técnicas para atender às demandas estéticas e funcionais dos projetos.

Cada sistema, como discutido por autores como Araujo (2015), Arruda (2010), Bergamo e Motter (2014) e Vedovello (2012), tem características específicas que precisam ser cuidadosamente avaliadas antes da aplicação. Por exemplo, as fachadas-cortina são ideais para grandes edifícios que exigem uma entrada abundante de luz natural e uma estética contemporânea, mas podem apresentar desafios em termos de isolamento térmico. Já o sistema pele de vidro, com seu visual contínuo e minimalista, tem como principal atrativo a aparência elegante, mas apresenta custos elevados e requer manutenção rigorosa. O estrutural glazing, por

sua vez, oferece uma alternativa igualmente sofisticada, mas exige silicone estrutural de alta qualidade para garantir a segurança e durabilidade do projeto.

Os sistemas unitizados se destacam pela eficiência na construção, com módulos pré-fabricados que garantem precisão e velocidade na execução, apesar do custo inicial mais elevado. Por outro lado, o sistema spider glass, com seus fixadores metálicos em forma de aranhas, proporciona uma flexibilidade de design única, permitindo a criação de fachadas arrojadas e futuristas, mas exige uma instalação cuidadosa e manutenção constante para garantir sua funcionalidade.

Assim, a escolha do sistema de vidro para uma fachada não deve ser baseada apenas em aspectos estéticos, mas também nas necessidades de cada projeto, considerando fatores como o clima local, os objetivos de eficiência energética e as limitações orçamentárias. Cada uma dessas soluções apresenta suas vantagens e desafios, e o sucesso do projeto depende da integração harmoniosa entre design, funcionalidade e tecnologia. Dessa forma, o uso do vidro em fachadas continuará a evoluir, oferecendo novas possibilidades para a arquitetura do futuro e ampliando as fronteiras do design sustentável e inovador.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Alexandre. **As três evoluções da fachada-cortina no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.profalexandrearaujo.com.br/2015/05/as-tres-evolucoes-da-fachadacortina-no.html> . Acesso em: 24 jul. 2024.

ARRUDA, Tiago Schnorr. **Estudos de modalidades para execução de fachada cortina**. (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica da UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/7042/1/monopoli10000291.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

BARROS, Carolina. **Apostila de Vidros: Materiais de Construção: Edificações**. 2010. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul, Pelotas, 2010.

BERGAMO, A. P. R. H.; MOTTER, C. B. A origem do vidro e seu uso na arquitetura. *In*: ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 12., 2014. **Anais** [...]. [S.I.]: Faculdade Assis Gurgacz FAG. 2014. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/55952eb6a5b8d.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

VEDOVELLO, Cintia Aparecida da Silva. **Gestão de projetos de fachadas**. 2012. Dissertação (mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola

Politécnica, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em:
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-06062013-163302/publico/Dissertacao_CintiaVedovello_Ed_Revisada.pdf. Acesso em: 24 jul. 2024.

1 INTRODUÇÃO

A integração de fachadas de vidro em projetos arquitetônicos tem se expandido consideravelmente, proporcionando não apenas estética e modernidade, mas também eficiência energética e funcionalidade. Estas fachadas, compostas predominantemente de vidro e estruturas metálicas como alumínio, oferecem uma combinação única de leveza e transparência. Este trabalho visa explorar a evolução das fachadas de vidro e detalhar os principais sistemas utilizados, avaliando suas características, vantagens e desvantagens.

2 EVOLUÇÃO DAS FACHADAS DE VIDRO

Histórico

- **Início da Utilização:**
 - O uso de vidro em edifícios remonta ao início do século XX, com a construção de edifícios como o Crystal Palace em Londres (1851) que introduziu o conceito de "fachada de vidro".
- **Desenvolvimento Tecnológico:**
 - **Anos 60-70:** Avanços na tecnologia de vidros e estrutura metálica possibilitaram o desenvolvimento de sistemas mais sofisticados.
 - **Anos 80-90:** A introdução de vidros de alto desempenho, como vidros de controle solar e vidro duplo, melhorou o conforto térmico e acústico.
- **Tendências Recentes:**
 - **Vidros Inteligentes:** Tecnologia que permite a mudança de propriedades do vidro, como a opacidade, em resposta a condições externas.
 - **Vidros Sustentáveis:** Utilização de materiais recicláveis e processos de produção com menor impacto ambiental.

Impacto na Arquitetura

- **Estética e Design:**

- Fachadas de vidro oferecem um visual clean e moderno, promovendo uma sensação de continuidade entre o interior e o exterior. Exemplos incluem o Edifício da ONU em Nova York e o Burj Khalifa em Dubai.

- **Funcionalidade:**

- As fachadas de vidro permitem maior entrada de luz natural, reduzindo a necessidade de iluminação artificial e melhorando o bem-estar dos ocupantes.

3 SISTEMAS DE FACHADAS DE VIDRO

Cortina de Vidro

- **Descrição:**

- O sistema de cortina de vidro é uma fachada composta por painéis de vidro fixados a uma estrutura de alumínio, proporcionando uma superfície contínua e transparente.

- **Vantagens:**

- **Estética:** Apresenta uma aparência moderna e limpa.
- **Luminosidade:** Maximiza a entrada de luz natural, reduzindo o consumo de energia.

- **Desvantagens:**

- **Custo:** O custo inicial e de manutenção pode ser elevado.
- **Isolamento:** Pode ter problemas com isolamento térmico e acústico se não for projetado adequadamente.

- **Exemplos Ilustrativos:**

- O Edifício Lloyd's em Londres, projetado por Richard Rogers, é um exemplo icônico de cortina de vidro.

Pele de Vidro

- **Descrição:**

- A pele de vidro é um sistema em que o vidro age como uma "segunda pele" sobre a estrutura do edifício, proporcionando proteção adicional e eficiência energética.

- **Vantagens:**
 - **Eficiência Energética:** Melhora o desempenho energético do edifício, reduzindo a carga térmica.
 - **Proteção:** Oferece uma camada adicional de proteção contra intempéries.
- **Desvantagens:**
 - **Complexidade:** A instalação pode ser complexa e exigir cuidados especiais.
 - **Custo:** Pode ser mais caro devido à complexidade do sistema.
- **Exemplos Ilustrativos:**
 - A Torre de Vidro de São Paulo, projetada pelo arquiteto Norman Foster, utiliza a pele de vidro para melhorar a eficiência energética.

Estrutural Glazing

- **Descrição:**
 - O estrutural glazing envolve o vidro colado diretamente à estrutura do edifício sem a necessidade de perfis metálicos visíveis, oferecendo uma fachada com aparência contínua.
- **Vantagens:**
 - **Estética:** Permite uma fachada com maior transparência e menos elementos visíveis.
 - **Durabilidade:** Pode ter uma vida útil mais longa com menos necessidade de manutenção.
- **Desvantagens:**
 - **Manutenção:** Requer manutenção especializada para garantir a integridade das juntas de vedação.
 - **Custo:** O custo pode ser elevado devido ao uso de tecnologias avançadas.
- **Exemplos Ilustrativos:**
 - A sede da Apple em Cupertino (Apple Park) utiliza o sistema estrutural glazing para criar uma aparência limpa e moderna.

Sistema Unitizado

- **Descrição:**
 - O sistema unitizado utiliza módulos pré-fabricados que são montados no local, facilitando a construção e reduzindo o tempo de montagem.
- **Vantagens:**

- **Rapidez:** A montagem é mais rápida devido à pré-fabricação dos módulos.
- **Controle de Qualidade:** Permite um maior controle de qualidade durante a fabricação dos módulos.
- **Desvantagens:**
 - **Flexibilidade:** Menos flexível para modificações durante a construção.
 - **Transporte:** O transporte e a logística dos módulos podem ser desafiadores.
- **Exemplos Ilustrativos:**
 - O Edifício do Banco Central do Brasil em Brasília é um exemplo de uso de sistemas unitizados.

Vidro Exterior Agrafado (Spider Glass)

- **Descrição:**
 - O Spider Glass é um sistema de fachada onde o vidro é fixado a suportes metálicos (spiders), proporcionando uma aparência de "suspensão" do vidro.
- **Vantagens:**
 - **Estética:** Oferece uma aparência única e inovadora.
 - **Robustez:** Suporte robusto que pode suportar grandes panes de vidro.
- **Desvantagens:**
 - **Exposição:** Os elementos de fixação são visíveis, o que pode não ser desejável para todos os projetos.
 - **Manutenção:** Pode exigir manutenção regular para garantir a integridade dos suportes.
- **Exemplos Ilustrativos:**
 - O Museu do Louvre em Paris, com sua pirâmide de vidro, é um exemplo notável de Spider Glass.

4 CONCLUSÃO

A análise dos sistemas de fachadas de vidro demonstra que a escolha do sistema adequado depende de uma série de fatores, incluindo estética, funcionalidade, custo e impacto ambiental. Cada sistema oferece vantagens e desvantagens que devem ser cuidadosamente avaliadas em função das necessidades específicas de cada projeto. A consulta a especialistas é fundamental

para garantir a escolha do sistema mais adequado e para otimizar o desempenho e a integração das fachadas de vidro em projetos arquitetônicos.

REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. *NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

ARQUITETURA MODERNA. *Sistemas de Fachadas de Vidro e Suas Aplicações*. Disponível em: www.arquiteturamoderna.com.br. Acesso em: 10 set. 2024.

MENDES, L. A Evolução das Fachadas de Vidro: Do Modernismo ao Contemporâneo. *Revista Brasileira de Arquitetura*, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2022.

OLIVEIRA, M. *Tecnologias de Construção com Vidro*. Rio de Janeiro: Editora ABC, 2018.

PEREIRA, R. Vidros Inteligentes e Sustentabilidade em Projetos Arquitetônicos. *Jornal de Engenharia de Construção*, v. 12, n. 1, p. 30-40, 2023.

SILVA, J. A. *Arquitetura Contemporânea e Fachadas de Vidro*. São Paulo: Editora XYZ, 2020.

Atividades integradoras

Disciplina: Gestão de Obras

Professores: Vilson Gomes da Assunção Júnior

Natália Stasiak

GESTÃO DE OBRAS

FERRAMENTAS DE GESTÃO DE OBRAS E PRODUTIVIDADE

Washington Aparecido Costa
Profa. Natalia Stasiak

INTRODUÇÃO

No mercado altamente competitivo, as construtoras e os profissionais que nela atuam, percebem a necessidade de planejamento e controle de organização de recursos, de processos de trabalho, controle e planejamento orçamentário, de prazos e qualidade total. Independentemente do tamanho do projeto ou canteiro, as formas de gestão e as ferramentas disponíveis precisam ser usadas.

Com a alta competitividade no mercado as construtoras têm reconhecido a importância do controle de custos e do trabalho voltado para aumento da produtividade. A eficiência e a eficácia são palavras de ordem na execução de qualquer projeto de edificação a ser colocada no mercado.

Entende-se, que a gestão de canteiro exige somatória de instrumentos, pois não basta apenas organização física, como meios de gerenciar. Todas as medidas são válidas para a produção, como ainda a redução de custos, algo importante para as construtoras.

A construção civil tem vivenciado uma busca de melhor gestão com racionalização dos processos, planejamento e controle de custos e produção. A eficiência é buscada como maneira de controle orçamentário, evitar desperdícios, diminuir custos, mas também garantir uma maior produtividade. As vantagens da gestão em canteiro de obras fundada em qualidade na administração, planejamento de prazos, controle de orçamentos e uso de ferramentas no aumento da produção e diminuição de custos.

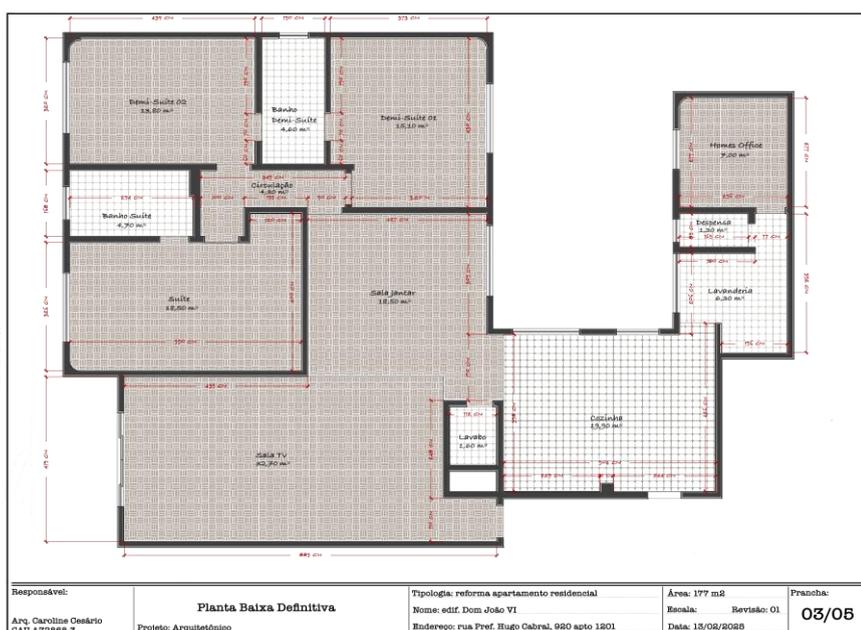
A organização e padronização de obras podem contribuir para o melhor desempenho das atividades construtivas, melhorando as condições de trabalho, o tempo para desenvolvimento dos procedimentos de trabalho, bem como influencia na diminuição de custos.

Planejar uma obra e efetuar sua correta gestão pode contribuir para não negligenciar aspectos importantes para obtenção de melhores resultados de desempenho em geral nos empreendimentos.

VISITA A OBRA

Em visita a obra de reforma de um apartamento do edifício residencial Dom João VI, com área útil de 177m², localizado sito a Rua Prefeito Hugo Cabral, número 920, apartamento 1201, bairro centro, na cidade de Londrina, tendo como responsável Técnico pela execução da obra o Engenheiro Civil Luciano de Almeida portador da carteira profissional do CREA-PR 198974/D.

Figura 1 - Planta baixa da obra



A visita efetuada no dia 01 do mês de julho de 2025 as 08:00 horas da manhã que estendeu se por aproximadamente até o meio dia, o aluno Washington Aparecido Costa foi recebido na obra pelo próprio engenheiro responsável.

Figura 2 e 3 - Fotos do aluno na obra



Figura 4, 5 e 6 - Fotos da obra em execução



DESENVOLVIMENTO

A obra visita utiliza se de uma ferramenta de gestão denominada Mapa de Produção, onde descreve todas as atividades a serem realizadas dia a dia, desta

forma consegue se acompanhar a evolução dos trabalhos e dividir as equipes de trabalho de acordo com a necessidade de cada serviço.

Figura 7 - Mapa de produção dia 01

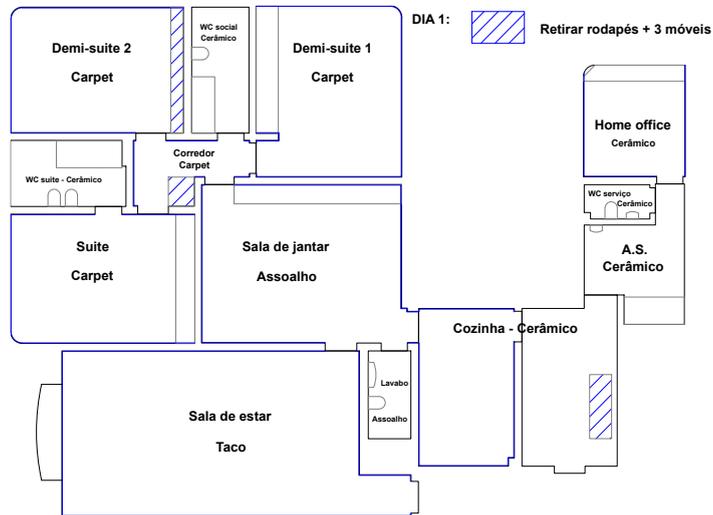


Figura 8 - Mapa de produção dia 02

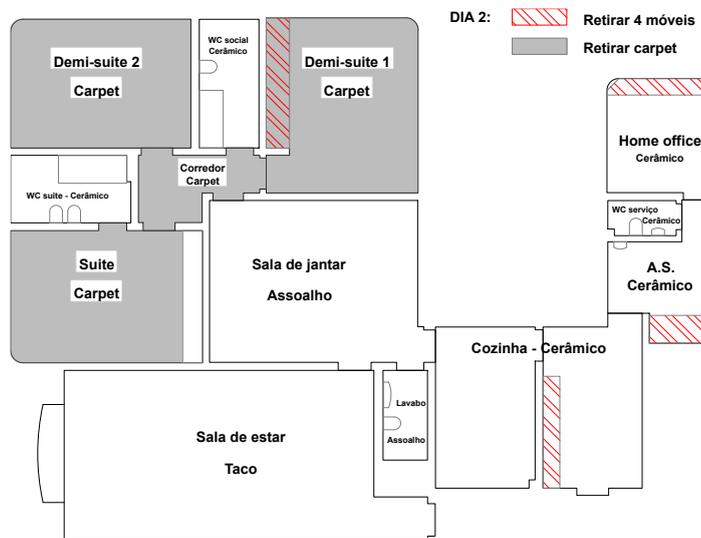


Figura 9 - Mapa de produção dia 03

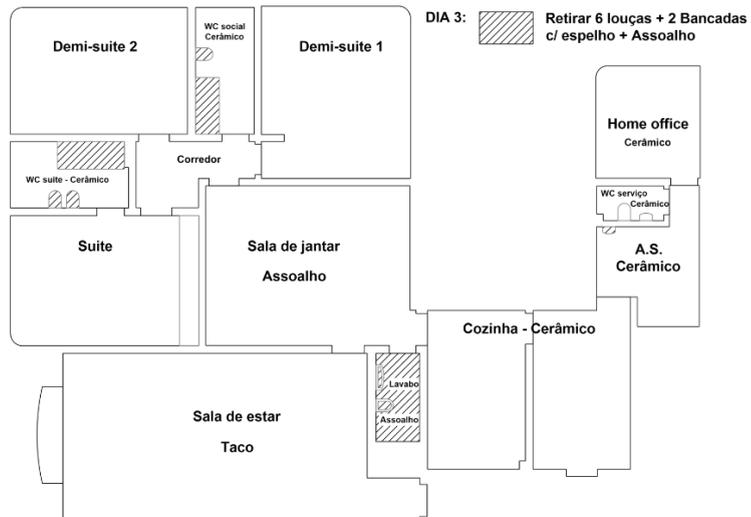


Figura 10 - Mapa de produção dia 04

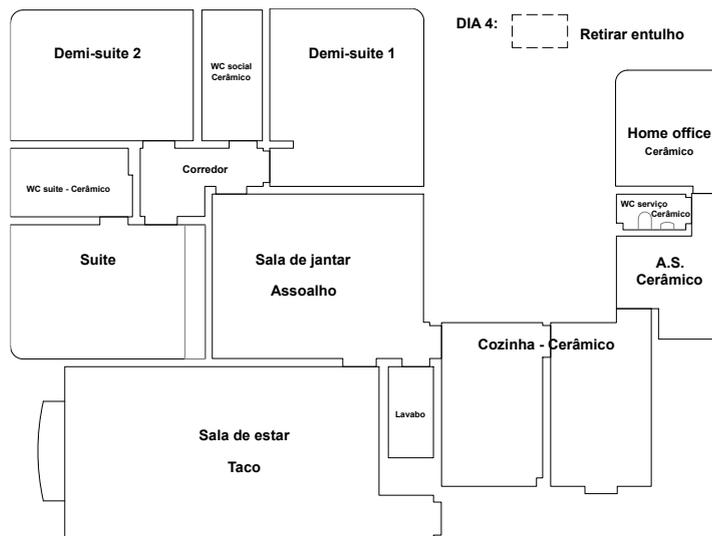
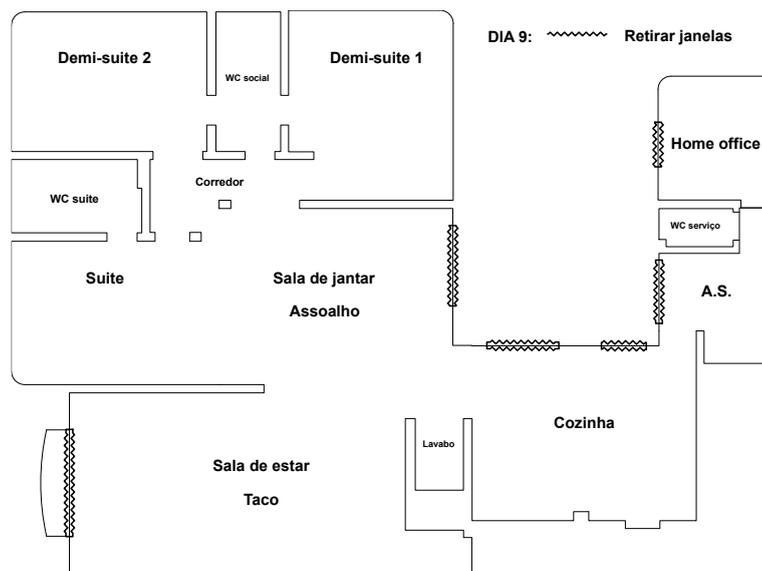


