

SISTEMA AUTOMATIZADO DE COZIMENTOS DE TIJOLOS

Alunos: Eduardo P. Putti, João E. H. Freitas, Gabriel Dettenborn,
Raian Lobato

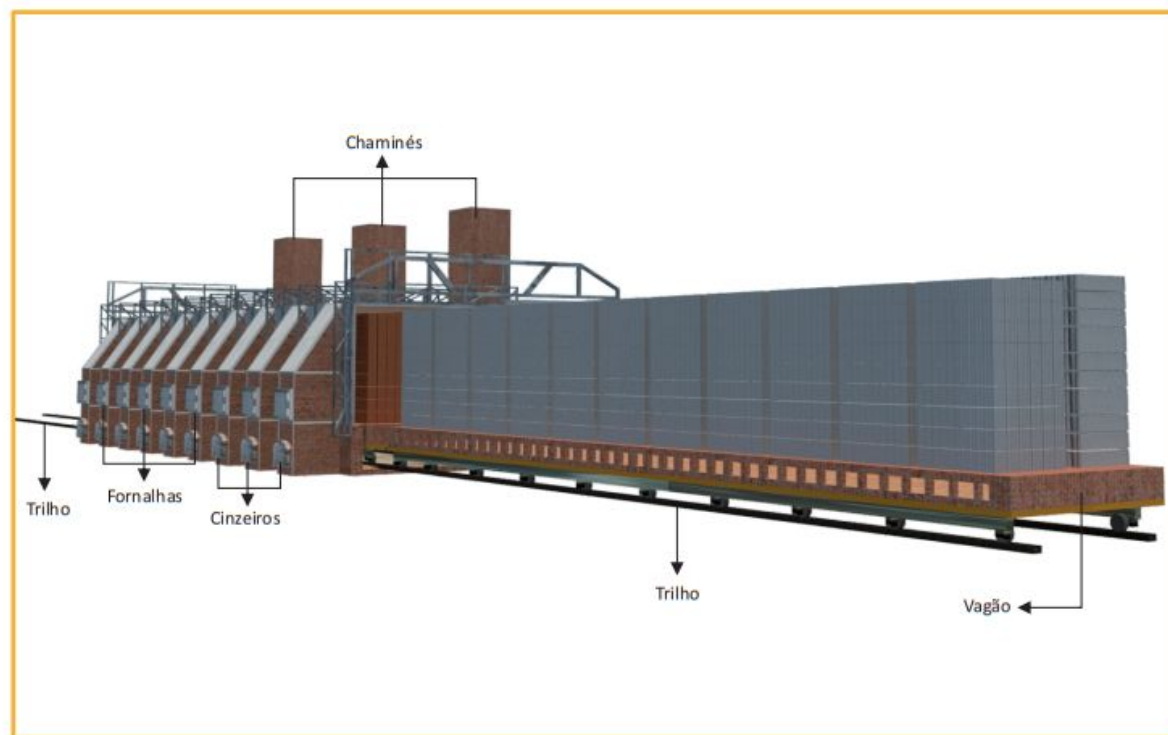
Professores: Renato Luis Bergamo, Leandro Chies

Chapecó, Julho de 2025

Demanda do projeto

- A demanda do projeto surgiu devido à ineficiência no processo de carregamento e descarregamento de tijolos do forno da Olaria Modesto, administrada por Alesson Guth Modesto.
- Alesson Guth Modesto destaca que olarias de pequeno porte enfrentam diversos desafios, além da automatização do descarregamento de tijolos nos fornos.
- Entre os problemas apontados pelo cliente, estão o alto consumo de material utilizado no cozimento dos tijolos e a ausência de um controle eficiente da temperatura do forno.
- O objetivo é reduzir os custos do cliente e propor uma solução viável.

Exemplo de Forno e Trilho



Fonte: Manual de Fornos Eficientes (2015)

Objetivo do Projeto

- Aprimorar a eficiência no processo de carregamento e descarregamento de tijolos dos fornos por meio da implementação de um sistema de trilhos automatizado.
- Gerenciar com maior precisão a temperatura interna dos fornos, garantindo um controle térmico mais eficaz e, conseqüentemente, uma melhor qualidade no cozimento dos tijolos.
- Reduzir o número de operadores necessários na retirada de uma fornada de tijolos do forno, promovendo melhores condições ergonômicas para os trabalhadores e diminuindo os riscos de acidentes decorrentes da exposição prolongada ao processo.

