

Expect the best. **REFRATECHNIK**



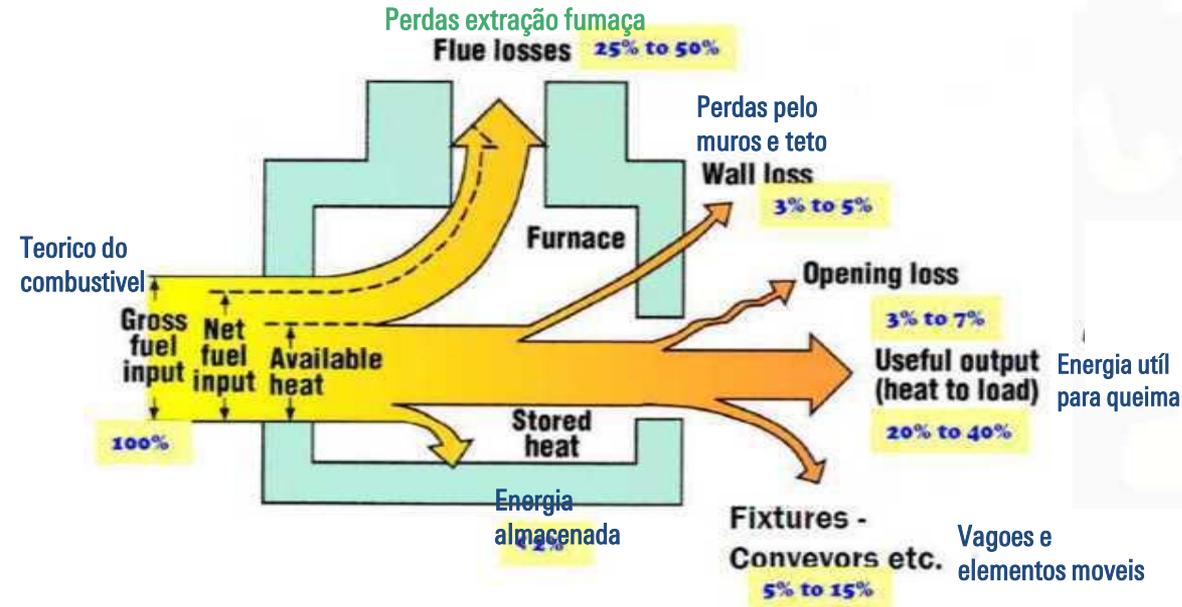
Sistemas refratários eficientes para Queima de Cerâmica Vermelha

Eng°s. Santiagu Lucas Procopio, Pedro Paredes Sobarzo

ANICER 2019

Balanço energético para Fornos

Diagrama de Sankey



Falei "um lugar mais
cálido" Não quente assim!

Combustível maioritariamente usado no Brasil nos fornos Túneis de queima Cerâmica Vermelha

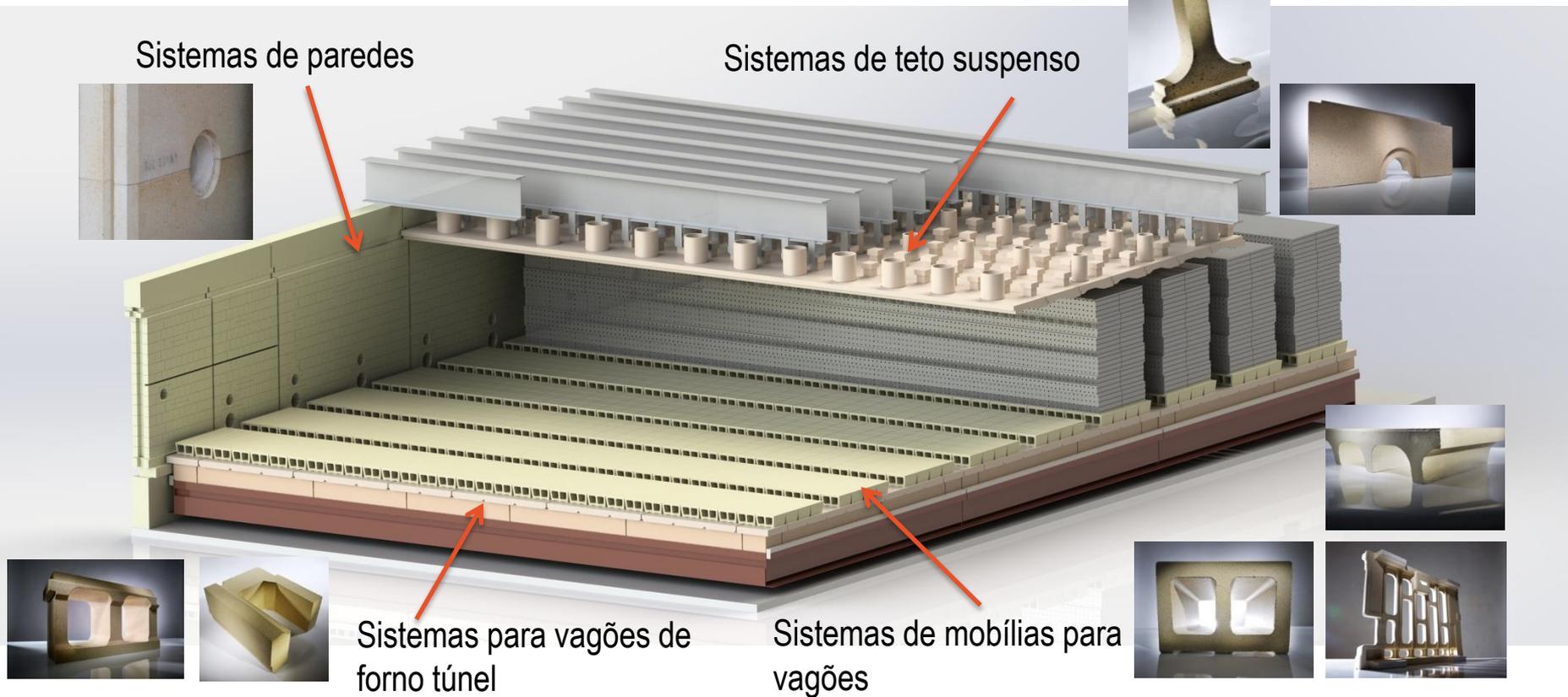


Figura 1: Combustível tradicional serragem de madeira.