Figura 11 - Mapa de produção dia 04



CALCULO RUP

Para o cálculo do indicador de produtividade de mão de obra, a Razão Unitária de Produção (RUP), o esforço ou recurso utilizado é o Homens-hora despendidos (Hh) e o produto ou resultado é a quantidade de serviço realizado (QS)., foi apresentado pelo gestor da obra a atividade de retirada de esquadrias metálicas serviços estes que foram executados no dia da visita a obra.

Os serviços acompanhados tiveram como mão de obra serralheiros, que executaram a retirada de um total de 6 unidades de esquadrias cuja as medidas totalizaram 15,40 m² e a mão de obra empregada foram de dois profissionais e o mesmos levaram para executar os serviços hora apresentados um dia (8hrs), desta forma segue o resultado do cálculo RUP desta atividade chegamos a seguinte composição:

2 serralheiros, levam 1 dia (8 horas por dia) para executar os 15,40m² de retirada de esquadrias, teremos:

$$Hh = 2 \text{ trabalhadores} \times 1 \text{ dias} \times 8 \text{ horas/dia} = 16 \text{ Homens-hora}$$

Dessa forma, a RUP será de 0,9625 h/m².

Esse valor pode ser usado para planejar novas frentes de trabalho, ajustar o cronograma ou mesmo revisar as composições de custos de orçamento. A RUP também serve como referência para negociar metas de produção com as equipes de obra.

CONCLUSÃO

Na Construção Civil, dentro e fora dos canteiros de obra, precisamos focar nas gestões de custos, prazos, orçamentária, de sistema de qualidade total e pelo uso de métodos adequados.

O gestor de canteiro de obra, ou do setor de construção deve ter conhecimento global. Saberes administrativos, de liderança de pessoas, contábeis, financeiros, de prazos, logísticos e de produção são essenciais quando se pensa em obter resultados.

Com a qualidade total e racionalização para melhoria da produção. No que se refere a melhoria na qualidade e no trabalho, portanto, a qualidade é importante para a produção, diminuição de custos e lucratividade.

Planejamento e Controle de Produção, Mapa de fluxo de valor, Layout do canteiro ou arranjo físico, pacotes de trabalho e melhoria de atividades de trabalho, controle visual do processo, nivelamento da produção, operador polivalente e auto controle.

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE OBRAS NA ENGENHARIA CIVIL: ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E PRODUTIVIDADE EM CANTEIRO DE OBRAS

Adilson José Alves
Leandro Ferreira de Castro
Prof. Vilson Gomes da Assunção Júnior

184

INTRODUÇÃO

A gestão de obras é um componente fundamental da engenharia civil, garantindo o cumprimento de prazos, custos e padrões de qualidade. A figura do engenheiro como gestor é indispensável para o sucesso dos empreendimentos, sendo responsável pela coordenação de equipes, controle de recursos e tomada de decisões estratégicas no canteiro de obras. Segundo Chiavenato (2014). “O sucesso na gestão de empreendimentos depende da habilidade de integrar pessoas, processos e recursos em prol de um objetivo comum, o que se aplica diretamente ao contexto das obras civis.” Este trabalho visa analisar a aplicação de uma ferramenta de gestão em um canteiro e avaliar a produtividade de um serviço executado.

DADOS DA OBRA VISITADA

- Endereço/Localização: Rua Seei Higa, SN quadra 02, data 05, Jardim ouro verde Rolândia/PR cep: 86605-338
- Tipo da obra: Residencial (80m²)
- Engenheiro gestor responsável: Engenheiro Civil Rodrigo Emanuel Rodrigues – CREA-PR 145275/D
- Data e hora da visita: 10/06/2025 – 09h00
- Responsável que recebeu os alunos: Elias Lopes (mestre de obras)



Fonte: Foto feita pelo próprio autor

FERRAMENTA DE GESTÃO OBSERVADA

Como a obra não tinha um cronograma financeiro, sugerimos e desenvolvemos um no Excel, foi instruído como alimentar o cronograma de acordo com o desenvolvimento da obra.

O cronograma relaciona as atividades programadas ao longo do tempo com os desembolsos previstos, permitindo o acompanhamento simultâneo do progresso físico e dos custos da obra. Na prática, o gestor utiliza o cronograma para ajustar os recursos e priorizar atividades críticas.

CRONOGRAMA FINANCEIRO DA OBRA

Atividade	Equipe	Tempo (dias)	Horas/dia	Homens-hora (Hh)	Área executada (m ²)	RUP (Hh/m ²)	Custo Planejado (R\$)	Custo Realizado (R\$)	% Concluído
Assentamento de Tijolos (14x19x39 cm)	2 pedreiros + 1 servente	2	8	48	40	1,2	3.200	3.500	50%
Reboco interno paredes	2 pedreiros + 1 servente	1,5	8	36	30	1,2	2.400	2.600	40%
Contrapiso	2 pedreiros + 1 servente	1	8	24	20	1,2	1.600	1.700	20%

AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE

Serviço avaliado: Assentamento de Tijolos (14x19x39 cm)

- Equipe: 2 pedreiros + 1 servente
- Tempo cronometrado: 2 dias (8 horas/dia)
- Homens-hora (Hh):
- $(2 \text{ pedreiros} + 1 \text{ servente}) \times 2 \text{ dias} \times 8 \text{ h/dia} = 48 \text{ Hh}$

Quantidade de serviço realizado: 40 m²

Cálculo da RUP:

$$\text{RUP} = 48 / 40 = 1,2 \text{ Hh/m}^2$$

Serviço avaliado: Reboco interno das paredes

- Equipe: 2 pedreiros + 1 servente
- Tempo: 1,5 dias
- Horas/dia: 8
- $\text{Hh} = (2 + 1) \times 1,5 \times 8 = 36 \text{ Hh}$

Quantidade de serviço realizado: 30 m²

Cálculo da RUP:

$$\text{RUP} = 36/30 = 1,2 \text{ Hh/m}^2$$

Serviço avaliado: Contrapiso

- Equipe: 2 pedreiros + 1 servente
- Tempo: 1 dia
- Horas/dia: 8

- $Hh = (2 + 1) \times 1 \times 8 = 24 \text{ Hh}$
Quantidade de serviço realizado: 20 m^2
Cálculo da RUP:
 $RUP = 24/20 = 1,2 \text{ Hh/m}^2$

ANÁLISE CRÍTICA

O acompanhamento da produtividade na obra permitiu calcular a Razão Unitária de Produção (RUP) de três serviços distintos. Os resultados obtidos e suas respectivas análises críticas.

ASSENTAMENTO DE TIJOLOS (14x19x39 CM)

O serviço apresentou uma RUP de $1,2 \text{ Hh/m}^2$, valor acima do referencial esperado, que varia entre $0,9$ e $1,0 \text{ Hh/m}^2$ para este tipo de serviço. Esse resultado indica uma produtividade inferior ao padrão de mercado. Possíveis causas para tal desempenho incluem: dificuldade de acesso ao local de trabalho, atrasos no fornecimento de tijolos e argamassa, falhas no alinhamento prévio das paredes e limitada experiência da equipe executora.

RECOMENDAÇÕES PARA MELHORAR

- Ajustar o plano de suprimentos e integração com o setor de compras.
- O planejamento e controle com cronograma físico-financeiro, utilizando softwares como MS Project, Excel ou aplicativos com integração BIM 4D, permite o acompanhamento sistemático das atividades da obra.
- Implantar fichas de verificação de serviço.
- Aumentar a supervisão técnica nas frentes de alvenaria.

REBOCO INTERNO DAS PAREDES

O reboco das paredes internas também apresentou uma RUP de $1,2 \text{ Hh/m}^2$, superior ao valor esperado, que geralmente se encontra entre $1,0$ e $1,1 \text{ Hh/m}^2$. Esse dado evidencia que a produtividade esteve aquém do ideal. Entre os fatores que

podem ter contribuído para essa diferença estão interrupções durante a execução do serviço, preparo inadequado das superfícies a serem rebocadas e necessidade de retrabalho em áreas com falhas ou defeitos.

RECOMENDAÇÕES PARA MELHORAR

- Estabelecer trabalho contínuo das atividades por ambiente.
- Utilizar cronogramas físicos por equipe (quadro Kanban ou mapa de áreas).
- Avaliar a viabilidade de utilizar desempenadeiras mecânicas.

188

CONTRAPISO

Para o contrapiso, a RUP obtida foi de 1,2 Hh/m², valor acima do padrão referencial de 1,0 Hh/m². A produtividade abaixo do ideal pode ter sido consequência de condições do terreno que demandaram nivelamento adicional, tempo de espera por materiais (como cimento e areia) e o período de adaptação da equipe ao ritmo da obra no momento da execução.

RECOMENDAÇÕES PARA MELHORAR:

- Realizar um checklist prévio de base e marcação de mestras.
- A adoção de ferramentas de medição e levantamento eletrônico, como níveis a laser.
- Aumentar a integração com o setor de compras para garantir materiais com antecedência.
- Inserir acompanhamento diário de rendimento por área executada.

CONCLUSÃO

A visita ao canteiro de obras permitiu avaliar a aplicação prática de uma ferramenta de gestão e a produtividade de um serviço executado. De acordo com Santos e Medeiros (2020). “O uso de ferramentas como o cronograma físico-financeiro e a Curva S não apenas facilita o controle da obra, mas também serve como instrumento estratégico na tomada de decisões no canteiro.”

O cronograma físico-financeiro mostrou-se eficaz como ferramenta de planejamento e controle, apesar da necessidade de ajustes na comunicação entre setores, o que aponta oportunidades para melhorias no processo, como otimização logística e reforço no treinamento da equipe.

REFERÊNCIAS

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SANTOS, A.; MEDEIROS, R. **Gestão de obras: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2020.

FERRAMENTAS DE GESTÃO E PRODUTIVIDADE: VISITA AO CANTEIRO DE OBRAS

Carlos Daniel Saraiva de Lima
Prof. Vilson Gomes da Assunção Júnior

Nome do engenheiro responsável: Luis Fernando Ferreira Gomes

Número do CREA: PR-215980/D

Endereço/Localização: Sabáudia/ PR

Tipo de obra: Rede Coletora de Água

Data da visita: 27/06/2025

Nome de quem recebeu a equipe: Carlos Daniel Saraiva de Lima (eu - mestre de obra)

Fotos da obra e dos alunos na obra:





Identificação e Avaliação de uma Ferramenta de Gestão

Ferramenta observada: Cronograma Físico-Financeiro

TABELA DE MEDIÇÃO E FATURAMENTO					PREÇO DE VENDA
ITEM	UNIDADES CONSTRUTIVAS	FASES EXECUTIVAS	MEDIÇÃO da U.C. em relação ao Preço Global Proposto em %	MEDIÇÃO das fases executivas em relação a Unidade Construtiva em %	
1	CANTEIRO DE OBRAS (CONSTRUÇÃO)		2.09%		R\$ 88,346.18
1.1		Construção do canteiro		80.00%	R\$ 70,676.94
1.2		Desmobilização e devolução da área limpa e desimpedida		20.00%	R\$ 17,669.24
		TOTAL		100.00%	
2	CANTEIRO DE OBRAS (ADMINISTRAÇÃO)		4.47%		R\$ 188,950.92
2.1		Administração Local da Obra		Conforme Anexo A	R\$ 188,950.92
		TOTAL		100.00%	
3	OPERACIONALIZAÇÃO DO POÇO P-08		4.04%		R\$ 170,774.44
3.1		Serviços técnicos, preliminares e limpeza de obra		10.36%	R\$ 17,692.23
3.2		Movimentação de Solos, Esgotamento e Contenção		4.01%	R\$ 6,848.05
3.3		Fundação e Estruturas		2.65%	R\$ 4,525.52
3.4		Assentamento e Instalações de Produção, incluindo Revestimento e Tratamento de Superfícies		5.01%	R\$ 8,555.80
3.5		Pavimentação		19.36%	R\$ 33,061.93
3.6		Urbanização		14.13%	R\$ 24,130.43
3.7		Fornecimento de materiais		40.03%	R\$ 68,361.01
3.8		Testes operacionais		4.45%	R\$ 7,599.46
		TOTAL		100.00%	
4	ADUTORA DE ÁGUA BRUTA AAB-06		22.83%		R\$ 965,044.65
4.1		Assentamento de 1.980,42 metros da Adutora de Água Bruta AAB-06		90.00%	R\$ 868,540.18
4.2		Cadastrros		5.00%	R\$ 48,252.23
4.3		Testes		5.00%	R\$ 48,252.23
		TOTAL		100.00%	
5	SUBSTITUIÇÃO DO CMB DA EEB-05		1.02%	31.20%	R\$ 43,116.32
5.1		Execução da Substituição do CMB da EEB-05, incluindo AS-Built		31.20%	R\$ 13,452.29
5.2		Materiais e equipamentos		58.48%	R\$ 25,214.42
5.3		Testes operacionais		10.32%	R\$ 4,449.60
		TOTAL		100.00%	
6	INTERLIGAÇÕES NO CENTRO DE RESERVAÇÃO		13.56%	90.00%	R\$ 573,193.40
6.1		1ª Fase		20.27%	R\$ 116,186.30
6.2		2ª Fase		11.36%	R\$ 65,114.77
6.3		3ª Fase		2.98%	R\$ 17,081.16
6.4		4ª Fase		39.60%	R\$ 226,984.59
6.5		5ª Fase		15.79%	R\$ 90,507.24
6.6		Testes operacionais		5.00%	R\$ 28,659.67
6.7		Cadastro / As-Built		5.00%	R\$ 28,659.67
		TOTAL		100.00%	
7	URBANIZAÇÃO DO CENTRO DE RESERVAÇÃO		0.60%		R\$ 25,362.54
7.1		Execução de Urbanização conforme projetos		100.00%	R\$ 25,362.54
		TOTAL		100.00%	
8	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EET-02		4.98%		R\$ 210,509.08

8.1		Serviços técnicos e preliminares, Movimentação de Solos, Revestimento e Tratamento de Superfícies		8.07%	R\$ 16,988.08
8.2		Assentamento e Instalações de Produção		8.66%	R\$ 18,230.09
8.3		Fornecimento de materiais		74.94%	R\$ 157,755.51
8.4		Testes operacionais		8.33%	R\$ 17,535.41
		TOTAL		100.00%	
9	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EET-03		3.18%		R\$ 134,421.46
9.1		Serviços técnicos e preliminares, Movimentação de Solos, Revestimento e Tratamento de Superfícies		5.09%	R\$ 6,842.05
9.2		Assentamento e Instalações de Produção		12.77%	R\$ 17,165.62
		Fornecimento de materiais		73.93%	R\$ 99,377.79
		Testes operacionais		8.21%	R\$ 11,036.00
		TOTAL		100.00%	
10	ADUTORA DE ÁGUA TRATADA AAT-01		16.54%		R\$ 699,160.69
10.1		Assentamento de 2.214,75 metros da Adutora de Água Tratada AAT-01		90.00%	R\$ 629,244.62
10.2		Cadastrros		5.00%	R\$ 34,958.03
10.3		Testes		5.00%	R\$ 34,958.03
		TOTAL		100.00%	
11	RESERVATÓRIO ELEVADO REL-03		4.82%		R\$ 203,745.74
11.1		Movimento de solos, Assentamento e Instalações de Produção, Revestimento e tratamento de superfícies, com exceção da instalação do REL		11.14%	R\$ 22,697.28
11.2		Instalação do REL, incluindo o Transporte, içamento e materiais e insumos que para a fixação definitiva na estrutura de concreto. Inclui também a pintura do fuste de concreto		8.24%	R\$ 16,788.65
11.3		Pavimentação		13.34%	R\$ 27,179.68
11.4		Urbanização		20.00%	R\$ 40,749.15
11.5		Fornecimento de materiais, incluindo guarda corpo		42.55%	R\$ 86,693.81
11.6		Testes operacionais		4.73%	R\$ 9,637.17
		TOTAL		100.00%	
12	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		21.87%		R\$ 924,464.58
12.1	(ÁREA 02 - 1ª ETAPA - CR) FORNECIMENTO DE PAINÉIS			30.66%	R\$ 283,440.84
12.2	(ÁREA 02 - 1ª ETAPA - CR) ENTRADA DE ENERGIA, EXECUÇÃO DO ABRIGO DE QUADROS, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DOS INVERSORES, RAMAIS ALIMENTADORES DE FORÇA, RAMAIS DE SINAIS, RAMAIS DE INTERLIGAÇÕES, REALIMENTAÇÃO DO QDL01, SINAIS DE PROTEÇÃO DOS CMBs, REALIMENTAÇÃO DAS DOSADORAS EXISTENTES, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SENSOR HIDROSTÁTICO, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SENSOR DE PRESSÃO, RAMAIS DE SINAIS PARA OS MEDIDORES DE VAZÃO, REALIMENTAÇÃO DAS TOMADAS E ILUMINAÇÃO INTERNA DA CASA DE QUÍMICA EXISTENTE, ILUMINAÇÃO INTERNA DO ABRIGO DE PAINÉIS, RAMAL DE SINALIZAÇÃO DO REL02, ILUMINAÇÃO EXTERNA, MALHA DE ATERRAMENTO, DESATIVAÇÕES, CAIXAS DE PASSAGEM, SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS.			27.79%	R\$ 256,908.71
12.3	(ÁREA 02 - 2ª ETAPA - CR) ILUMINAÇÃO E TOMADAS DA CASA DE QUÍMICA, RAMAL DE ALIMENTAÇÃO DAS DOSADORAS, RAMAL DE COMANDO DAS DOSADORAS, RAMAL DE COMANDO DOS NÍVEIS DOS RESERVATÓRIOS, RAMAL DE COMANDO DAS VÁLVULAS SOLENÓIDES, ATERRAMENTO E DESATIVAÇÕES.			3.28%	R\$ 30,322.44