Metodologia

- Utilização do livro *Projeto Integrado de Produtos* como base metodológica para o forno com controle de temperatura, carregamento e descarregamento de tijolos de dentro do forno.
- Criação de soluções alternativas para um forno eficiente e economicamente viável.

1 - Projeto Informacional

- Esclarecer objetivos
- Estabelecer métricas para os objetivos
- Identificar restrições
- Revisar a declaração de problema do cliente

1.1 - Fundamentação Teórica

Cerâmica Pallotti

Histórico e Referência:

- Atuante há mais de 50 anos no mercado.
- Referência em cerâmica estrutural e de vedação no sul do Brasil.

Mercado e Expansão:

- Localizada em Santa Maria, no Rio Grande do Sul.
- Produz aproximadamente 14 tipos de blocos, atendendo tanto o mercado regional quanto países do Mercosul.
- Controle rigoroso de custos para uma precificação assertiva dos produtos.

1.1 - Fundamentação Teórica

Etapas Final Essencial:

- O forno é a última fase do processo, onde os blocos são submetidos a temperaturas de até 950°C por cerca de 28 horas.

Operação Contínua e Automatizada:

- Sistema contínuo: a cada 24 minutos, um vagão com tijolos prontos sai do forno e outro é inserido, totalizando 72 vagões em movimento.
- Operação automatizada com pistões controlados por temporizador, eliminando a necessidade de intervenção manual.

1.1 - Fundamentação Teórica

Estrutura do Setor:

- Predominantemente formado por micro e pequenas empresas de caráter familiar.
- Uso majoritário de tecnologias antigas (mais de 30 anos).

Tendência à Modernização:

- Crescente adoção de tecnologias modernas, como sistemas semi-automáticos e fornos túneis – exemplo observado na Cerâmica Pallotti.

1.1 - Fundamentação Teórica

Contribuição Econômica:

- Representa cerca de 1% do PIB nacional.
- Movimenta aproximadamente 60 milhões de toneladas de matéria-prima anualmente.

Capilaridade no Mercado:

- Cerca de 11 mil unidades produtoras em operação.

Geração de Empregos:

- Aproximadamente 300 mil empregos diretos, evidenciando sua importância para a economia.

1.1 - Fundamentação Teórica

O processo de fabricação de peças cerâmicas é constituído pelas seguintes etapas:

- Extração
- Pré-processamento
- Extrusão
- Secagem
- Cozimento

1.1 - Fundamentação Teórica

- Extração da matéria prima, processo feito a céu aberto com a ajuda de equipamentos de escavação



Fonte: Cerâmica Felisbino (2025)

1.1 - Fundamentação Teórica

- Com a argila armazenada começa o pré-processamento do material para ser transformado em peças cerâmicas.



Fonte: Cerâmica Felisbino (2025)

1.1 - Fundamentação Teórica

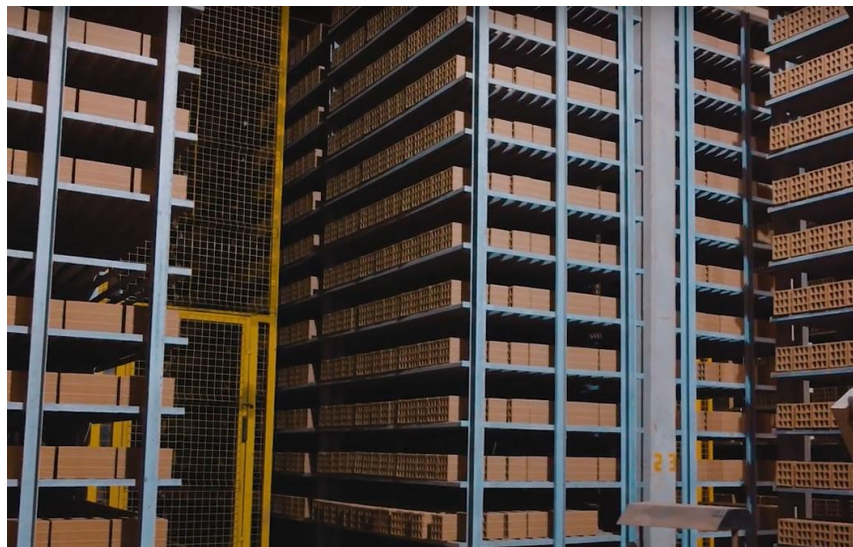
- As peças cerâmicas são formadas através do processo de extrusão



Fonte: A.J.M Sales (2014)

1.1 - Fundamentação Teórica

- A peça formada é levada para secar.



1.1 - Fundamentação Teórica

- Com a argila seca a peça é queimada e o tijolo está completo.



1.2 - Necessidades do Cliente, Especificações do Cliente e do Projeto

Após a análise da fundamentação, foi construído a tabela que sintetiza os atributos do projeto em perguntas e necessidades do cliente, que são utilizados para chegar nas especificações do cliente e do projeto:

link para acesso:

[Projeto Informacional \(página 1\)](#)

1.3 - Matriz Casa da Qualidade

Relaciona as diversas necessidades dos clientes, as especificações do projeto e os parâmetros quantitativos, o que leva a alcançar os alvos e metas:

link para acesso:

[Projeto Informacional \(página 2\)](#)

1.4 - Especificações do Projeto

Cada necessidade do cliente é utilizada para chegar nas especificações do projeto, que leva aos parâmetros quantitativos:

link para acesso: (Foca na coleta e organização de dados)

[Projeto Informacional \(página 3\)](#)

2 - Projeto Conceitual

- Estabelecer requisitos (especificações de função)
- Estabelecer meios para as funções
- Gerar alternativas de projeto
- Refinar e aplicar métricas nas alternativas de projeto
- Escolher um projeto

2.1 - Função global e seus desdobramentos

A função global representa a finalidade principal do sistema, ela expressa, de forma ampla e abstrata, o que o projeto deve realizar, sem indicar como essa realização será concretizada.

Formulada na estrutura “verbo + complemento”, a função global orienta todo o desenvolvimento do projeto, servindo como referência para a definição de requisitos e validação das soluções propostas.

link para acesso:

[Drawn.io](https://drawn.io)

2.2 - Matriz morfológica

A matriz morfológica é uma ferramenta de projeto que organiza, de forma visual, as possibilidades de itens a serem incluídos na construção de um forno.

link para acesso:

[Projeto Conceitual \(página 1\)](#)

2.3 - Combinação dos princípios de solução

A matriz de concepções é uma estrutura que sistematiza as diferentes possibilidades conceituais de um projeto, facilitando a comparação entre alternativas e a escolha da solução mais adequada aos objetivos propostos.

link para acesso:

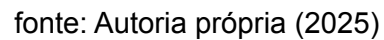
[Projeto Conceitual \(página 2\)](#)

2.4 - Matrizes de avaliação

Uma matriz de avaliação é uma ferramenta utilizada para estabelecer critérios e indicadores que orientam a análise, comparação e julgamento das diferentes alternativas ou soluções propostas.

link para acesso:

[Projeto Conceitual \(página 3\)](#)