12.4	(ÁREA 02 - 3ª ETAPA - CR) ALTERAÇÕES DE PAINÉIS, PROTEÇÃO DE NÍVEL DO RAP, SINAL DE PRESENÇA DE ÁGUA, SINAIS PARA MEIDDORE DE VAZÃO 02FE01, 02FE02 e 02FE03, CAIXAS DE PASSAGEM E DESATIVAÇÕES.	2.58%	R\$ 23,851.19
12.5	(ÁREA 03 - EEB03) ALTERAÇÕES DE PAINÉIS E SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS.	1.41%	R\$ 13,034.95
12.6	(ÁREA 04 - EEB05) - RAMAIS ALIMENTADORES DE FORÇA E SINAIS, ALTERAÇÕES EM PAINÉIS, RADIO COMUNICAÇÃO, DESATIVAÇÕES E SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS.	2.44%	R\$ 22,556.94
12.7	(ÁREA 06 - CSB08) FORNECIMENTO DE PAINÉIS, POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 75KVA, RAMAIS ALIMENTADORES DE FORÇA E SINAIS, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE SONDA E ELETRODOS DE NÍVEIS NO POÇO, EXECUÇÃO DO ABRIGO DE QUADROS, ILUMINAÇÃO INTERNA DO ABRIGO DE QUADROS, ILUMINAÇÃO EXTERNA, RÁDIO ENLACE, SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS.	22.73%	R\$ 210,130.80
12.8	(ÁREA 07 - REL03) FORNECIMENTO DE PAINÉIS, ENTRADA DE ENERGIA, RAMAIS ALIMENTADORES DE FORÇA E SINAIS, RAMAL ALIMENTADOR DO SINALIZADOR AÉREO, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SENSOR TIPO RADAR, RÁDIO ENLACE, CAIXAS DE PASSAGEM, ILUMINAÇÃO EXTERNA, MALHA DE ATERRAMENTO, SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS, E SERVIÇOS ESPECIALIZADOS COMUM A TODAS ÁREAS.	9.11%	R\$ 84,218.72
TOTALGERAL		100.00%	R\$ 4,227,090.00

ANEXO I - CRONOGRAMA FÍSICO - SABÁUDIA LC 456-24

DESCRIÇÃO	PERÍODO	M E S E S												%	R\$ 4.22		
		MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12				
		30 junho-25	60 julho-25	90 agosto-25	120 setembro-25	150 outubro-25	180 novembro-25	210 dezembro-25	240 janeiro-26	270 fevereiro-26	300 março-26	330 abr-26	360 maio-26				
CANTEIRO DE OBRAS (CONSTRUÇÃO)	Período	7.27%	14.55%	21.82%	29.09%	36.36%	43.64%	50.91%	58.18%	65.45%	72.73%	80.00%	87.27%	94.55%	100.00%	2.09%	R\$ 88
CANTEIRO DE OBRAS (ADMINISTRAÇÃO)	Período	0.16%	0.32%	0.48%	0.64%	0.80%	0.96%	1.12%	1.28%	1.44%	1.60%	1.76%	1.92%	2.08%	2.24%	2.40%	R\$ 18
OPERACIONALIZAÇÃO DO POÇO P-08	Período	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.04%	R\$ 17
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA AAB-06	Período	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	45.00%	50.00%	55.00%	60.00%	R\$ 90
SUBSTITUIÇÃO DO CMB DA EEB-05	Período	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.02%	R\$ 43
INTERLIGAÇÕES NO CENTRO DE RESERVAÇÃO	Período	0.00%	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%	13.56%	R\$ 57
URBANIZAÇÃO DO CENTRO DE RESERVAÇÃO	Período	0.00%	0.00%	0.00%	30.00%	60.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.60%	R\$ 25
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EET-02	Período	0.00%	30.00%	60.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	4.98%	R\$ 21
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EET-03	Período	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.18%	R\$ 13
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA AAT-01	Período	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	45.00%	50.00%	55.00%	60.00%	R\$ 69
RESERVATÓRIO ELEVADO REL-03	Período	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	4.82%	R\$ 20
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Período	0.00%	0.00%	10.00%	20.00%	30.00%	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%	90.00%	100.00%	100.00%	100.00%	21.87%	R\$ 92

le Maio de 2025.

ANEXO II - CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO - SABÁUDIA LC 456-24

DESCRIÇÃO	PERÍODO	M E S E S												%	R\$ 4.22		
		MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12				
		30 junho-25	60 julho-25	90 agosto-25	120 setembro-25	150 outubro-25	180 novembro-25	210 dezembro-25	240 janeiro-26	270 fevereiro-26	300 março-26	330 abr-26	360 maio-26				
OBRAS (CONSTRUÇÃO)	Período	6.425.18	12.850.35	19.275.52	25.700.69	32.125.86	38.551.03	44.976.20	51.401.37	57.826.54	64.251.71	70.676.88	77.102.05	83.527.22	89.952.39	96.377.56	R\$ 88
OBRAS (ADMINISTRAÇÃO)	Período	300.64	601.28	902.56	1203.84	1505.12	1806.40	2107.68	2408.96	2710.24	3011.52	3312.80	3614.08	3915.36	4216.64	4517.92	R\$ 18
OPERACIONALIZAÇÃO DO POÇO P-08	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 17
ADUTORA DE ÁGUA BRUTA AAB-06	Período	-	-	-	48.352.23	96.704.46	145.056.69	193.408.92	241.761.15	290.113.38	338.465.61	386.817.84	435.170.07	483.522.30	531.874.53	580.226.76	R\$ 90
SUBSTITUIÇÃO DO CMB DA EEB-05	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 43
ACÕES NO CENTRO DE RESERVAÇÃO	Período	-	-	-	57.319.34	114.638.68	171.958.02	229.277.36	286.596.70	343.916.04	401.235.38	458.554.72	515.874.06	573.193.40	630.512.74	687.832.08	R\$ 57
URBANIZAÇÃO DO CENTRO DE RESERVAÇÃO	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 25
EST. ELEVATÓRIA EET-02	Período	-	-	-	63.152.72	126.305.44	189.458.16	252.610.88	315.763.60	378.916.32	442.069.04	505.221.76	568.374.48	631.527.20	694.679.92	757.832.64	R\$ 21
EST. ELEVATÓRIA EET-03	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 13
ADUTORA DE ÁGUA TRATADA AAT-01	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 69
RESERVATÓRIO ELEVADO REL-03	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 20
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 92

Descrição da ferramenta: O cronograma físico-financeiro é uma ferramenta de planejamento que relaciona as atividades previstas em uma obra ao tempo necessário para sua execução e ao custo estimado de cada etapa. Ele permite o

acompanhamento da evolução física e financeira da obra, possibilitando ajustes quando houver desvios.

Aplicação prática na obra visitada: Na obra visitada, a ferramenta é utilizada em uma planilha integrada ao sistema, onde cada etapa da obra tem metas físicas mensais e valores previstos. O engenheiro e o mestre de obras analisam mensalmente o desempenho, ajustando prazos ou alocando recursos conforme necessidade.

Avaliação crítica: A utilização do cronograma mostrou-se eficaz, permitindo controle claro dos avanços da obra. Porém, há limitações na atualização de dados em tempo real, o que poderia ser solucionado com a adoção de aplicativos de campo que integrem diretamente ao sistema de gestão.

Avaliação de Produtividade – Cálculo da RUP (Razão Unitária de Produção)

Serviço escolhido: Assentamento da Adutora

Quantidade executada: 1100 metros

Tempo medido: 5 dias (9h/dia)

Equipe: 5 trabalhadores

Cálculo:

- Horas-homem (Hh): 5 trabalhadores × 5 dias × 9h = 225 Hh
- Quantidade de serviço (QS): 1100 m
- RUP: $RUP = QS / Hh = 1100 / 225 \approx 4,89$ m/hh

Avaliação Crítica do Resultado da Produtividade

Comparação com referencial (SINAPI): Segundo a tabela SINAPI (2025), o rendimento referencial para o assentamento de adutora é de aproximadamente 3,5 m/hh (metro por hora-homem).

Análise crítica: A produtividade obtida (4,89 m/hh) foi superior ao índice referencial. Esse resultado pode estar relacionado à boa organização da equipe, à ausência de interferências externas durante a execução do serviço e à eficiência na logística de fornecimento e preparo dos materiais.

No entanto, é importante destacar que esse desempenho pode variar de acordo com fatores como condições climáticas, grau de experiência dos trabalhadores, tipo de solo, profundidade da vala e distância de transporte das tubulações

CONCLUSÃO

A atividade permitiu compreender na prática como ferramentas de gestão impactam positivamente no controle e desempenho da obra. A aplicação do cronograma físico-financeiro, associada à medição da RUP, evidenciou como o acompanhamento técnico aliado a indicadores pode melhorar a eficiência e prever problemas. A experiência de campo reforça a importância do papel do engenheiro como gestor, e não apenas técnico.

PESQUISA ANALÍTICA DA RUP E GERENCIAMENTO DE OBRAS

Elizeu Correia da Silva
Prof. Vilson Gomes da Assunção Júnior

1 INTRODUÇÃO

A gestão de obras na construção civil é um dos principais pilares para o sucesso de um empreendimento, envolvendo o planejamento, execução, controle e monitoramento das atividades. O uso de ferramentas de gestão e o acompanhamento da produtividade são indispensáveis para garantir que a obra siga conforme o cronograma, dentro do orçamento e com a qualidade esperada. Este relatório tem como objetivo apresentar uma análise prática de gestão e produtividade em um canteiro de obras real, por meio da coleta de dados e observações in loco.

196

2 IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

- Proprietário da obra: Luis Felipe de Silos Ferraz Mayrink Goes
- Localização: Q.07 L.14 - Sun Lake Residence - Londrina - PR
- Responsável técnico: Eng. Civil Fábio R. Galhard - CREA 50.603/D-PR
- Data da medição: 01/07/2025

Figura 1 - Foto na Obra



3 FERRAMENTA DE GESTÃO IDENTIFICADA

Durante a visita, observou-se que a obra não utiliza nenhuma ferramenta formal de gestão visual ou digital. O acompanhamento das atividades é realizado apenas por meio de comunicação verbal entre o mestre de obras e os trabalhadores.

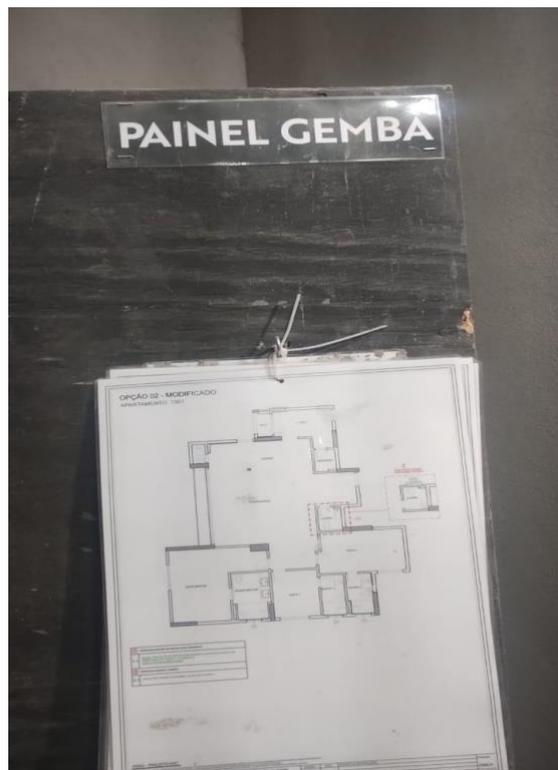
Como proposta de melhoria, sugere-se a adoção do Painel Gemba no canteiro. Essa ferramenta visual permite que todos os colaboradores tenham acesso diário às metas, etapas de serviços, responsáveis e status de execução (usando cores como verde, amarelo e vermelho). O painel pode ser afixado em local visível e atualizado pelo mestre ou engenheiro responsável, promovendo maior organização, clareza e engajamento da equipe com os objetivos da obra.

Exemplo de painel GEMBA:

Figura 2 - Painel GEMBA



Figura 3 - Ex. de Informação no painel



Serviço 1: Aplicação de Massa Corrida desde a mistura da massa por misturador mecânico e aplicação com rolo de textura e desempenadeira de aço.

Figura 4 - Diluição da massa PVA



Figura 6 - Aplicação da massa pva c/ rolo



Figura 5 - Parede a ser cronometrada



Figura 7 - Alisamento da massa



Área executada: 6,23 m²

Tempo: 15 minutos e 14 segundos

Conversão de tempo: 15 minutos + 14 segundos = 15,2333 minutos = 0,2539 horas

Cálculo: $RUP = Hh / \text{Área} = 0,2539 \text{ h} / 6,23 \text{ m}^2 = 0,0407 \text{ h/m}^2$

Serviço 2: Lixamento Mecânico da Massa Corrida

Figura 2 - Lixamento mecânico(girafa)



Área executada: 13,25 m²

Tempo: 4 minutos e 42 segundos

Conversão de tempo: 4 minutos + 42 segundos = 4,7 minutos = 0,0783 horas

Cálculo: RUP = Hh / Área = 0,0783 h / 13,25 m² ≈ **0,0059 h/m²**

RUP Combinada (Aplicação + Lixamento):

Tempo total: 0,2539 h + 0,0783 h = 0,3322 h

Área total: 6,23 + 13,25 = 19,48 m²

Cálculo combinado: RUP = 0,3322 h / 19,48 m² = 0,0171 h/m

Referência SINAPI (jul/2025)

Serviço: Aplicação e lixamento de massa corrida/látex – 1 demão

Código aproximado: 7.05.01.21

RUP analítica de referência: 0,234 h/m²

Comparativo Analítico:

Serviço	Aplicação + lixamento
RUP Medido	0,0171 h/m ²
RUP Analítico	0,234 h/m ² .
Desvio	5 vezes mais eficiente

201

5 AVALIAÇÃO CRÍTICA DA PRODUTIVIDADE

Comparando com a referência do SINAPI (julho/2025) para aplicação manual de massa corrida (código 7.05.01.21), a produtividade referencial gira em torno de 0,060 h/m². O valor obtido na obra para aplicação foi de 0,0408 h/m², indicando uma produtividade superior à média nacional. Isso pode ser explicado pelo uso racional dos materiais e a boa preparação do ambiente de trabalho, e a aplicação da massa utilizando rolo de textura e desempenadeira ao invés de aplicar somente com desempenadeira de aço.

Já o lixamento mecânico apresentou uma produtividade muito alta (0,0059 h/m²), reforçando a vantagem do uso de equipamentos específicos. A mecanização neste serviço mostra grande impacto na eficiência, reduzindo o esforço manual e o tempo de execução. É recomendável a continuidade do uso de ferramentas mecanizadas neste tipo de serviço.

6 CONCLUSÃO

A análise de RUP ao canteiro de obras permitiu observar de forma prática a importância da gestão eficiente dos serviços e o monitoramento da produtividade. Os resultados obtidos mostram que, mesmo sem o uso de softwares sofisticados, é possível manter boa organização e alto rendimento, desde que haja supervisão ativa e uso adequado de equipamentos. A introdução de métodos como o Last Planner System poderia potencializar ainda mais os resultados. A análise da RUP comprova a eficácia da equipe e reforça o papel do engenheiro gestor como peça-chave no controle de qualidade, custo e prazo da obra.

REFERÊNCIAS

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Manual de boas práticas em gestão da produção de obras. 1. ed. Brasília: CBIC, 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/publicacoes>. Acesso em: 03 jul. 2025.

ATIVIDADE INTEGRADORA

FERRAMENTAS DE GESTÃO DE OBRAS E PRODUTIVIDADE

Igor Peixoto Teixeira de Araujo
Prof. Vilson Gomes da Assunção Júnior

1 INTRODUÇÃO

203

Foi levantado a avaliação das práticas de gestão e produtividade de uma obra, localizada no Paraná, tendo como avaliação o acabamento da obra. Acompanhando a responsável pela obra, a arquiteta Sabrina Lemos, é comparado o desempenho real, conferido durante a visita a obra, com os índices de referência do SINAPI. Portanto, foi utilizada uma composição de custo padrão como base para a análise comparativa, com o intuito de identificar possíveis melhorias no processo e na gestão da obra.