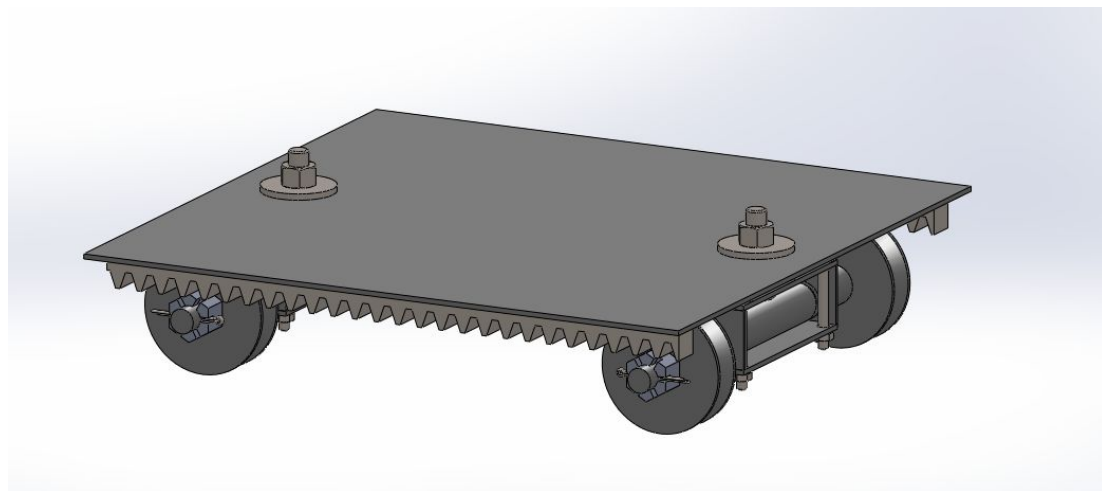


3 - Projeto Preliminar

- Modelar e analisar o projeto escolhido
- Testar e avaliar o projeto escolhido

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Carro de transporte de tijolos



fonte: Autoria própria (2025)

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Proporção de redução do forno

$$\begin{aligned}C_{tijolo} &:= 140 \text{ mm} & C_{carrinho} &:= 250 \text{ mm} & V_{tijolo} &:= C_{tijolo} \cdot L_{tijolo} \cdot A_{tijolo} = 0,0024 \text{ m}^3 \\L_{tijolo} &:= 90 \text{ mm} & L_{carrinho} &:= 260 \text{ mm} & V_{total} &:= Q_{tijolo} \cdot V_{tijolo} = 71,82 \text{ m}^3 \\A_{tijolo} &:= 190 \text{ mm} & A_{carrinho} &:= 251 \text{ mm} & P_{total} &:= Q_{tijolo} \cdot P_{tijolo} = 90000 \text{ kg} \\P_{tijolo} &:= 3 \text{ kg} & & & V_{carrinho} &:= C_{carrinho} \cdot L_{carrinho} \cdot A_{carrinho} = 0,0163 \text{ m}^3 \\Q_{tijolo} &:= 30000 & & & \alpha &:= \frac{V_{total}}{2 \cdot V_{carrinho}} = 2201\end{aligned}$$

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Proporção de redução do forno

$$\alpha_{\text{tamanho}} := 2$$

$$C_{\text{tijolo_r}} := C_{\text{tijolo}} \cdot \alpha_{\text{tamanho}}^{-1} = 0,07 \text{ m}$$

$$L_{\text{tijolo_r}} := L_{\text{tijolo}} \cdot \alpha_{\text{tamanho}}^{-1} = 0,045 \text{ m}$$

$$A_{\text{tijolo_r}} := A_{\text{tijolo}} \cdot \alpha_{\text{tamanho}}^{-1} = 0,095 \text{ m}$$

$$Q_{\text{tijolo_r_c}} := \frac{C_{\text{carrinho}}}{C_{\text{tijolo_r}}} = 3,5714$$

$$Q_{\text{tijolo_r_l}} := \frac{L_{\text{carrinho}}}{L_{\text{tijolo_r}}} = 5,7778$$

$$Q_{\text{tijolo_r_a}} := \frac{A_{\text{carrinho}}}{A_{\text{tijolo_r}}} = 2,6421$$

$$Q_{\text{tijolos_carrinho}} := 3 \cdot 5 \cdot 2 = 30$$

$$Q_{\text{tijolos_forno}} := 2 \cdot Q_{\text{tijolos_carrinho}} = 60$$

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Caixa pinhao



3.1 - Esboço do projeto em 3D

Distância entre centros da corrente

$$Z := 15$$

$$T := 12,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$C_{\text{aproximado}} := 0,2 \text{ m}$$

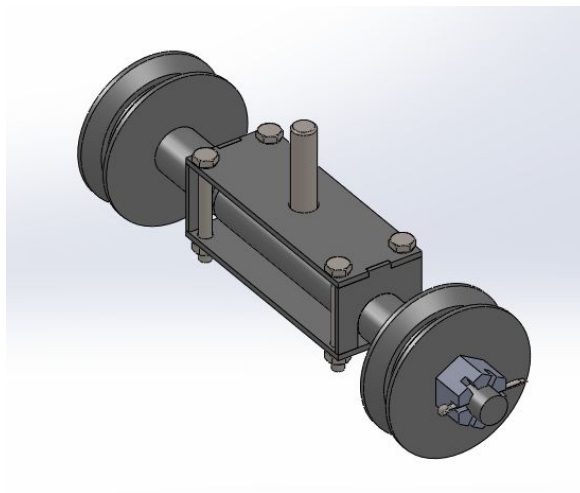
$$Y_{\text{elos_aproximado}} := Z + 2 \cdot \frac{C_{\text{aproximado}}}{T} = 46,4961$$

$$Y_{\text{elos}} := 46$$

$$C_r := \frac{T}{4} \cdot \left(Y_{\text{elos}} - Z + \sqrt{\left(Y_{\text{elos}} - Z \right)^2} \right) = 0,197 \text{ m}$$

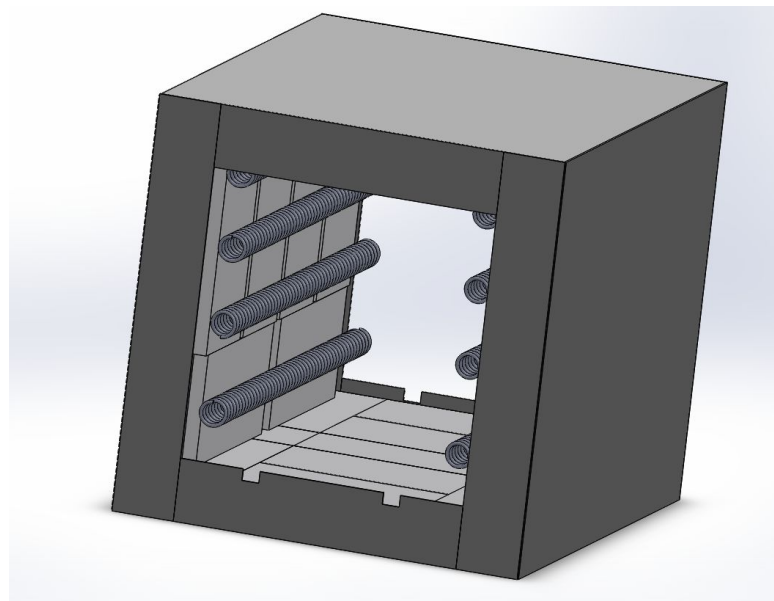
3.1 - Esboço do projeto em 3D

Eixo do carro de transporte de tijolos



3.1 - Esboço do projeto em 3D

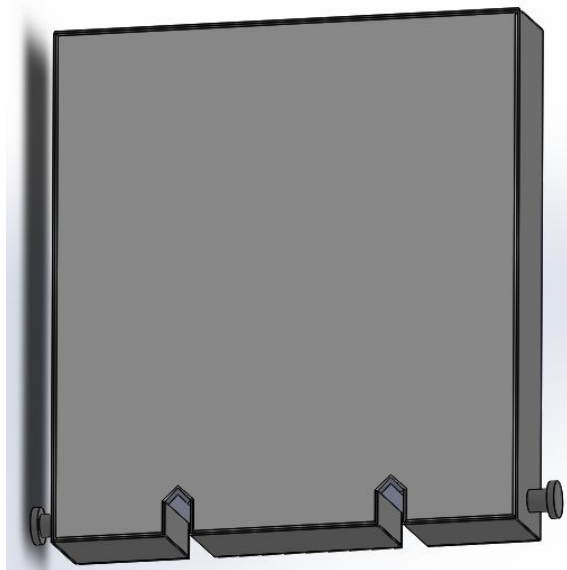
Estrutura do forno



fonte: Autoria própria (2025)