Dados da visita Técnica:

Endereço da Obra: R Ayrton Senna da Silva, 200 – Andar Térreo Torre II Gleba
Fazenda Palhano – Londrina/PR – 86050-460

Tipo de Obra: Reforma Geral

Arquiteto(a)/Engenheiro(a) Responsável: Sabrina Lemos

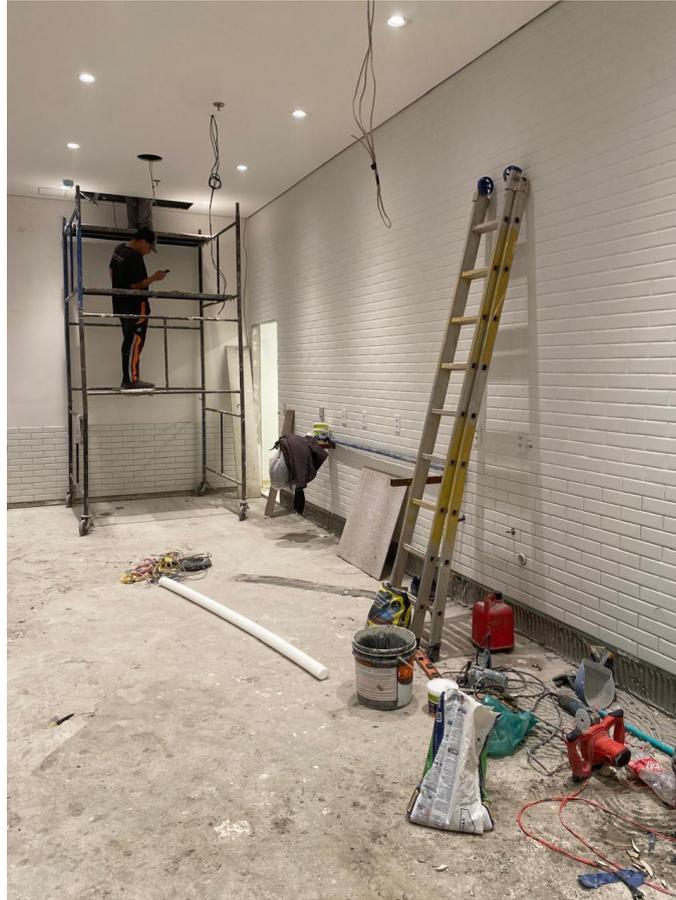
CREA/CAU: A404926

Data da Visita: 03/07/2025

Hora da Visita: 19:00 ~ 20:00

Recebido(a) por: Sabrina Lemos

Figura 01



Fonte: Autor (2025)

Figura 02



Fonte: Autor (2025)

Figura 03



Fonte: Autor (2025)

Figura 04



Fonte: Autor (2025)

Figura 05



Fonte: Autor (2025)

2 FERRAMENTAS DE GESTÃO

Durante a visita foi constatado o uso de um cronograma em formato digital, no caso “PDF” como ferramenta para o planejamento e controle, sendo esse documento compartilhado entre os engenheiros, arquitetos e outros encarregados, os quais acessam o mesmo principalmente através de celulares ou outros dispositivos eletrônicos, com o intuito de acompanhar as atividades e manter o controle da obra. O controle através do cronograma se mostrou em partes efetivo, levando em consideração estarem seguindo o mesmo, porém, foi constatado um atraso do qual se viu necessário o auxílio de outros trabalhadores, podendo gerar um atraso em outras partes da obra.

Figura 06



Fonte: Autor (2025)

A análise levantada de produtividade focou em um serviço de revestimento interno, cujo escopo foi a execução de 148 m² de gesso no teto, utilizando uma equipe de 5 trabalhadores com a duração total de 3 dias, com uma jornada aproximada de 8 horas por dia.

Figura 07



Fonte: Autor (2025)

Figura 08



Fonte: Autor (2025)

Figura 09



Fonte: Autor (2025)

3 CARACTERIZAÇÃO E RESULTADOS

Para a análise de desempenho, os dados de referência foram encontrados na SINAPI: "APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM TETO DE AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 10M², ESPESSURA DE 0,5CM".

Para o cálculo da RUP, primeiramente foi determinado as Horas-Homem (Hh):

$$Hh = 5 \text{ trabalhadores} \times 3 \text{ dias} \times 8 \text{ horas/dia} = 120Hh$$

Então foi calculado a Razão Unitária de Produção (RUP) da obra:

$$RUP = 120 \text{ Hh}/148\text{m}^2 = 0,81 \text{ h/m}^2$$

O cálculo da RUP Referencial foi baseado nos coeficientes da composição SINAPI 87411:

$$RUP = (\text{Coef. Gesseiro}) + (\text{Coef. Servente}) \\ 0,33424 \text{ h/m}^2 = 0,25385 \text{ h/m}^2 + 0,08039 \text{ h/m}^2$$

4 CONCLUSÃO

A análise levantada revelou uma grande diferença entre a produtividade observada na obra e o índice de referência do SINAPI, revelando uma ineficiência significativa no trabalho exercido, pois foi observado que o desempenho da equipe, sendo esse de 0,81 h/m², foi bem maior que o padrão SINAPI de 0,33 h/m². Esta diferença impacta o custo da mão de obra e por mais que o cronograma estivesse atendendo em uma parte significativa, também afeta diretamente esse cronograma do projeto. As possíveis causas para uma diferença como a mesma, podem ser diversas, como a divergência entre o escopo e a referência da SINAPI, pois a aplicação pode ter seguido diferente dos 0,5cm em partes da obra, assim como pode ser por conta da supervisão ou outros motivos, porém a avaliação levantada em obra indica ser baixa produtividade, pois mesmo conseguindo acompanhar o cronograma, a medição da RUP como ferramenta de diagnóstico expôs uma falha na produtividade.

REFERÊNCIAS

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI - Caderno Técnico de Composições: Gesso**. Acesso em: 04 jul. 2025.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sinapi>. Acesso em: 04 jul. 2025.

FERRAMENTAS DE GESTÃO DE OBRAS E PRODUTIVIDADE

Luiz Guilherme de Souza
Prof. Vilson Gomes da Assunção Júnior

DADOS BÁSICOS DA OBRA

Endereço / Localização: Chácara no condomínio Morada da Lua, Estrada Velha da Warta, s/n – Zona rural

Tipo de obra: Construção de muro de divisa em chácara de 1500 m²

Data e hora da visita: 04/07/2025 às 11:00

Nome completo de quem recebeu o aluno:

Celso Machado – Mestre de obras e responsável direto pela execução

Responsável técnico:

Não há engenheiro responsável técnico registrado na obra.

Durante a visita, foi feita uma orientação verbal ao responsável sobre os benefícios técnicos e legais de se contratar um engenheiro civil habilitado (CREA) para acompanhamento técnico da construção.



Ferramenta de gestão observada

Na obra visitada, não foi observada a utilização direta de ferramentas formais de gestão como cronogramas, Kanban ou softwares específicos. Diante disso, foi proposta a aplicação do *Planejamento Semanal (Last Planner System)*, adaptado à escala da obra.

O que é o Last Planner System (LPS)?

É uma ferramenta da filosofia Lean Construction, que busca aumentar a confiabilidade e produtividade por meio do planejamento colaborativo de curto prazo, geralmente semanal, envolvendo os executores da obra no processo decisório.

Como funcionaria essa ferramenta no canteiro visitado?

No caso do muro, o planejamento semanal poderia:

Definir metas diárias de metragem construída.

Organizar entregas de materiais para cada frente de serviço.

Planejar etapas (fundação, alvenaria, reboco etc.) com antecedência.

Incluir controles visuais simples (como quadros brancos com metas por dia).

Avaliação crítica da ferramenta na obra visitada:

Sua aplicação poderia melhorar a previsibilidade da produção e reduzir desperdícios, já que a obra não possui cronograma fixado nem planejamento por escrito. A simplicidade do sistema e a escala reduzida da obra favorecem a adoção imediata, com baixo custo.

Cálculo da produtividade – rup

Serviço observado:

Durante a visita, observei o assentamento de uma fiada de tijolos em um trecho de 3 metros lineares de muro onde foram coletados os seguintes dados.

Tempo gasto: 3 minutos

Tijolos assentados: 15 tijolos

Mão de obra envolvida: 2 pedreiros

Cálculo de Horas-Homem (Hh):

$$Hh = 2 \text{ trabalhadores} \times (3 \text{ minutos} \div 60) = 2 \times 0,05 = 0,10$$

$$Hh = 2 \text{ trabalhadores} \times (3 \text{ minutos} \div 60) = 2 \times 0,05 = 0,10$$

Quantidade de serviço (QS):

15 tijolos (pode-se considerar como unidade de produção neste caso)

Fórmula da RUP:

$$RUP = \frac{Hh}{QS} = \frac{0,10}{15} = 0,0067 \text{ Hh/tijolo}$$

$$RUP = \frac{Hh}{QS} = \frac{0,10}{15} = 0,0067 \text{ Hh/tijolo}$$

Análise crítica da produtividade

Composição referencial consultada:

Fonte: TCPO – Tabela de Composições de Preços da Editora PINI

Serviço: *Assentamento de tijolo cerâmico baiano com argamassa de cimento e areia 1:6*

Produtividade referencial: Aproximadamente 18 tijolos por Hh, ou seja,

$$RUP \text{ de referência} = \frac{1}{18} \approx 0,0556 \text{ Hh/tijolo}$$

$$RUP \text{ de referência} = \frac{1}{18} \approx 0,0556 \text{ Hh/tijolo}$$

Comparação com RUP da obra.

RUP observada na obra: 0,0067 Hh/tijolo

RUP de referência: 0,0556 Hh/tijolo

Resultado: A produtividade real observada na obra (0,0067) é significativamente superior à referencial (0,0556). Isso pode indicar.

Ciclo curto com baixo grau de complexidade (apenas uma fiada).

Equipe experiente e bem sincronizada.

Não foram considerados tempos indiretos (preparo de argamassa, transporte de materiais, pausas etc.), o que tende a superestimar a produtividade.

Avaliação crítica.

O dado coletado é útil, mas representa uma amostra pontual e otimizada. Para efeito de planejamento e orçamentação, é fundamental ampliar o tempo de observação, incluir períodos de pausa, e considerar todas as etapas envolvidas no ciclo de produção. Mesmo assim, o resultado reforça que a produtividade depende fortemente da organização e do envolvimento da equipe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visita ao canteiro de obras da chácara no condomínio Morada da Lua revelou um ambiente com execução prática ativa, mas sem aplicação formal de ferramentas de gestão. A introdução de uma metodologia simples como o Last Planner System poderia trazer ganhos significativos de organização e produtividade.

O cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) demonstrou uma performance acima da média, mas que requer maior amostragem e detalhamento para representar a produtividade real. O exercício evidencia a importância do monitoramento contínuo dos serviços, e como a gestão baseada em dados pode orientar decisões mais eficientes.

Recomenda-se o uso de um responsável técnico com registro no CREA, tanto para garantir a conformidade legal quanto para aplicar metodologias modernas de gestão.

GESTÃO DE OBRAS:
GESTÃO DE OBRAS NA PRÁTICA: ESTUDO DA PRODUTIVIDADE EM SERVIÇO
DE TROCA DE PISO COM MANTA ASFÁLTICA

Marcos Antonio Tsuneharu Sussuki
Profa. Natália Stasiak

215

1 INTRODUÇÃO

A gestão de obras ocupa um papel estratégico na engenharia civil, sendo essencial para garantir que os empreendimentos sejam executados com qualidade, dentro dos prazos e com controle eficiente de custos e produtividade. No cenário atual da construção civil, o engenheiro gestor precisa atuar de forma integrada, conectando o planejamento técnico à realidade prática do canteiro, por meio de ferramentas eficazes de acompanhamento e análise de desempenho.

Como destaca Oliveira (2004, p. 68), *“a produtividade da mão de obra é um dos principais indicadores de desempenho em obras civis, sendo definida como a razão entre a quantidade de serviço executado e o número de horas de trabalho empregadas.”*

Este relatório técnico, intitulado *“Gestão de Obras na Prática: Estudo da Produtividade em Serviço de Troca de Piso com Manta Asfáltica”*, foi desenvolvido com base em uma visita individual a um canteiro de obras localizado em um condomínio residencial, onde está sendo realizada a substituição do piso cerâmico em área externa. A intervenção abrange etapas como a remoção do revestimento antigo, preparação do contrapiso, aplicação da manta asfáltica e execução da proteção mecânica — todas fundamentais para garantir a impermeabilização e a durabilidade do novo acabamento.

O principal objetivo deste estudo é analisar, de forma crítica, a aplicação de práticas de gestão no ambiente de obra e calcular a Razão Unitária de Produção (RUP) de um dos serviços executados, comparando o desempenho obtido com referências do sistema SINAPI. Além disso, será proposta a adoção de uma ferramenta de gestão de curto prazo para melhorar a organização da equipe e o monitoramento da produção.

Com isso, busca-se aproximar a teoria aprendida em sala de aula da vivência prática no campo, ampliando a compreensão dos desafios e soluções que envolvem a gestão eficiente de obras civis — inclusive em intervenções de menor porte, como a abordada neste trabalho.

2 DADOS DA OBRA VISITADA

A visita técnica foi realizada em um canteiro de obras localizado no Condomínio Residencial Marataíse, situado à Avenida XV de Novembro, 1267 – Zona 01, Maringá – PR, CEP 87013230.

A intervenção em andamento trata-se de uma reforma externa, mais especificamente da substituição do piso cerâmico em uma área comum do condomínio, contemplando etapas de remoção do revestimento antigo, aplicação de manta asfáltica, proteção mecânica e posterior novo revestimento.

O engenheiro responsável técnico pela obra é o Engenheiro Civil Patrick Louback Bomfim, devidamente registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná sob o número CREA PR: 170618/D.

A visita foi realizada no dia 17 de junho de 2025, durante todo o expediente do dia, com acompanhamento do próprio engenheiro responsável, que também atuou como responsável pelo recebimento do aluno no local.

Durante a visita, foram observadas as condições de execução do serviço, os recursos humanos e materiais disponíveis, o fluxo de descarte de entulhos, bem como a ausência de ferramentas de gestão visual aplicadas ao planejamento de curto prazo.

A partir dessas observações, foi possível realizar análises críticas, mensurar um serviço executado para cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) e propor melhorias organizacionais baseadas em boas práticas de gestão.

Foto 1 – Registro na obra



Fonte: o Autor

Foto 2 – Registro na obra



Fonte: o Autor

3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DAS ETAPAS EXECUTADAS E PREVISTAS NA OBRA

A reforma do piso da área externa do Condomínio Residencial Marataíse envolve etapas fundamentais não apenas para a renovação visual do ambiente, mas, principalmente, para garantir sua impermeabilização e durabilidade. Cada camada aplicada cumpre uma função específica e complementar, reforçando a resistência ao tráfego leve, à ação da água e à exposição solar — condições típicas de áreas externas.

Etapas Técnicas Observadas

3.1 Remoção do Sistema Existente

A primeira atividade executada consistiu na retirada completa do sistema antigo, incluindo o revestimento cerâmico, a proteção mecânica, a manta asfáltica e o contrapiso. A operação foi realizada com marteletes rompedores de 17 kg, conduzida por uma equipe de cinco trabalhadores.

O cuidado com estruturas e instalações existentes foi essencial para garantir uma base limpa e segura para as etapas seguintes da reforma.

Foto 3 – utilização do Martetele



Foto 4 – após demolição



Foto 5 – Remoção de entulhos



Fonte: o Autor

Foto 6 – Remoção de Manta



Fonte: o Autor

3.2 Preparação do Contrapiso

Com a remoção concluída, procedeu-se à limpeza e inspeção da superfície do contrapiso. Serão realizadas **correções pontuais e Novo contrapiso**, de forma a garantir uma base uniforme, limpa, seca e regularizada — condições essenciais para a perfeita aderência da manta asfáltica.

3.3 Aplicação da Manta Asfáltica

A **manta asfáltica** exerce a função de **impermeabilização**, impedindo a penetração de umidade para o interior da estrutura. Para esta fase foi elaborado um projeto de impermeabilização para garantir que esta fase atenda a todos as exigências

necessárias. A instalação além de seguir ao projeto elaborado, obviamente também respeitará as sobreposições recomendadas conforme as instruções técnicas do fabricante.

3.4 Proteção Mecânica

Logo após a manta, será aplicada uma **camada de proteção mecânica** composta por argamassa de cimento e areia (traço 1:4), com **espessura mínima de 3 cm**. Essa camada tem a função de proteger a impermeabilização contra esforços mecânicos durante a movimentação de materiais e a execução do novo revestimento. Em pontos específicos, foi considerada a **inserção de tela metálica galvanizada**, visando reforço estrutural da camada.

3.5 Camada Separadora

Entre a manta asfáltica e a argamassa de proteção, também terá uma **camada separadora**, utilizando-se uma **película plástica de polietileno**. Essa camada impede a aderência direta da argamassa à manta, permitindo a movimentação independente das camadas e reduzindo o risco de fissuras e falhas de aderência.

3.6 Revestimento Final

A etapa final prevista será a **aplicação de novo revestimento cerâmico**, logo após a cura da argamassa de proteção e verificação da estanqueidade da impermeabilização. A escolha do novo revestimento ainda será definida, mas deverá atender às **exigências de resistência ao escorregamento e exposição externa**, conforme normas aplicáveis.

Observações Técnicas Relevantes

- A **manta asfáltica não deve ser aplicada diretamente sobre blocos cerâmicos**, exigindo sempre a execução prévia de contrapiso nivelado e seco.
- A **proteção mecânica é fundamental** para preservar a integridade da manta durante o uso cotidiano e demais intervenções.

- Toda a execução deve seguir rigorosamente as **normas técnicas aplicáveis**, como:

- ✓ NBR 9574/2008 – Execução de impermeabilização
- ✓ NBR 13755/1996 – Revestimento de paredes com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante

4 FERRAMENTA DE GESTÃO PROPOSTA: PLANEJAMENTO SEMANAL (LAST PLANNER SYSTEM)

4.1 Situação Observada no Canteiro

Durante a visita técnica, foi possível perceber que o canteiro ainda não adota ferramentas formais de planejamento visual ou sistematizado. As atividades vêm sendo conduzidas com base na experiência da equipe e em orientações verbais passadas diariamente pelo engenheiro responsável. Embora essa abordagem funcione de forma razoável, especialmente com o comprometimento observado nos trabalhadores, ela pode comprometer a previsibilidade do cronograma, o controle dos prazos e a medição da produtividade — aspectos críticos em obras com múltiplas etapas e tarefas interdependentes, como nesta reforma.

4.2 Ferramenta Proposta: Last Planner System

O *Last Planner System* (LPS) é uma metodologia de planejamento de curto prazo desenvolvida dentro da filosofia do Lean Construction, com foco na colaboração, previsibilidade e eficiência dos processos construtivos. Seu princípio central é envolver ativamente os executores das tarefas — os chamados "últimos planejadores", como mestres, encarregados e líderes de equipe — na elaboração dos planos semanais. Isso garante prazos mais realistas e metas mais tangíveis para todos os envolvidos.

A ferramenta utiliza um quadro visual, físico ou digital, dividido em colunas como:

- A Fazer
- Em Execução

- Concluído

Esse quadro é atualizado de forma diária ou semanal e torna visível, para toda a equipe, as atividades planejadas, os responsáveis, os prazos e possíveis desvios ou gargalos.

4.3 Aplicação Recomendada no Canteiro Visitado

Na obra analisada, o LPS poderia ser implementado de forma simples, com o uso de um quadro branco e cartões ou etiquetas coloridas, instalado em local visível próximo à entrada da área de trabalho.

Semanalmente, o engenheiro e os operários poderiam, juntos, definir:

- As etapas a serem realizadas (ex: remoção de sistema antigo, limpeza da base, aplicação da manta, execução da proteção mecânica);
- O tempo estimado para cada etapa;
- Os responsáveis por cada frente de serviço;
- Os materiais, ferramentas e equipamentos necessários.

Além disso, reuniões rápidas de alinhamento (diárias ou semanais), conhecidas como “reuniões de planejamento de compromisso”, serviriam para revisar o andamento das atividades, ajustar metas e propor melhorias com base no que foi aprendido em campo.

4.4 Avaliação Crítica da Ferramenta Proposta

A adoção do Last Planner System nesta obra pode gerar ganhos concretos e mensuráveis, como:

- **Maior previsibilidade:** clareza nos prazos e tarefas reduz atrasos e retrabalhos.
- **Melhor coordenação:** todos sabem o que fazer, quando fazer e com quais recursos.
- **Identificação rápida de desvios:** falhas de comunicação ou falta de material podem ser percebidas e tratadas com agilidade.
- **Gestão visual acessível:** facilita a tomada de decisões com base em informações visíveis e atualizadas.

- **Engajamento das equipes:** ao participar do planejamento, os trabalhadores se sentem mais envolvidos e responsáveis pelos resultados.

Apesar de sua aplicação ser relativamente simples, o sucesso do LPS depende de disciplina, padrão e de uma cultura voltada à melhoria contínua — o que pode representar um desafio inicial. Ainda assim, mesmo em reformas de menor porte, como a estudada, sua implementação já é capaz de trazer mais organização, produtividade e controle ao canteiro de obras.

5 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE – RUP (RENDIMENTO UNITÁRIO DE PRODUÇÃO)

O Rendimento Unitário de Produção (RUP) é um indicador importante para avaliar o desempenho da mão de obra em canteiros de obra, servindo como base para estimativas de prazo, orçamento e controle de produtividade. Segundo Cavalcanti e Lima (2010), o RUP também permite análises comparativas com parâmetros referenciais, como os fornecidos pelo SINAPI.

5.1 Serviço Avaliado

O serviço analisado corresponde à remoção de todo o sistema de revestimento existente, incluindo: piso cerâmico, proteção mecânica, manta impermeabilizante e contrapiso. A demolição foi realizada com uso de martelinhos rompedor de 17 kg, caracterizando uma atividade típica da fase de desmontagens e demolições em reformas.

5.2 Composição da Equipe

A equipe era composta por 5 operários, atuando em jornada padrão de 8 horas diárias ao longo de 60 dias corridos de trabalho. Nenhum equipamento mecanizado auxiliar foi utilizado para transporte; o entulho foi removido manualmente por carriolas e lançado por meio de duto vertical.

5.3 Dados de Medição e Cálculo do RUP

Informações extraídas do canteiro:

Foram extraídas as seguintes informações **empíricas** diretamente do canteiro:

Área total removida:	420 m ²
Tempo total de execução:	60 dias = 480 horas
Total de homens-hora	(Hh) = 5 operários × 480 horas = 2.400 Hh
Quantidade de serviço (QS)	420 m ²

223

Produtividade real (RUP):

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} = \frac{2400 Hh}{420 m^2} = 5,71 Hh/m^2$$

5.4 Registros de Acompanhamento

Os dados foram coletados por meio de inspeções diretas, registros fotográficos e planilhas manuais de controle de produção ao longo da execução.

5.5 Comparativo com Produtividade Referencial (Fonte: SINAPI)

Segundo a CAIXA (2023), o SINAPI fornece composições referenciais baseadas em médias de produtividade observadas em campo, em condições padronizadas. Essas referências são amplamente utilizadas para orçamentação e controle técnico de obras públicas.

Composição Referencial Utilizada

Fonte: SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (versão vigente)

Serviço	Código SINAPI	Produtividade (HH/m ²)
Remoção de revestimento cerâmico	7.5.010.3 / 93389	0,63
Demolição de contrapiso de argamassa	1.5.11.1	0,85
Remoção manual de manta asfáltica	(estimado)	0,50

Produtividade referencial total: 1,98 Hh/m²

Análise Comparativa

Indicador	Valor Observado	Valor Referencial (SINAPI)
Área total removida (m ²)	420	—
Homens-hora (Hh) utilizados	2.400	—
Produtividade (Hh/ m ²)	5,71	1,98

A produtividade prática obtida na obra foi aproximadamente **2,9 vezes inferior** à referência do SINAPI, sinalizando ineficiências operacionais significativas no processo de execução.

5.6 ANÁLISE CRÍTICA: FATORES QUE CONTRIBUÍRAM PARA A QUEDA DE RENDIMENTO

Fatores Técnicos:

- *Camadas múltiplas e heterogêneas:* A demolição envolveu diversos materiais e espessuras, o que aumentou a resistência ao rompimento.
- *Alta aderência:* As camadas estavam fortemente aderidas, exigindo várias passagens do martelo.
- *Equipamento inadequado:* O martelo de 17 kg, embora potente, gerou maior desgaste físico, contribuindo para a fadiga dos trabalhadores.

Fatores Operacionais:

- *Logística limitada*: O entulho precisou ser descartado manualmente por um duto vertical estreito, exigindo tempo e esforço adicionais.
- *Falta de apoio mecanizado*: A ausência de caçambas elevadas ou carrinhos adequados dificultou o escoamento contínuo.
- *Observação importante*: As composições do SINAPI não contemplam o transporte vertical de entulho, que no caso desta obra foi feito de forma manual — fator que inflaciona o volume de mão de obra envolvido.

Fatores Humanos e Ambientais:

- *Fadiga física*: O uso prolongado do martetele e o caráter repetitivo da atividade resultaram em queda de ritmo ao longo do dia.
- *Condições climáticas adversas*: A incidência de altas temperaturas exigiu redução do ritmo para evitar sobrecarga térmica. Além disso, dias de chuva interromperam ou atrasaram a execução.

“Condições climáticas extremas, fadiga e má organização das equipes são fatores recorrentes que comprometem a produtividade nos canteiros de obra.”(Pinto; Sousa, 2012)

5.7 Propostas de Melhoria

Item	Ação Recomendada
Equipamento	Alternar uso entre marteteles leves (5–10 kg) para otimizar esforço físico em áreas possíveis
Logística de resíduos	Utilizar caçambas elevadas ou sistema de talhas para transporte vertical
Organização da equipe	Dividir funções entre operação e transporte de entulho, reduzindo ociosidade
Planejamento climático	Iniciar serviços mais pesados em horários de menor radiação solar
Treinamento técnico	Padronizar técnica de rompimento para maximizar rendimento e reduzir retrabalho

6 CONCLUSÃO

A visita à obra de reforma evidenciou o quanto ferramentas de gestão e controle são essenciais no dia a dia do canteiro. A produtividade observada (RUP) ficou quase três vezes abaixo da média referencial do SINAPI, o que reforça a urgência por ajustes operacionais. A adoção de práticas como o *Last Planner System*, junto à escolha adequada de equipamentos e à melhoria da logística, representa uma oportunidade concreta de avanço na execução dos serviços. Ficou claro que a gestão de obras precisa ir além do escritório e estar presente na rotina da produção em campo, contribuindo diretamente para melhores resultados em produtividade, controle de custos e qualidade final.

Entre os fatores que comprometeram o desempenho da equipe, destacaram-se desde desafios técnicos — como a resistência elevada do solo e o uso de equipamentos pouco eficientes — até questões logísticas e humanas, como o descarte inadequado de resíduos, a fadiga dos operários e as variações climáticas.

Diante disso, foram sugeridas ações corretivas e estratégias voltadas à otimização da produtividade, com ênfase em um planejamento integrado que considere os recursos disponíveis, a realidade do canteiro, a ergonomia da equipe e a organização do trabalho. Por isso, o RUP não deve ser encarado como um simples número, mas sim como uma ferramenta estratégica de análise e decisão.

Quando bem utilizado, ajuda a revelar gargalos, orientar soluções práticas e impulsionar melhorias contínuas nos processos construtivos, promovendo maior eficiência e uso mais racional dos recursos.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, L. H. de. **Planejamento e Controle de Obras**. 4. ed. São Paulo: PINI, 2004.

CAVALCANTI, R. L.; LIMA, F. P. **Gestão de Produção na Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**: Manual de Utilização. Brasília: Caixa, 2023.

PINTO, J. L.; SOUSA, J. L. T. de. **Produtividade na construção civil**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

Atividades integradoras

Disciplina: Física II

Professor: Wagner Westin Rocha

TERMODINÂMICA APLICADA: O DESAFIO DA ENGENHARIA MODERNA E A TERMODINÂMICA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO MOTOR DE STIRLING

André dos Santos Eugênio
Antônio Celso Ortiz Nunes
Caroline Freitas Bispo
Douglas Ramos de Souza
Prof. Wagner Westin Rocha

228

O motor de Stirling é um motor térmico de ciclo fechado, inventado por Robert Stirling em 1816, que opera através da compressão e expansão de um fluido de trabalho em diferentes temperaturas. Este motor é conhecido por sua alta eficiência e baixo impacto ambiental, sendo uma alternativa promissora para diversas aplicações¹.

Esse motor opera através de um ciclo termodinâmico composto pelas seguintes etapas: compressão isotérmica no qual fluido de trabalho é comprimido em uma temperatura constante, liberando calor para o ambiente externo; aquecimento Isocórico: fluido de trabalho é aquecido sem alteração de volume, aumentando sua pressão; expansão Isotérmica: fluido de trabalho se expande em uma temperatura constante, absorvendo calor do ambiente externo; o resfriamento Isocórico cujo fluido de trabalho é resfriado sem alteração de volume, diminuindo sua pressão².

Em suma, o motor Stirling consiste na utilização de duas câmaras com temperaturas diferentes que aquecem e arrefecem o gás alternadamente, provocando o movimento dos dois êmbolos ligados ao eixo comum³.

Assim, na elaboração do primeiro projeto do Motor de Stirling⁴ foi utilizado latas de alumínio descartáveis de 350 ml e para o pistão de trabalho palha de aço. O virabrequim foi confeccionado com raio de bicicleta de 2mm de espessura, para a biela foi empregado o mesmo raio de bicicleta unido ao virabrequim com fio elétrico. Além de cotovelos e canos $\frac{3}{4}$. Como cola foi usado durepoxi e fita isolante. Fonte externa de combustível, vela.

¹ Motor Stirling. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling. Acesso em: 12 mar. 2025.

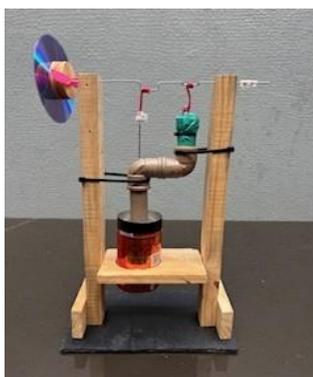
² Ibid.

³ Ibid.

⁴ BIGWR. Stirling engine made with Coca Cola. YouTube, 01 jun. 2022. 4min57s. Disponível em: https://youtu.be/gYfrKMgy_Pg?si=qFd_sJE2JtI8YXXC. Acesso em 01 mar. 2025.

Um CD e disco pequeno de madeira como volante do motor. No eixo do virabrequim foi utilizado angulações de 90°. No cilindro frio foi usado uma bexiga, transpassada ao centro por um parafuso e preso ao virabrequim por um fio elétrico. Não funcionou. Pois não havia folga necessária e simetria do elementos empregados.

Figura 1 - Primeiro projeto.



Fonte: Autores.

Para o segundo projeto⁵ foi utilizado lata de alumínio de 350 ml como cilindro quente. Uma outra como base do virabrequim e sistema de arrefecimento. O virabrequim foi fabricado com arame galvanizado de 11 mm de espessura. No eixo do virabrequim foi utilizado angulações de 90°. Como pistão foi utilizado palha de aço, para biela um arame fino ligado em uma chapa de alumínio pequena.

Foi colado com durepoxi um cotovelo de $\frac{3}{4}$ na lateral do cilindro quente no mesmo nível em que foi cortada a lata. Para a biela do cilindro frio foi utilizado um palito de churrasco com pedaço de silicone colado na ponta o qual foi colado na bexiga com fita crepe. Como base foi empregado uma lata de leite em pó e fonte de calor externa o álcool em gel e água no sistema de arrefecimento. Funcionou por breve período. O virabrequim não estava no nível e a fonte de calor em excesso danificou o projeto. Além de não ter sido observado as folgas necessárias do virabrequim e pistão. Um disco pequeno de madeira foi utilizado como volante.

⁵ PROF. Ivo. Tutorial Motor Stirling Fácil. YouTube, 20 jul. 2013. 18min18s. Disponível em: <https://youtu.be/5alPy0rcCJE?si=7Dce8bU4BAJgpmse>. Acesso em 03 mar. 2025.

Figura 2 - Segundo projeto.



Fonte: Autores.

Para o terceiro projeto foi utilizado lata de alumínio de 350 ml como cilindro quente. Uma outra como base do virabrequim e sistema de arrefecimento. Ambas foram unidas por encaixe e como vedação foi usado fita isolante. O virabrequim foi fabricado com cliques de papel. No eixo do virabrequim foi utilizado angulações de 90° e foi fabricado para deslocamento aproximado de 12mm. O pistão foi fabricado com palha de aço, para biela um arame fino foi utilizado como espiral para acomodação da palha de aço que foi preso a uma linha de pesca 0.44mm. O pistão foi ajustado para que ficasse a 10mm do fundo do cilindro. Foi deixado uma folga mínima entre o pistão e câmara quente. A linha de pesca foi passada por dentro de um tubo de plástico e presa num conector elétrico que estava acoplado ao virabrequim. Para o cilindro frio foi utilizado um cotovelo de 1/2" colado com silicone de alta temperatura no mesmo nível do cilindro quente.

Em ambos os lados do virabrequim conectores elétricos foram utilizados para que ele não se deslocasse lateralmente. Como volante do motor foi recortado dois círculos de uma embalagem de papel. Ao centro foi colada duas arruelas e um conector para fixar o volante ao eixo. Para o embolo do cilindro frio foi colocada uma bexiga com uma pequena folga a qual foi atravessada por parafuso e fixada no eixo por uma linha de pesca 0.44mm a qual passou por um pequeno tubo plástico e foi presa ao conector que estava no eixo do virabrequim. Tudo ajustado à maneira que o volante do motor rodasse livre. Como fonte externa de calor foi usado duas velas e o motor estava acomodado em uma base de madeira. Na câmara fria foi colocado uma

pedra de gelo. Esse projeto funcionou satisfatoriamente⁶. A simetria e adequação dos materiais utilizados foram essências para o êxito do projeto.

Assim, observa-se que se trata de uma máquina simples e incrível ao mesmo tempo. Ela pode gerar energia de forma limpa e eficiente. É uma opção promissora para o futuro, especialmente em um mundo onde a sustentabilidade é cada vez mais importante.

Ainda há muito a ser explorado e aprimorado, mas o potencial do motor Stirling é enorme. Quem sabe, talvez um dia ele seja uma parte importante da nossa transição para uma energia mais limpa e renovável.

REFERÊNCIAS

BIGWR. Stirling engine made with Coca Cola. YouTube, 01 jun. 2022. 4min57s. Disponível em: https://youtu.be/gYfrKMgy_Pg?si=qFd_sJE2Jtl8YXXC. Acesso em: 01 mar. 2025.

MOTOR STIRLING. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling. Acesso em: 12 mar. 2025.

TUTORIAL Motor Stirling Fácil. YouTube, 20 jul. 2013. 18min18s. Disponível em: <https://youtu.be/5alPy0rcCJE?si=7Dce8bU4BAJgpmse>. Acesso em: 03 mar. 2025.

@raphaeldoamaralnunes. Trabalho Motor de Stirling UniFil. YouTube, 15 mar. 2025. 1min04s. Disponível em: <https://youtube.com/shorts/LrWfPSBw0sA?si=hLRWrmNfCOF5iveP>. Acesso em: 15 mar. 2025.

⁶ @raphaeldoamaralnunes. Trabalho Motor de Stirling UniFil. YouTube, 15 mar. 2025. 1min04s. Disponível em: <https://youtube.com/shorts/LrWfPSBw0sA?si=hLRWrmNfCOF5iveP>. Acesso em 15 mar. 2025.

TERMODINÂMICA APLICADA: MOTOR DE STIRLING

Antonio Miguel de Jesus
Elber Siqueira Sanches
Altair Amarantes
Prof. Wagner Westin Rocha

232

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: O MOTOR DE STIRLING COMO ALTERNATIVA PARA UM FUTURO MELHOR

No cenário global atual, desafios como a transição energética, a agenda climática, a desigualdade social e a mobilidade urbana exigem soluções inovadoras e sustentáveis. O motor de Stirling surge como uma alternativa viável nesse contexto devido à sua eficiência térmica e versatilidade na utilização de diferentes fontes de calor, incluindo energia solar e biomassa. Além de contribuir para a redução da dependência de combustíveis fósseis e minimizar emissões de gases poluentes, essa tecnologia pode desempenhar um papel essencial na geração descentralizada de energia, especialmente em comunidades isoladas.

Outro aspecto relevante é a sustentabilidade na produção e no reaproveitamento de materiais. O uso de metais recicláveis na fabricação do motor de Stirling e a possibilidade de aproveitamento energético de resíduos orgânicos reforçam sua importância dentro da economia circular. Dessa forma, esse motor não apenas melhora a eficiência energética, mas também contribui para a redução de desperdícios e impactos ambientais negativos.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicação do motor de Stirling como uma alternativa sustentável para os desafios energéticos e ambientais atuais. Busca-se compreender seu funcionamento, suas vantagens em relação a outros sistemas térmicos e seu potencial para contribuir com a transição energética e a redução de emissões. Além disso, pretende-se explorar sua viabilidade na geração de eletricidade em comunidades com acesso limitado a redes convencionais e sua possível aplicação em sistemas de mobilidade urbana mais eficientes. Outro ponto de

interesse é avaliar como o uso de materiais recicláveis na fabricação do motor pode fortalecer sua sustentabilidade, inserindo-o em um contexto de economia circular.

Dessa forma, o trabalho busca evidenciar o papel do motor de Stirling como uma tecnologia inovadora e ambientalmente responsável, capaz de contribuir para um futuro mais sustentável.

O motor de Stirling funciona com a variação da temperatura de um gás dentro de uma câmara fechada. Ele transforma energia térmica em movimento mecânico por meio da expansão e contração do ar.

Desenvolvimento de um exemplar de motor de Stirling, reutilizando-se, preferencialmente, materiais recicláveis.

Figura 1



Figura2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Memorial descritivo da montagem do motor

Reunidos todos os materiais e ferramentas necessárias, foram cortadas três latas de alumínio. A primeira foi utilizada para confeccionar a base do motor, onde foi inserida uma vela como fonte geradora de calor. A segunda lata serviu como cilindro principal do motor. Já com as bases das latas, foi forjado o pistão deslocador. A terceira lata foi utilizada para confeccionar a estrutura de deslocamento do virabrequim.