3.1 - Esboço do projeto em 3D

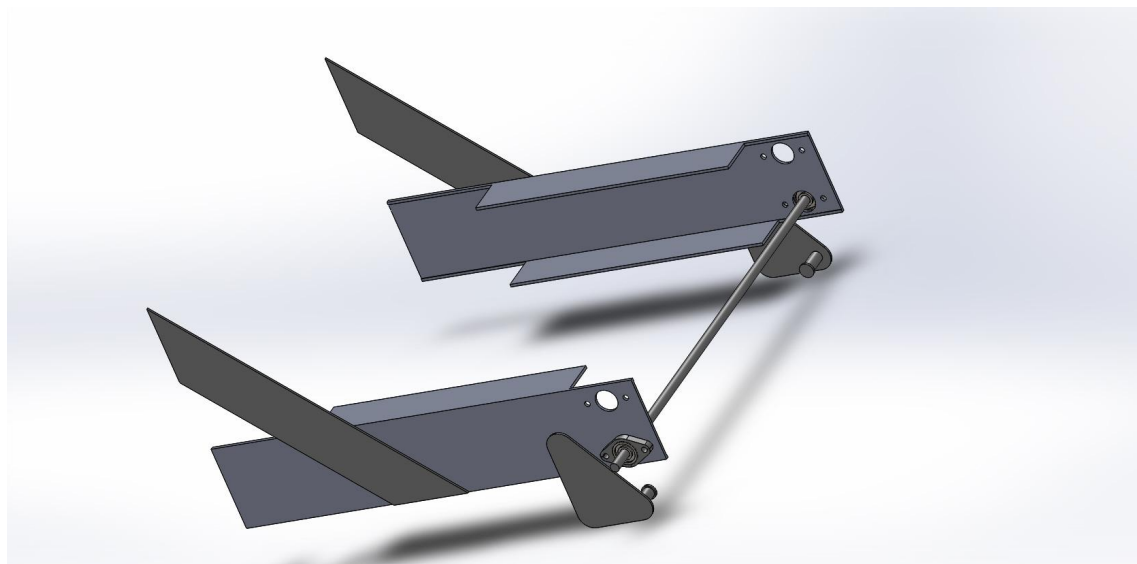
Porta do forno



fonte: Autoria própria (2025)

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Sistema de elevação da porta do forno



fonte: Autoria própria (2025)

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Dimensionamento do Motor

$$M_{porta} := 3,5 \text{ kg}$$

$$gravidade := 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{mínima} := M_{porta} \cdot \overset{\text{S}}{gravidade} = 34,335 \text{ N}$$

$$V_{ideal} := 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{mínima} := F_{mínima} \cdot V_{ideal} = 6,867 \text{ W}$$