Nesta etapa, foi essencial buscar um bom ajuste entre o pistão deslocador e o cilindro, garantindo que não houvesse folgas excessivas nem atrito elevado, o que poderia comprometer o desempenho do motor.

No centro do cilindro deslocador, foi feito um pequeno furo para fixação da haste que conecta o pistão ao virabrequim. Essa haste é responsável por transmitir o movimento linear gerado pela expansão e contração do ar quente para o virabrequim, que converte esse movimento em rotação contínua — essencial para o funcionamento do motor.

O virabrequim foi confeccionado com duas dobras defasadas em 90° uma em relação à outra. Essa configuração precisa é o que permite que o motor funcione de maneira coordenada, sem travamentos. As haste interna do pistão de deslocamento e a haste externa do pistão de potência, foram conectadas a essas dobras, permitindo o ciclo alternado necessário ao funcionamento do motor de Stirling.

A maior dificuldade encontrada durante a montagem foi justamente na construção do virabrequim. Ajustar corretamente os ângulos e as posições das hastes exigiu várias tentativas, sendo necessário recorrer ao método de tentativa e erro até alcançar o funcionamento desejado.

Na parte externa do virabrequim, foi fixada uma haste secundária, ligada a um segundo sistema pneumático. Para isso, realizou-se um orifício lateral no cilindro, onde foi acoplada com silicone uma conexão de PVC do tipo joelho 90°. Nessa conexão foi instalada a ponta de uma bexiga de aniversário, atuando como pistão de potência elástico. A bexiga, ao responder às variações de pressão interna do ar, movimenta-se de forma sincronizada com o ciclo do motor, impulsionando a haste externa de forma suave e eficaz.

Por fim, no eixo central do virabrequim foi fixado um CD, utilizado como volante de inércia. Esse componente tem a função de acumular energia cinética durante o funcionamento do motor, garantindo fluidez ao movimento rotacional e contribuindo para a estabilidade geral do sistema.

Dessa forma, fica evidente que essa tecnologia possui grande potencial de desenvolvimento para aplicações práticas. A experiência foi um exercício de criatividade, resiliência e aplicação dos conceitos físicos envolvidos, especialmente os princípios da termodinâmica. Isso demonstra que, com materiais acessíveis e dedicação, é viável explorar soluções sustentáveis, de baixo custo e com impacto positivo, reaproveitando materiais de maneira eficiente.

REFERÊNCIAS

NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/motor-stirling.htm>

YOUTUBE. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5aIPy0rcCJE>

TODA MATERIA. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/termodinamica/>

EUROPA. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20151201STO05603/economia-circular-definicao-importancia-e->

ATIVIDADE INTEGRADORA: MOTOR TERMICO DE STIRLING

Beatriz Cristhine da Silva Teixeira
Lucas da Silva
Prof. Wagner Westin Rocha

237

INTRODUÇÃO

A proposta didática apresentada nesse experimento envolve os conceitos da 2ª Lei da Termodinâmica, Máquinas Térmicas e suas aplicações. Segundo Meira e Ribeiro (2016), o uso de experimentos e protótipos dentro da sala de aula potencializa o aprendizado dos alunos, ilustrando de forma mais intuitiva a teoria abordada. EM 1816, com o avanço dos estudos da termodinâmica, Robert Stirling e seu irmão inventaram um motor térmico para substituir os motores a vapor. Assim, os Motores de styling são componentes fundamentais em sistemas de controle de movimento. Eles são projetados para fornecer precisão, eficiência e controle em aplicações industriais, como robótica, automação de manufatura e sistemas de transporte. Esses motores podem ser categorizados em várias classes, cada uma oferecendo diferentes capacidades de torque, velocidade e conectividade. Por exemplo, motores inteligentes da Classe 6 D-Style são conhecidos por sua alta densidade de torque e suporte para Ethernet industrial, facilitando a integração em redes de controle avançadas.

OBJETIVOS

1. Eficiência Energética: Maximizar a conversão de energia elétrica em energia mecânica com o mínimo de perda de energia.
2. Precisão e Controle: Oferecer controle preciso de velocidade e posição para aplicações que exigem alta precisão.
3. Durabilidade: Minimizar o desgaste mecânico e aumentar a vida útil do motor através de materiais e designs avançados.
4. Flexibilidade de Aplicação: Adaptar-se a uma ampla gama de aplicações industriais, desde robótica até sistemas de transporte.

5. Integração Avançada: Facilitar a integração em sistemas de controle complexos com suporte paratecnologias como Ethernet industrial.

O experimento proposto na atividade da disciplina e aqui apresentado tem por objetivo;

Demonstrar como construir um motor térmico do tipo Stirling com materiais de fácil acesso e baixo custo exemplificar a ação da termodinâmica na manutenção do movimento demonstrar a transformação de energia térmica em energia mecânica apresentar o uso da expansão e contração do ar para realização de trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um dos conceitos mais importantes da Termodinâmica é a conversão de calor em trabalho por meio de máquinas térmicas. As máquinas térmicas podem ser descritas como um dispositivo que, operando em ciclos, transforma calor em trabalho periodicamente. Por exemplo, motores de combustão externa (locomotiva a vapor), motores de combustão interna (automóvel), refrigeradores etc. (Oliveira, 2005). Dessa forma, a máquina térmica utiliza um fluido, chamado fluido de trabalho ou fluido operante, que pode ser o ar ou outro gás. No caso do motor térmico Stirling, o ar funciona como fluido de trabalho em um ciclo fechado através da mudança de temperatura entre duas câmaras. O aquecimento e o resfriamento do ar, através de uma fonte de calor externa, causam a expansão e a contração do gás, respectivamente, movendo o pistão e fazendo com que o motor entre em funcionamento. Este tipo de motor usa um cilindro e um pistão deslocador que se movimenta da parte inferior do cilindro (próximo à fonte de calor) para parte superior (mais fria), movimentando o virabrequim. Quanto maior for a diferença de temperatura entre as duas câmaras, maior será o desempenho da máquina (Yong, 2008).

Sendo assim, conforme Strobel (2016), a eficiência do motor pode ser calculada como no ciclo Carnot, o qual descreve que o rendimento de uma máquina térmica está relacionado com a diferença de temperatura entre a fonte quente e a fonte fria.

$R = 1 - (T_f/T_q)$ Onde: R= rendimento do motor (dado em porcentagem) Tf =

temperatura da câmara mais fria

Tq = temperatura da câmara mais quente

Estes motores têm uma eficiência energética maior do que os que movem os carros a gasolina podendo chegar a até 45% de eficiência energética. Conforme Helerbrock (2020), os motores de Stirling funcionam por meio um ciclo termodinâmico reversível e cíclico que apresenta quatro tempos de funcionamento:

1. Expansão isotérmica – processo em que o ar presente no motor sofre uma expansão isotérmica, absorvendo calor de fontes externas como queima de carvão;
2. Resfriamento isovolumétrico – o ar presente no motor transfere calor para o meio externo, mantendo-se a volume constante;
3. Compressão isotérmica – processo em que o ar contido dentro do cilindro do motor é contraído e sua pressão aumenta grandemente, em um processo que ocorre em temperatura constante;
4. Aquecimento isovolumétrico – o último processo ocorre a volume constante e envolve transferência de calor da fonte quente para o ar contido dentro do cilindro do moto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o experimento, foram utilizados os seguintes materiais:

- Dois conectores de chuveiro (25 e 30 Amperes);
- Linha de pesca com 0,37mm de diâmetro;
- Furadeira com broca de ferro de 2mm, abridor de lata, alicates diversos, chave Philips pequena, tesoura, régua, estilete, pistola de cola quente, serra pequena;
- 2 latinhas de refrigerante de 350ml, 1 lata de atum, 1 lata de leite ninho e 1 Garrafa PET de 500ml;
- Lã de aço;
- 1 Lixa;
- Cola de silicone.
- Cola branca;
- 2 CD's ou DVD's;
- 3 Arruelas grandes;
- 3 Clips grandes;
- 1 Canudinho;
- 1 Bexiga;

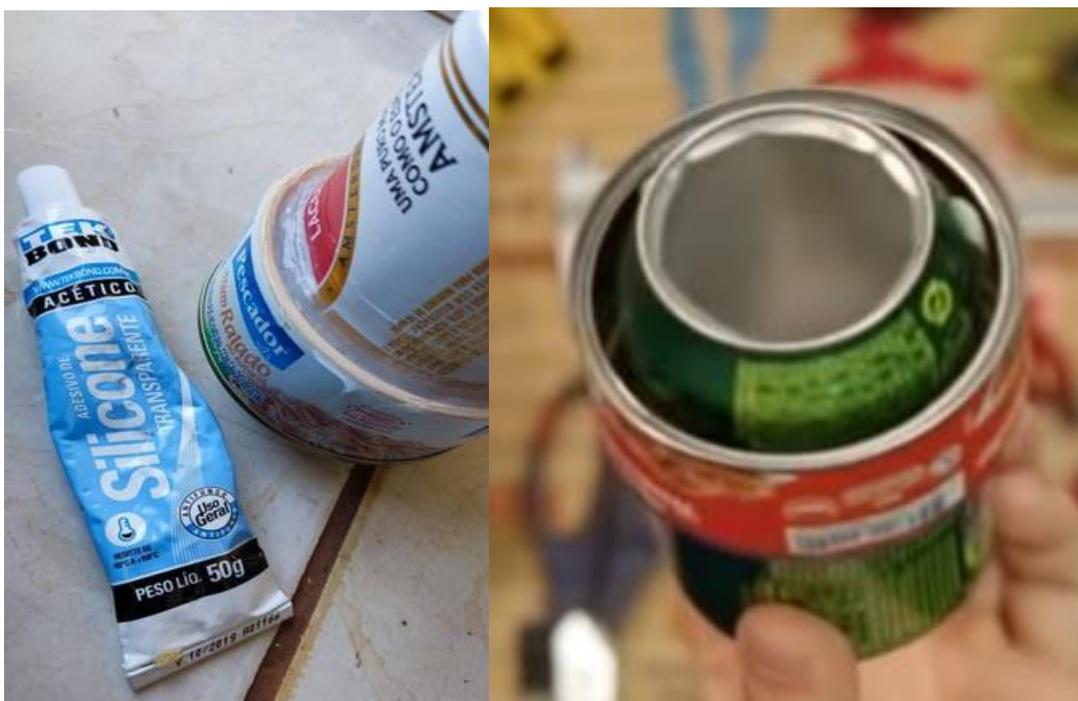
- 2 Elásticos;
- 1 Agulha fina;

Montagem do experimento

A montagem do motor foi feita com materiais recicláveis e de fácil manuseio, conforme as etapas a seguir. A construção do motor baseou-se em um vídeo de Thenório (2016).

- Montagem da câmara do pistão
- Pegue a lata de refrigerante e retire a parte superior onde fica o lacre; se encaixe nela;
- Realize a vedação com silicone.

Figura 1 – Encaixe da lata de refrigerante na lata de atum



- Confecção do pistão
- Abra um bombril e corte uma tira de aproximadamente 07 cm; Enrole o bombril em um canudinho, passe um pedaço de arame pelo canudo e faça uma espiral com o arame para servir de base para o bombril;

- Na outra ponta retire o canudo e faça uma argola na ponta do arame bem rente ao final do bombril e então amarre a linha de pesca na argola;
- Verificar se o pistão está correndo livre dentro da lata

Figura 2 – Espiral de arame e montagem do pistão



Pistão de Bexiga

Corte o gargalo de uma garrafa junto com a tampa e lixe a parte cortada; Faça um furo bem fino no centro da tampa (pode ser feito com uma agulha quente);

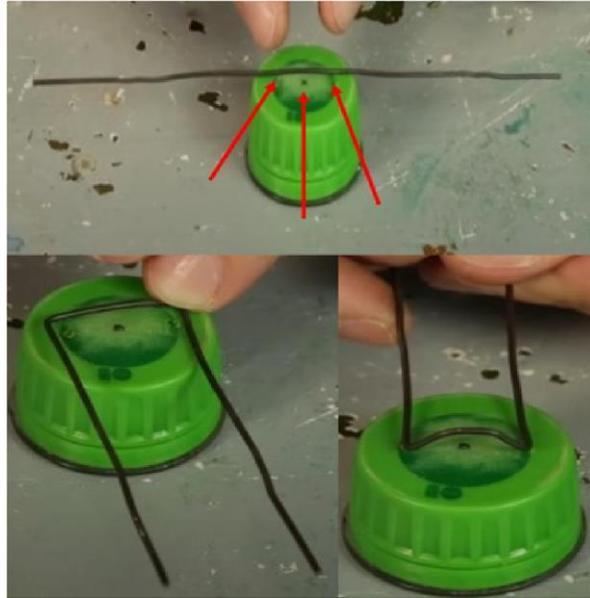
Após pegue um pedaço de arame e estique em cima da tampa;

Nas extremidades da tampa faça mais dois furos;

Baseado nos furos da extremidade, mais um pouco à frente do furo entorte o arame em formato de U;

Faça uma curva em formato de v no centro para que as extremidades se encaixem nos buracos da tampa; lembrando que o arame não pode sobrepor o furo central.

Figura 3 – Montagem da tampa do pistão



Retire o gargalo e encaixe o arame nos furos da tampa da garrafa; • Vede com cola quente, lembrando de não vedar o furo central;

- Pegue uma bexiga e corte um dedo e meio após a boca;
- Corte também o fundo da bexiga, um corte de aproximadamente 5 mm;
- Pegue a bexiga e passe a parte maior pela boca da garrafa e encaixe a parte menor no final do gargalo e amarre com um elástico para vedar bem e não deixar passar ar;
- Coloque a tampa no gargalo e aperte bem.

Figura 4 – Montagem do pistão de bexiga



Roda de embalo do motor

Pegue dois CDs e cole um no outro e deixe secar;

Cole 2 arruelas uma de cada lado com cola quente;

Pegue um conector de chuveiro de 30 ampères e cole no centro do CD, lembrando de deixar um parafuso do conector exposto para posteriormente encaixar o virabrequim.

Figura 5 – Montagem da roda de embalo



Junção do pistão de bombril e o pistão de bexiga

- Pegue a linha amarrada no pistão de bombril e passe por dentro do furo de modo que a tampafique no centro da lata;
- Pegue um elástico e passe em volta da bexiga que está na borda da lata.

Figura 6 – Encaixe do pistão de bombril e o pistão de bexiga



Virabrequim

Pegue um pedaço de arame (14,5cm) e faça a montagem do virabrequim;

Nos intervalos da peça coloque um conector de 25 mm com os parafusos voltados para frente.

Figura 7 – Montagem do virabrequim



Parte superior do motor

Pegue a outra lata de 350 ml e retire a parte superior;

Faça um furo em cada extremidade da lata no ângulo de 180° a uns 2 cm do topo da lata;

- Marque o ponto central entre os dois furos e marque com uma caneta, neste ponto marque outro ponto a 6 cm no sentido da base da lata;
- Faça um círculo com base nos dois pontos marcados e corte-o;
- Retire o fundo da lata.

Figura 8 – Montagem do virabrequim na lata



Base de apoio do motor

- Pegue a lata de leite ninho e faça diversos furos para passagem de ar;
- Faça um furo na parte superior para encaixar a câmara do pistão.

Montagem

- Encaixe o Virabrequim nos furos de 180° de modo que os parafusos dos conectores fiquem virados para frente no sentido do círculo aberto na lata;
- Em uma das extremidades encaixe o CD e na outra o outro conector de 30 mm
- Encaixe as duas latas e conecte os arames nos conectores do Virabrequim (tirar o excesso de arame se necessário);
- Com o conector central na parte mais baixa do percursor passe a linha de pesca e fixe-a.

Figura 9 – Montagem completa do motor



Fonte: Elaborado pelos autores

Funcionamento

- Finalizado o motor, coloque uma fonte de calor (vela ou lamparina) dentro da lata de leite e aguarde aquecer o ar do recipiente.

- Dê um impulso com a roda de cd e observe o motor funcionar.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Finalizada a construção do motor, observou-se seu perfeito funcionamento através da expansão e contração do ar, dentro da câmara do pistão, subindo e descendo o bombril, respectivamente.

Entretanto foi necessário dar um arranque inicial com a ajuda dos discos de cd, o que pode ser comparado ao motor de arranque de alguns veículos. Esse impulso inicial serviu para tirar o corpo da inércia e depois, o papel da termodinâmica manteve o movimento do conjunto.

Da mesma forma, ao afastar a fonte de calor, observou-se que o movimento continuava, em desaceleração, até sua completa parada.

CONCLUSÃO

O funcionamento do motor Stirling fabricado pelos alunos mostrou-se válido no processo ensino-aprendizagem, ilustrando de forma prática o conhecimento teórico abordado em sala de aula. Além disso, confirmou-se a eficiência da cultura **maker**, onde o “fazer” levou a um aprendizado maior do que outros métodos de ensino passivo.

Durante o experimento, observaram-se algumas variáveis que podem ter influência direta no funcionamento do motor, como proximidade da fonte de calor, qualidade dos metais usados em contato direto com a fonte de calor e ajuste do bombril no diâmetro do pistão.

Para trabalhos futuros, sugere-se formular um experimento que simule uma máquina a vapor com movimento da horizontal, similar aos trens a vapor.

REFERÊNCIAS

HELERBROCK, Rafael. **Motor Stirling**. 2020. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/motor-stirling.htm>. Acesso em: 09 mar. 2022.

MEIRA, Samara L. Brito; RIBEIRO, Jair Lúcio Prado. A Cultura Maker no ensino de física: construção e funcionamento de máquinas térmica. **Fablearn Brazil**, v. 2016,

2016. Disponível em:
http://104.152.168.36/~fablearn/wpcontent/uploads/2016/09/FLBrazil_2016_paper_55.pdf. Acesso em: 09 mar. 2022.

OLIVEIRA, Mário José. **Termodinâmica**. Editora Livraria da Física, 2005.

REIS, Luciana. **O que é, como funciona (e como fazer) um Motor de Stirling?** 2017. Disponível em: <https://engenharia360.com/o-que-e-como-funciona-e-como-fazer-um-motor-de-stirling/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

STROBEL, C. **Termodinâmica técnica**. Curitiba: InterSaber, 2016.

THENÓRIO, Iberê. **Construa um Motor movido a Vela (Motor Stirling)**. Youtube, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=egNrHP6pMUo>. Acesso em: 09 mar. 2022.

YOUNG, H. D. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TERMODINÂMICA APLICADA: MOTOR DE STIRLING

Caio Henrique Pedreira Carlos Cruz
Prof. Wagner Westin Rocha

INTRODUÇÃO

Sendo inventado em 1816 pelo pastor escocês Robert Stirling, o motor de Stirling teve como objetivo ser mais eficiente e mais seguro que os motores a vapores da época. Sendo um motor que usa do ciclo termodinâmico fechado que funciona através da diferença de duas fontes, que converte energia térmica em energia mecânica, o qual possibilita ser funcional usando vários tipos de fonte de calor se tornou uma alternativa ao uso exclusivo de combustíveis fósseis.

A proposta de montagem desse motor é interessante para compreender o funcionamento do motor que integra conhecimentos teóricos à prática, garantindo o funcionamento do motor.

OBJETIVOS

1. Sustentabilidade: A Possibilidade de operar com diversas fontes de calor, inclusive as de energia renováveis, faz do Motor de Stirling um exemplo atual e relevante dentro do campo da engenharia direcionada à sustentabilidade.

2. Eficiência energética: Permite-nos observar um motor de ciclo fechado sustentável que reaproveita o calor de forma eficiente.

3. Desenvolver habilidades técnicas e a Criatividade: Realizar a montagem de componentes mecânicos, aplicar técnicas, selecionar materiais adequados e solucionar variáveis que surgem durante o desenvolvimento do projeto estimula um aumento de habilidades e criatividade.

4. Compreender a Termodinâmica: Permite compreender na prática o processo da energia térmica em energia mecânica, além do conceito de expansão de gases e compressão.

O Projeto de construção do Motor de Stirling tem como principais metas a serem obtidas através da montagem os tópicos acima, mas também

COMO FUNCIONAM?

As máquinas térmicas operam com o objetivo de converter energia térmica (calor) em energia mecânica (trabalho). Esse processo ocorre por meio de ciclos termodinâmicos, nos qual o trabalho, geralmente gás ou vapor absorve calor de uma fonte quente, realiza trabalho ao se expandir e libera o calor excedente para uma fonte fria. O funcionamento dessas máquinas é baseado nas leis da Termodinâmica, principalmente na primeira, que trata da conservação de energia, e na segunda, que define os limites da conversão de calor em trabalho.

Durante o ciclo, o fluido sofre transformações de temperatura, pressão e volume. Quando o fluido é aquecido, ele se expande, empurrando um pistão ou turbina, que gera trabalho mecânico. Depois, ele é resfriado e retorna à sua forma original para reiniciar o ciclo. Exemplos de máquinas térmicas incluem os motores a combustão interna, motores a vapor e motores Stirling. O Stirling utiliza a diferença de temperatura entre duas regiões para movimentar pistões.

A eficiência das máquinas térmicas está diretamente relacionada à diferença de temperatura entre a fonte quente e a fonte fria, sendo que, teoricamente, o máximo rendimento possível é descrito pelo ciclo de Carnot. Mesmo assim, perdas de energia são inevitáveis, tornando impossível um aproveitamento 100% eficiente do calor.

MATERIAS UTILIZADOS

- Dois conectores de chuveiro (25 e 30 Amperes);
- 2 Raia de bicicleta 3mm;
- Furadeira com broca de ferro de 2mm;
- 2 latinhas de refrigerante de 350ml, 1 lata de atum, 1 lata de desengrasante ;
- 1 Lixa;
- Cola de silicone;
- 1 Bexiga;
- 1 pedaço de cano, e um cotovelo de pvc;
- Abridor de lata, alicates diversos, chave Philips pequena, tesoura, régua, estilete, pistola de cola quente, serra pequena.

MONTAGEM

1. Primeiramente para montagem da câmara do Pistão pegamos a lata de refrigerante e retiramos a parte superior onde fica o lacre, encaixamos ela e vedamos com cola silicone.
2. Cortamos uma tira de aproximadamente 7 cm de Bombril, enrolamos essa tira em volta de um canudo. Passamos um pedaço de arame por dentro do canudo e modelamos uma espiral com o arame, que servirá como base de sustentação para a lâ de aço. Na extremidade oposta, retiramos o canudo e faça uma pequena argola na ponta do arame, bem próxima ao final do Bombril e amarramos a linha de pesca nessa argola e certificamos que o pistão esteja se movimentando livremente dentro da lata.
3. Em seguida cortamos o gargalo de uma garrafa com a tampa e lixamos a borda e furamos o centro da tampa com uma agulha quente e esticamos um arame sobre a tampa e faça dois furos laterais para fixá-lo e dobramos o arame em "U" com uma curva em "V" no centro, ajustando as pontas nos furos, sem cobrir o furo central.
4. Em seguida para montagem da tampa do pistão encaixamos o arame nos furos feitos na tampa da garrafa, já com o gargalo separado. Usando a cola quente para fixar bem, tomando cuidado para não tampar o furo central. Em seguida, pegue uma bexiga e corte cerca de um dedo e meio após a sua boca. Corte também a parte do fundo da bexiga, removendo cerca de 5 mm. Passando a parte maior da bexiga pela abertura da garrafa e encaixe a parte menor na parte inferior da rosca do gargalo. Usamos um elástico para prender firmemente, garantindo uma vedação eficaz, sem vazamentos de ar e então rosquear a tampa de volta ao gargalo e aperte bem.
5. Pegamos dois CD, colamos um sobre o outro e deixe secar. Em seguida, fixamos duas arruelas, uma de cada lado, usando cola quente. Depois, posicionamos um conector de chuveiro de 30 amperes no centro de um dos CDs, garantindo que um parafuso do conector fique exposto para encaixar o virabrequim
6. Para unir o pistão de Bombril com o pistão de bexiga pegamos a linha presa no pistão de Bombril e passamos pelo furo, posicionando a tampa no centro

- da lata. Depois pegamos um elástico e colocamos ao redor da bexiga, fixando-a na borda da lata.
7. Para o Virabrequim pegamos um pedaço de arame e fizemos a montagem do virabrequim;
 8. Para fazer a parte superior do motor pegamos a outra latinha e removemos a parte superior. E ao fazer um furo em cada extremidade da lata, a 180° de distância, cerca de 2 cm abaixo da borda superior encontramos o ponto central entre os dois furos e marcamos com uma caneta. Depois fizemos uma marcação adicional a 6 cm para baixo, na direção da base da lata, traçamos um círculo com base nos dois pontos marcados e corte-o e depois retiramos o fundo da lata.
 9. Para a montagem do virabrequim posicionamos o Virabrequim nos furos de 180° , de forma que os parafusos dos conectores fiquem para a frente, na direção do círculo aberto na lata. Em uma das extremidades, colocamos o CD e, na outra, o conector e em seguida acoplamos as duas latas e conectamos os arames nos conectores do Virabrequim e por fim o conector central na parte inferior do percursor, passamos a linha de pesca e fixamos no lugar.
 10. Após montar o motor, colocamos uma vela dentro da lata e aguardamos o ar no recipiente aquecer. E observamos o motor em funcionamento.

IMAGENS DO MOTOR JÁ PRONTO





CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a execução prática da montagem do motor de Stirling nos possibilitou aplicar na prática os conceitos da Engenharia e Física, de forma que se evidencia o fato de que a aplicação prática da teoria permite um melhor entendimento do conteúdo teórico.

Além de nos mostrar que nem sempre a execução prática vai seguir perfeitamente igual na teoria, pois muitas vezes aparecem variáveis no projeto que podem influenciar negativamente o funcionamento do motor por conta da qualidade baixa de um material utilizado ou usado de uma maneira ineficiente.

REFERÊNCIAS

ASTH, Rafael. Teorema de Pitágoras. **Toda Matéria**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/teorema-de-pitagoras/>. Acesso em: 23 set. 2023.

BLOG SPOT. Disponível em: <https://manualdomotorstirling.blogspot.com>. Acesso em: 23 set. 2023.

ENGENHARIA 360. Disponível em: <https://engenharia360.com/transplante-de-traqueia-impressa-em-3d/> . Acesso em: 23 set. 2023.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/motor-stirling.htm>. Acesso em: 23 set. 2023.

TERMODINÂMICA APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DO MOTOR DE STIRLING

Eloine Cristina da Silva
Karoline Pereira Pacheco
Stella Cordeiro Viana do Nascimento
Prof. Wagner Westin Rocha

254

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo a construção e análise do funcionamento de um protótipo do motor Stirling utilizando materiais recicláveis, com o objetivo de compreender os conceitos da termodinâmica. O estudo abrange tanto a parte prática, que envolve a execução do protótipo com auxílio de vídeos do YouTube, quanto a parte teórica, que descreve os componentes do motor e explica seu princípio de funcionamento.

2 OBJETIVOS

O objetivo da execução do motor Stirling é compreender o funcionamento de uma máquina térmica e, conseqüentemente, os conceitos da termodinâmica, destacando a conversão de energia térmica em energia mecânica sem a necessidade de energia elétrica. Espera-se que o motor opere em um ciclo fechado, aproveitando a diferença de temperatura entre uma fonte quente e uma fonte fria para gerar um processo isobárico, caracterizado pela variação de volume e um processo isocórico. Essa variação de volume, por sua vez, impulsiona a conversão da energia térmica em energia mecânica por meio da expansão de um recipiente, resultando no movimento de um disco. Além disso, o trabalho visa analisar as vantagens e limitações do motor Stirling em comparação a outros ciclos termodinâmicos, destacando sua relevância para aplicações sustentáveis e tecnológicas.

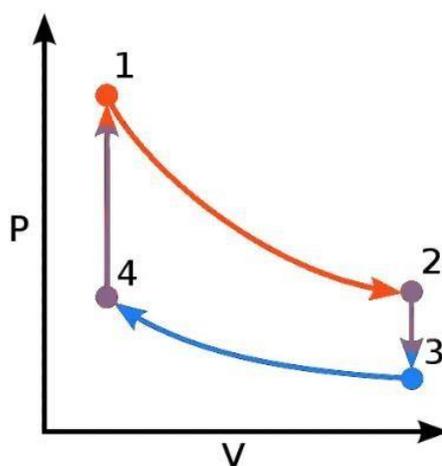
3 REFERENCIAL TEÓRICO

O motor Stirling funciona em ciclo, ou seja, há um padrão que se repete. Em suma, o motor é composto por um sistema sujeito ao calor e ao resfriamento. Quando o sistema recebe calor, o gás no interior do recipiente se expande e quando ele se resfria, esse mesmo gás se contrai.

Segundo YOUNG, H. D um gás que se expande sempre gera trabalho positivo, ou seja, a expansão de um gás irá gerar pressão na superfície do recipiente, variando o volume dele positivamente. Por sua vez, quando o gás contrai por uma queda de temperatura há um trabalho negativo sobre o sistema, neste caso, o recipiente irá se contrair.

O processo se dá por processos isobáricos e isocóricos e pode ser explicado no gráfico abaixo:

Figura 1 - Gráfico motor Stirling



Fonte: Rafael Helerbrock (2020)

Como mencionado anteriormente, a dilatação e a compressão de um recipiente, gera a movimentação de um disco acoplado ao sistema. Desta forma, todo esse processo contribui para a transformação de energia térmica em energia mecânica.

4 METODOLOGIA

Para viabilizar a execução do motor, foi usado materiais recicláveis de fácil manuseio e vídeos do YouTube com dicas sobre a montagem, juntamente com materiais sobre conceitos da termodinâmica.

Podemos separar o motor em cinco partes: **01** – Suporte para vela (ambiente quente); **02**- suporte para água fria (ambiente frio); **03** – Recipiente sujeito ao aquecimento e resfriamento; **04** – êmbolo; **05** – conexões do embolo com o disco e o disco.

O material usado foi a lata, pois é feita por um metal (alumínio), tendo como característica uma boa condução térmica. Para unir as partes em metal, foi usado a solda.

Figura 2 – Recipiente



Fonte: Autoras (2025)

Figura 3 - Suporte H2O fria



Fonte: Autoras (2025)

Figura 4 - Disco



Fonte: Autoras (2025)

Figura 5 – Êmbolo



Fonte: Autoras (2025)

Figura 6 – Virabrequim



Fonte: Autoras (2025)

Figura 7 - Protótipo completo



Fonte: Autoras (2025)

Para o suporte da vela (01), foi cortado uma lata para proteger a chama e para repousar o motor. O contato do recipiente (03) com a vela aquece o ar em seu interior, que por sua vez empurra o êmbolo (04), feito de fundo de lata, para cima. No êmbolo foi anexado uma haste que aciona um eixo de rotação no virabrequim, que acaba por rotacionar o disco (05).

5 DESENVOLVIMENTO

Por mais que esse modelo de combustão externa seja um exemplo de motor de fraco desempenho, durante sua concepção percebeu-se uma enorme quantidade de detalhes, evidenciando o quanto o motor stirling é complexo exigindo atenção aos seus mínimos detalhes.

É preciso vedar completamente o sistema, pois ele aproveita sempre o mesmo gás para funcionar, e se existir alguma fresta ele vai diminuir seu desempenho e até apresentar falhas. Assim, como pôde-se perceber durante o procedimento que quanto maior a diferença de temperatura entre os “pistões”, com mais eficiência o motor de stirling realiza sua função e que se retirarmos a fonte de calor ele automaticamente deixará de funcionar.

Além disso, esse motor permite explorar conceitos fundamentais da termodinâmica, processo isocórico e isobáricos citados no referencial teórico desse trabalho. Que executam papéis de extrema importância na execução desse projeto.

Suas maiores vantagens a outros tipos de motores, seria uma energia limpa e segura, sendo utilizado como substituto do motor a vapor, pois o mesmo era instável e poderia causar acidentes com explosões, enquanto o motor stirling permitia a gerar energia sem causar transtornos sonoros e perigos a vida de seus executantes.

6 RESULTADO

Durante o processo de execução do protótipo, foi percebido a falha de seu sistema, evidenciando o que antes fora estudado, se não existir vedação completa de seus “pistões” o motor terá uma falha de execução. Bem como notou-se que a utilização de latas de alumínio não ser somente por uma montagem reciclável e mais barata e sim por ter baixa densidade e boa condutividade térmica.

Após a correção do vazamento com solda, o motor melhorou seu desempenho, mas não com perfeição, pois uma de suas características é ter melhor desempenho em ambientes de temperatura baixa, e o protótipo foi executado em um local (Londrina – Pr, 24/03/2025) cuja temperatura estava próximo de 31 graus.

Portanto, é correto afirmar que apesar de dificuldades, o procedimento atingiu seu objetivo de exemplificar o funcionamento de uma máquina térmica.

7 DISCUSSÃO

A construção do motor evidenciou desafios práticos que influenciam seu desempenho, especialmente a necessidade de uma vedação eficiente. Pequenos vazamentos comprometeram o funcionamento do motor de stirling, exigindo correções para minimizar as perdas. Além disso, a eficiência do motor depende diretamente da diferença de temperatura entre as fontes, e por ter sido executado em temperatura ambiente elevada, a troca de calor foi limitada, reduzindo o desempenho do motor.

A escolha do alumínio como material principal mostrou-se vantajosa por sua leveza e condutividade térmica, mas apresentou desafios na vedação e fixação das peças. Podendo ser utilizado em um próximo protótipo materiais de semelhante condutividade, mas com funcionalidade superior.

Ao comparar o modelo teórico com o executado, percebe-se que perdas térmicas, atritos e limitações estruturais impedem um funcionamento ideal. O experimento mostrou que, embora que o motor stirling tenha grande potencial, é necessário que existam adaptações para torná-lo mais eficiente em aplicações práticas.

8 CONCLUSÃO

No motor de stirling as fases não ocorrem de forma ideal conforme a teoria, não é realizado a compressão e depois o aquecimento, muito menos a expansão e depois o resfriamento. Suas fases ocorrem de forma mútua.

E o desenvolvimento deste protótipo conseguiu exemplificar de forma didática os princípios fundamentais do funcionamento de uma máquina térmica. Além disso, o experimento reforçou a importância da precisão na montagem e da escolha adequada dos materiais para garantir melhor desempenho.

Mesmo com desafios, o objetivo do trabalho foi alcançado, e ficou evidente o potencial do motor stirling para soluções sustentáveis.

REFERÊNCIAS

CRESTANI, Marcelo. **Projeto de Construção de um Motor Stirling do Tipo Gama com Elementos Mecânicos Mutáveis**. Pato Branco, 2016.

HELERBROCK, Rafael. **Motor Stirling**. 2020. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/motor-stirling.htm>. Acesso em: 27 mar. 2025

YOUNG, H. D. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo, 2008.

FISICA 2 – ATIVIDADE INTEGRADORA: MOTOR STIRLING

Fabio Gomes da Silva
Victor Augusto Moro Rios
Prof. Wagner Westin Rocha

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será abordado o motor de Stirling, não muito conhecido como os motores a gasolina, álcool e diesel que são bem comuns no nosso dia a dia. O motor de Stirling foi desenvolvido por Robert Stirling no ano de 1816, junto com seu irmão que era engenheiro, o diferencial deste motor é que sua combustão é externa, combustão que ocorre fora do motor, e utiliza como fluido de trabalho o ar aquecido pela combustão, e seu principal objetivo na época era substituir os motores a vapor, por causa de suas recorrentes explosões nas caldeiras.

2 JUSTIFICATIVA

O motor Stirling é uma máquina térmica (um motor de combustão externa) que funciona com um ciclo fechado e permite demonstrar princípios fundamentais da termodinâmica como a transferência de calor (troca térmica) e expansão e compressão dos gases. Também permite observar conceitos como eficiência energética, trabalho mecânico, entre outros.

A atividade de construção de um motor Stirling caseiro permite aplicar e observar na prática os conceitos da primeira lei da termodinâmica de forma segura pois não envolve explosões como os motores de combustão interna.

3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo construir um motor Stirling utilizando materiais alternativos e acessíveis possibilitando a demonstração dos conceitos estudados na matéria de Física II, facilitando o entendimento através de um exemplo concreto e palpável.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Princípios termodinâmicos do motor Stirling:

1. **Expansão isotérmica** (a alta temperatura);
 - O gás se expande, absorvendo calor da fonte quente (ex.: chama de uma vela).
2. **Resfriamento isocórico** (volume constante);
 - O gás passa por um regenerador, perdendo calor para o meio.
3. **Compressão isotérmica** (a baixa temperatura);
 - O gás é comprimido, liberando calor para a fonte fria.
4. **Aquecimento isocórico** (volume constante);
 - O gás retorna à fonte quente, reiniciando o ciclo.

O rendimento máximo (η) é limitado pelo **Ciclo de Carnot** (Oliveira; Dechoum, 2003):

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Onde:

- T_2 = Temperatura da fonte fria (K)
- T_1 = Temperatura da fonte quente (K)

5 DESENVOLVIMENTO DO MOTOR

Materiais utilizados:

- 2 Latas de alumínio 220ml;
- 1 raio de bicicleta (bitola 2mm);
- Bombril;
- 1 conexão joelho PVC 1/2”;
- 1 tubo desodorante spray;
- 1 bexiga;
- 1 luva de borracha;
- 1 conector de chuveiro elétrico;
- 2 CD's;

- 2 tampas de caixa de leite;
- Silicone para alta temperatura;
- Cola instantânea;
- 2 palitos de pirulito;
- 1 moeda de 10 centavos;
- 1 pote plástico de iogurte.