$$\eta_{motor} := 0,60$$

$$P_{mínima_motor} := \frac{P_{mínima}}{\eta_{motor}} = 11,445 \text{ W}$$

$$r_{polia} := 0,0208 \text{ m}$$

$$T_{mínimo} := F_{mínima} \cdot r_{polia}$$

$$T_{mínimo} \approx 0,7142 \text{ N m}$$

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Dimensionamento do Motor

$$V_{motor} := 12 \text{ V}$$

$$I_{motor} := 7,5 \text{ A}$$

$$P_{motor} := V_{motor} \cdot I_{motor} = 90 \text{ W}$$

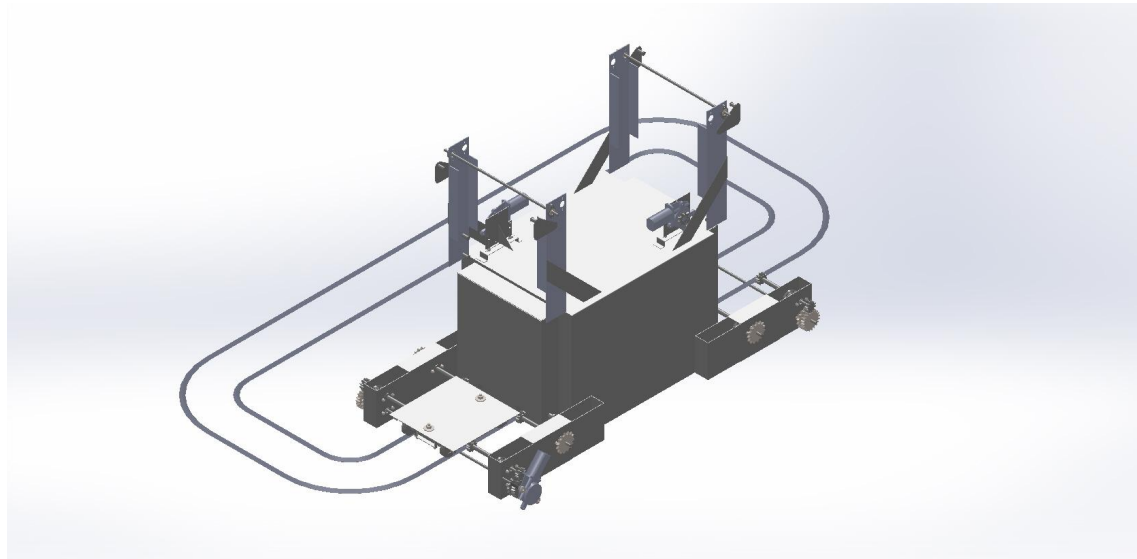
$$P_{motor} > P_{mínima_motor} = 1$$

$$T_{motor} := 3 \text{ N m}$$

$$T_{motor} > T_{mínimo} = 1$$

3.1 - Esboço do projeto em 3D

Conjunto completo



Considerações Finais

- Foram levantadas as principais necessidades do cliente relacionadas ao processo de produção de tijolos.
- Foram definidos três focos principais: automação no carregamento e descarregamento de tijolos do forno, controle de temperatura e redução de esforço físico dos operadores.
- A análise do funcionamento atual da Cerâmica Pallotti ajudou a entender os pontos que precisam de melhoria na Olaria Modesto.

Referências

RODRIGUES, A. *Manual de fornos eficientes para a indústria de cerâmica vermelha*. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], 2015. Disponível em:

https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Manual-Fornos-Eficientes-2ª-edição-EELA_I_NT.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.

RM Comércio E Serviços, Publicação de foto no Facebook. Disponível em: <https://www.facebook.com/photo?fbid=1486646224789854&set=a.1466829986771478>: Facebook, 2025.

Sales, J. & Santos, M & Da, F & Brandão, S & Braga, Weber & Moraes, J. & Sales, A.. (2014). A EXTRUSÃO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO CEARÁ. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344850521_A_EXTRUSAO_NA_INDUSTRIA_DE_CERAMICA_VERMELHA_NO_CEARA. Acesso em: 22 abr. 2025.

CERÂMICA FELISBINO. Processo produtivo. Disponível em: https://ceramicafelisbino.com.br/processo_produtivo. Acesso em: 22 abr. 2025.

Referências

- JÚNIOR, Marcelino. Cerâmica de Sobral se destaca pela redução da poluição. Diário do Nordeste, 6 ago. 2016. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/ceramica-de-sobral-se-destaca-pela-reducao-da-poluicao-1.1595752>. Acesso em: 22 abr. 2025.
- RODRIGUES, J. A. P. Manual de fornos eficientes para a indústria de cerâmica vermelha. Int, 2015.
- OLIVEIRA, Caio Veloso Moreira de. Análise de ações sustentáveis implementadas na fabricação do bloco cerâmico. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.
- SILVA, Lays Capingote Serafim da; MAIA, Francinaldo Oliveira. Processos de fabricação: uma análise da produção da cerâmica vermelha em uma empresa da cidade de Catalão/GO.
- GOMES, Diogo Rodrigues; SOUZA, Sebastião Décio Coimbra de. Mapeamento do processo de produção em uma fábrica do polo de cerâmica vermelha do Norte Fluminense

Referências

- C. L. Dym and P. Little, Introdução à engenharia: uma abordagem baseada em projeto. Porto Alegre (RS): Bookman, 2010.
- A. Ogliari, Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 202AD [Online]. Available: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84287>.
- N. Back, A. Ogliari, A. Dias, e J. C. da Silva, Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. LIVRO DE REFERENCIA DA MATERIA
- N. Nise and F. R. da Silva, Engenharia de sistemas de controle. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- B. Lathi, Sinais e sistemas lineares (2a. ed.). Grupo A - Bookman, 2000.