Para a construção do motor foram realizados os seguintes passos:

1 – Recortar 2 centímetros do topo de uma das latas utilizando um estilete e/ou tesoura. Após o recorte lixar as bordas para retirar qualquer rebarba.

2 – Lixado o Joelho de pvc utilizando uma das latas (ainda cheia) para que ele adquira o formato da superfície curva igual à superfície da lata.

3 – Colado o Joelho de pvc na lata utilizando cola instantânea. Para colar na medida correta a lata foi posicionada com o corte para baixo, apoiada, e o Joelho também apoiado, garantindo assim o melhor alinhamento da posição de 90 graus.

4 – Depois de colar o Joelho, foi feito um furo na superfície interna da lata, concêntrico ao furo do Joelho de pvc, lixado para retirar rebarbas.

5 – Para a confecção do pistão foi utilizado arame mais espesso o qual foi curvado até que se obtivesse o diâmetro da face interna da lata (pouco menor) e uma haste central.

6 – Envolver o arame com o bombril para que não houvesse atrito do arame com a parede do cilindro, adicionando mais uma camada de bombril circularmente, envolvendo a haste central, formando assim o pistão.

7 – Travar o bombril no pistão utilizando uma parte da lâmina da latinha recortada. Um pedaço de 4cm por 1,5 centímetros, dobrado e furado na parte central.

8 – Para fabricar a parte superior foi lixada a parte superior da lata para que a tampa se soltasse.

9 – Feito dois furos alinhados, nos extremos da lata a 1,5cm do topo, para a passagem do virabrequim. E também um furo bem no meio da base, para a passagem da haste central do pistão.

10 – Foi realizado um recorte circular na lateral da lata, para que pudesse ser feita a instalação da biela na haste do pistão. Após o recorte, lixado para retirar rebarbas.

11 - No furo centralizado da base foi colado com cola instantânea um canudo de pirulito, com diâmetro interno suficiente para a passagem da haste do pistão.

12 – Para a fabricação do volante foram colados concetricamente dois CDs utilizando cola instantânea. Depois de colados posicionamos uma das tampinhas da caixa de leite, já com um furo, centralizada com os cds.

13 – Depois de colada a tampa nos cds, foi fixado nela (também concêntrico) o conector de chuveiro utilizando silicone, para que posteriormente fixar o virabrequim.

14 – Recortar o fundo da lata de desodorante, a 2 centímetros da base, furar o centro da base com broca 12mm.

15 – Colar base da lata de desodorante na outra face reta do Joelho de pvc, utilizando cola instantânea.

16 – Recortar ponta do balão, marcando a extremidade central.

17 – Vestir balão recortado no corpo da base da lata de desodorante, mantendo a extremidade sinalizada centralizada.

18 – Cortar uma faixa do dedo da luva de borracha, e vestindo a tira por fora do balão, funcionando como uma espécie de cinto ou abraçadeira, evitando que o balão se solte ou seja puxado.

19 – Recortar base do pote de iogurte para que ele vista a lata, permitindo o encaixe abaixo do Joelho. Depois de recortar colar com cola instantânea e vedado com silicone de alta temperatura.

20 – Utilizando o raio de bicicleta, realizar dobras para obter um curso de 2cm (movimento de subida e descida do pistão)

21 – Instalar o virabrequim na parte superior do motor, conectando-o ao volante

22 – Adicionar no virabrequim pedaços de canudo de pirulito para que as bielas sejam fixadas nos canudos, evitando o atrito com o virabrequim.

23 – Colar moeda de 10 centavos centralizada com a marcação central do balão.

24 – Utilizando o raio de bicicleta confeccionar duas bileas para que sejam conectadas à haste do pistão e colada na moeda de 10 centavos, conectando assim as câmaras ao virabrequim.

25 – Montagem do forno, recortando uma lata de diâmetro maior que a lata de refrigerante, adicionando furações para entrada de ar.

Imagem 1 - Motor Stirling.



Fonte: autoria própria.

6 CONCLUSÃO

Embora seguindo todos os passos conforme as orientações dos vídeos, não obtivemos sucesso no funcionamento do motor, mesmo ajustando e adaptando alguns componentes. Fizemos uma nova tentativa, construindo um segundo motor, porém também sem sucesso.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, P. M. C. DE; DECHOUM, K.. Facilitando a compreensão da segunda lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 4, p. 359–363, nov. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442003000400004>. Acesso em: 02 abr. 2025.

ATIVIDADE INTEGRADORA

DISCIPLINA: FÍSICA II

Leonardo Pereira de Castro Valle

Prof. Wagner Westin Rocha

INTRODUÇÃO

Diferente dos motores de combustão interna, que queimam combustível diretamente para gerar movimento, o motor de Stirling opera a partir de uma fonte externa de calor, permitindo seu uso em uma ampla variedade de aplicações, desde sistemas de geração de energia renovável até propulsão de veículos e aplicações aeroespaciais. Seu princípio de funcionamento se baseia nas leis da termodinâmica, especificamente no ciclo Stirling, composto por processos isotérmicos e isocóricos que garantem a conversão eficiente da energia térmica em trabalho mecânico.

Este trabalho tem como objetivo explorar o funcionamento teórico do motor de Stirling, sua relevância no contexto da engenharia e da física, e os desafios envolvidos em sua construção e aplicação.

HISTÓRICO E PRIMEIRAS APLICAÇÕES

O motor de Stirling foi inventado em 1816 pelo engenheiro e reverendo escocês Robert Stirling, com o objetivo de criar uma alternativa mais segura às máquinas a vapor, que frequentemente explodiam devido às altas pressões internas. O design do motor de Stirling permitia a conversão de calor em trabalho mecânico sem a necessidade de combustão interna, tornando-o mais confiável e seguro para diversas aplicações.

As primeiras aplicações desse motor incluíram:

- **Bombas hidráulicas:** O motor de Stirling foi usado no bombeamento de água em propriedades rurais e indústrias no século XIX.
- **Máquinas industriais pequenas:** O motor foi testado em pequenos equipamentos que exigiam operação contínua e silenciosa.

- **Geração de energia para iluminação:** Em algumas localidades, foi empregado para alimentar lâmpadas a gás com sistemas de geração de energia térmica.

Apesar de sua eficiência e segurança, o motor de Stirling acabou perdendo espaço para os motores de combustão interna, que eram mais potentes e compactos para aplicações industriais e automobilísticas. No entanto, com os avanços tecnológicos e a necessidade crescente de fontes de energia sustentáveis, o motor de Stirling voltou a ser estudado para diversas aplicações modernas.

FUNCIONAMENTO DO MOTOR STIRLING

O motor Stirling é um tipo de motor de calor que opera através da expansão e contração cíclica de um gás (geralmente hélio, hidrogênio ou ar) em diferentes temperaturas, convertendo energia térmica em trabalho mecânico. Diferente dos motores de combustão interna, ele é um motor de combustão externa, o que significa que a fonte de calor está fora do motor.

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O motor Stirling segue o Ciclo de Stirling, que consiste em quatro processos termodinâmicos que são eles expansão isotérmico, resfriamento a volume constante, aquecimento em volume constante, aquecimento a volume constante:

Expansão Isotérmica (aquecimento do gás):

- O gás dentro do cilindro é aquecido por uma fonte externa (como queima de combustível, energia solar etc.).
- O gás se expande, empurrando o pistão de potência (pistão quente), gerando trabalho mecânico.

Resfriamento a Volume Constante (transferência de calor para o regenerador):

- O gás em expansão passa por um regenerador (um material poroso que armazena calor temporariamente).

- Parte do calor do gás é absorvida pelo regenerador, reduzindo sua temperatura sem alterar o volume significativamente.

Compressão Isotérmica (resfriamento do gás):

- O gás agora resfriado é comprimido pelo pistão de deslocamento (pistão frio), liberando calor para o dissipador (fonte fria).
- Isso requer menos energia do que a gerada na expansão, resultando em trabalho líquido positivo.

Aquecimento a Volume Constante (recuperação de calor do regenerador):

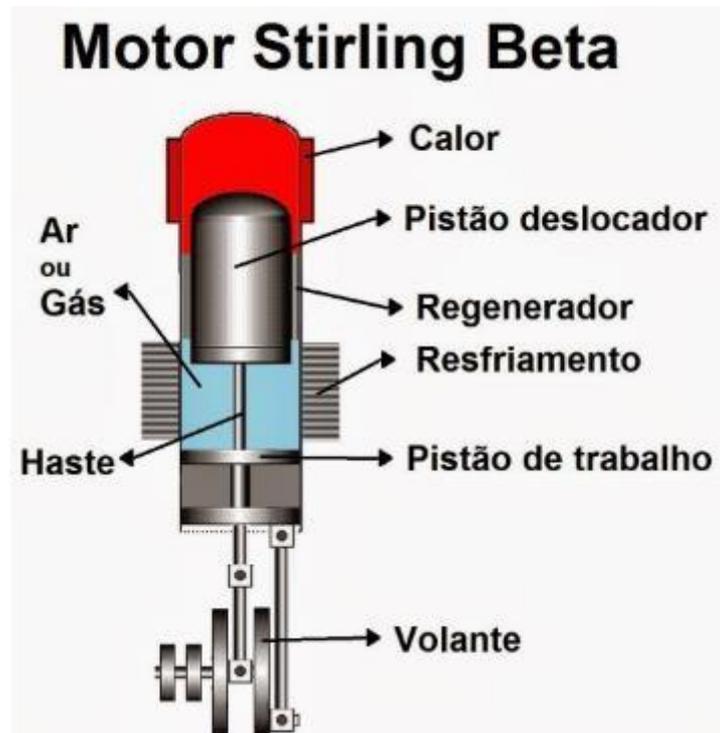
O gás comprimido passa novamente pelo regenerador, recuperando o calor armazenado e se preparando para o próximo ciclo.

Aplicação e construção do Motor Stirling Beta

O motor de Stirling funciona aproveitando a expansão e contração de um gás dentro de um cilindro fechado.

1. **Aquecimento (parte superior da imagem - vermelha):** O calor é aplicado na parte superior, aquecendo o gás dentro do cilindro. Esse gás se expande e empurra o pistão de trabalho para baixo.
2. **Movimento do pistão deslocador:** O pistão deslocador movimenta o gás entre as áreas quente (superior) e fria (inferior).
3. **Resfriamento (parte azul da imagem):** O gás quente passa pelo regenerador e chega à parte fria, onde perde calor e se contrai, puxando o pistão de trabalho para cima.
4. **Ciclo contínuo:** O movimento alternado dos pistões, junto com o volante, mantém o ciclo funcionando, convertendo a energia térmica em energia mecânica.

Esse processo se repete continuamente, gerando movimento mecânico a partir do calor conforme representa na imagem abaixo:



Teórico x Prática x Discussão

Durante a construção do motor, iniciamos com a criação do corpo principal utilizando materiais recicláveis e acessíveis. O pistão deslocador foi confeccionado com material leve, garantindo um bom deslocamento do ar entre as extremidades quente e fria. O pistão de trabalho foi ajustado com precisão para evitar vazamentos.

Um dos principais desafios encontrados foi garantir o isolamento térmico adequado para manter a diferença de temperatura entre as duas extremidades do cilindro. Para isso, utilizamos materiais isolantes na base fria e uma pequena vela na extremidade quente.

O motor construído foi capaz de operar por alguns minutos, convertendo o calor da vela em movimento rotativo contínuo. Foi possível observar o ciclo completo de expansão e compressão do gás, e a rotação do volante confirmou o funcionamento. Comparando com as expectativas iniciais, o motor superou a meta de funcionar de forma contínua e visível, embora com uma eficiência limitada. De acordo com a literatura, motores Stirling reais podem atingir eficiência de até 40% sob condições ideais; no nosso caso, a eficiência foi baixa devido às limitações de materiais e fontes de calor simples.

Apesar disso, o aprendizado sobre transferência de calor, vedação, ciclo termodinâmico e montagem mecânica foi extremamente enriquecedor. A construção prática permitiu compreender, na prática, conceitos vistos em sala de aula.

Usei 2 latas, esponja de aço, bexiga, elásticos, uma linha, arames, tampa de garrafa, uma tampa circular,

Conforme foi realizado o motor ficou conforme imagem abaixo:

		
Equipamentos usados	Parte de baixo do projeto	Projeto finalizado

CONCLUSÃO

Estudar o motor Stirling Beta me mostrou como essa tecnologia, apesar de antiga, ainda é cheia de possibilidades. É surpreendente ver como algo aparentemente simples — a expansão e contração de um gás dentro de um cilindro — pode gerar movimento de forma tão eficiente. Saber que esse motor foi criado há mais de 200 anos e ainda pode ser útil hoje em dia só reforça o quanto ele é inteligente e versátil.

Construir e testar esse motor foi uma experiência muito enriquecedora. Além de entender na prática como funciona a conversão de calor em movimento, também foi uma oportunidade de aplicar conhecimentos de várias áreas, como física e engenharia.

Depois dessa experiência, passei a valorizar ainda mais a engenharia térmica e percebi como ideias do passado ainda podem ajudar a enfrentar os desafios energéticos que temos hoje. Em um mundo cada vez mais preocupado com fontes de

energia limpa e sustentável, tecnologias como o motor Stirling podem ter um papel importante em diferentes áreas, desde a geração de energia até aplicações mais avançadas, como no espaço.

REFERÊNCIAS

BLOG SPOT. Disponível em: <https://manualdomotorstirling.blogspot.com/> . Acesso em: 20 set. 2023.

IFMG. Disponível em: https://www.ifmg.edu.br/arcos/ensino-1/tai/20171_TAI1_Motorstirling.pdf . Acesso em: 20 set. 2023.

YOUTUBE. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=DVAMJ-CcYJA&embeds_referring_euri=https%3A%2F%2Fmanualdomotorstirling.blogspot.com%2F&source_ve_path=MjM4NTE . Acesso em: 20 set. 2023.

ATIVIDADE INTEGRADORA: MOTOR STIRLING

Ricardo E. Wenzel
Dennis de Paula Lopes
Gustavo Luciano
Prof. Wagner Westin Rocha

271

1 INTRODUÇÃO

O motor Stirling é um tipo de motor térmico que opera com base na expansão e contração de um gás em um ciclo fechado, convertendo energia térmica em trabalho mecânico. Diferente dos motores à combustão interna, ele pode operar com diversas fontes de calor, sendo uma alternativa eficiente e sustentável.

Este projeto visa a construção de um motor Stirling utilizando materiais recicláveis, promovendo a criatividade e solução de problemas dentro dos princípios da engenharia, assim aplicando os conhecimentos adquiridos em aula em sua construção.

2 OBJETIVOS

- Construir um motor Stirling funcional utilizando materiais recicláveis.
- Aplicar conceitos de transferência de calor e mecânica para compreender seu funcionamento e sua importância em uma forma didática .
- Desenvolver habilidades de engenharia na seleção de materiais adequados e na resolução de problemas técnicos durante a montagem.
- Avaliar o desempenho do motor

3 METODOLOGIA

O motor foi construído utilizando materiais recicláveis para enfatizar a sustentabilidade e a criatividade na engenharia. Os materiais empregados incluíram: uma tábua para a base do experimento, lata de repelente, seringa, agulha, parafusos, mangueira de aparelho de inalação, veda rosca, três DVDs, uma raia do aro de

bicicleta ligeiramente torto, uma vela e um pequeno motor. Para a montagem, foram utilizadas ferramentas como furadeira, alicate, cola quente, cola adesiva, chave Philips, estilete e parafusos para apoio. O motor foi montado conforme as instruções do vídeo de referência (<https://www.youtube.com/watch?v=tALaRwkQbhE&t=26s>). Durante o processo, houve dificuldade na obtenção de algumas peças e na montagem do motor devido à precisão necessária para o funcionamento adequado.

4 DESENVOLVIMENTO

O motor Stirling foi inventado em 1816 por Robert Stirling e se destaca por sua eficiência energética e funcionamento silencioso. Ele opera por meio de um ciclo termodinâmico fechado, no qual um gás é aquecido e resfriado alternadamente para gerar movimento. Este tipo de motor é estudado em física aplicada e engenharia mecânica devido ao seu alto rendimento teórico, sendo utilizado em aplicações que exigem eficiência e baixas emissões.

O processo de construção exigiu atenção à escolha e adaptação dos materiais recicláveis, visando garantir um funcionamento adequado dentro das limitações impostas. O maior desafio foi o alinhamento correto das peças, pois a raia, por estar pouco torto desbalanceada, comprometeu a estabilidade e suavidade do movimento do motor. Além disso, a vedação inadequada de algumas partes causou perdas de eficiência no ciclo térmico, dificultando a rotação contínua. Apesar dessas dificuldades, ajustes foram feitos para minimizar os problemas e permitir que o motor conseguisse girar, ainda que com dificuldades. A avaliação do desempenho mostrou que a rotação era instável e que melhorias estruturais seriam necessárias para otimizar seu funcionamento.

Imagem 01



Imagem 02



5 RESULTADOS

O motor girou, mas apresentou dificuldades significativas de rotação. O desempenho ficou abaixo do esperado, possivelmente devido ao desalinhamento das peças e ao atrito excessivo em certos componentes. Além disso, a escolha dos materiais recicláveis, embora sustentável, impôs limitações que dificultaram a obtenção de um desempenho mais eficiente.

6 DISCUSSÃO

Apesar das dificuldades, o projeto foi bem-sucedido em demonstrar os princípios básicos de funcionamento de um motor Stirling. O desempenho abaixo do esperado pode ser explicado por fatores como o uso de materiais recicláveis, que nem sempre possuem a precisão necessária para uma montagem ideal. A falta de um sistema de vedação mais eficiente e o atrito excessivo entre as peças foram pontos críticos que impactaram negativamente o funcionamento do motor. Para futuros projetos, seria interessante testar materiais diferentes e aperfeiçoar a montagem para reduzir o atrito e melhorar a eficiência do sistema. Além disso, um estudo mais aprofundado sobre os ciclos termodinâmicos envolvidos poderia contribuir para ajustes mais precisos na construção do motor.

7 CONCLUSÃO

O projeto permitiu a compreensão prática dos princípios físicos envolvidos no funcionamento do motor Stirling, além de desenvolver habilidades de engenharia e resolução de problemas. Embora o desempenho não tenha sido o ideal, a experiência foi enriquecedora e demonstrou a importância da precisão na construção de mecanismos térmicos. A escolha de materiais recicláveis trouxe desafios adicionais, mas também reforçou a criatividade e a capacidade de adaptação da equipe. Para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de materiais alternativos, a busca por melhor alinhamento estrutural e a otimização do design para melhorar a eficiência do motor.

REFERÊNCIAS

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I: mecânica**. 12. ed. Rio de Janeiro: A. Wesley, 2008.

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Física: um curso universitário: volume 1: mecânica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

Vídeo de referência: <https://www.youtube.com/watch?v=tALaRwkQbhE&t=26s>