	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	Na_2O	K_2O	MgO	P_2O_5	SO_3
Amostra 1	9,8	39,1	4,9	10,8	21,9	0,8	2,3	6,5	2,2	2,2
Amostra 2	19,6	42,9	20,4	2,6	6,4	0,4	2,9	2,3	1,6	0,3
Amostra 3	9,6	48,9	2,3	4,5	20,5	1,0	4,7	5,8	1,6	3,2

Tabela 1. Composição química de cinzas de serragem frequentemente usada. Destaca-se em itálico os componentes mais nocivos

1. Esquema de Forno Túnel típico para queima de cerâmica Vermelha



Sistemas econômicos de paredes para fornos túnel

O efeito isolante é o foco. Prioriza diminuir perdas térmicas



- Tijolos especiais de espessura variável e estável para diferentes regiões do Forno.
- Qualidades do refratários acordes as exigências que há na Entrada, Região de Queima e Esfriamento

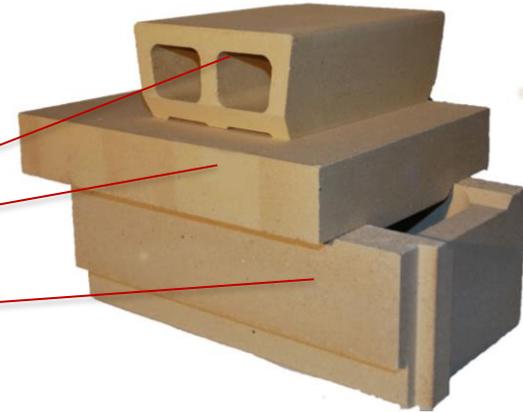
Sistema inteligente de teto suspenso para fornos túnel

Elevado efeito isolante e vida útil com baixa massa



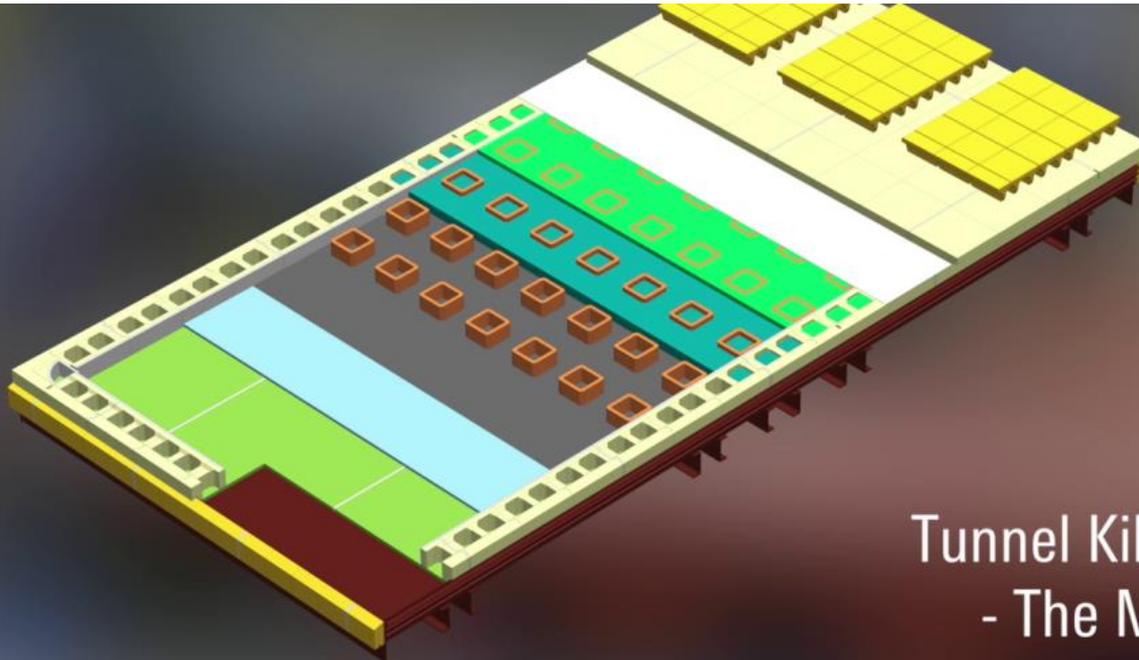
- Peças especiais que ficam penduradas da estrutura metálica superior e servem de suporte a Placas tipo gaveta centrais.
- Existem placas com formatos apropriados para instalar os queimadores localizados no teto ou termopares.
- Para cada região dos fornos, são produzidos refratários altamente resistentes a álcalis que aportados pela combustível de serragem.

Sistemas individuais de acessórios para uso em vagões de queima



- Sistemas refratários duráveis que suportam altas cargas. Mantendo selos Laterais e Frontais.
- Mantendo a carga estável suportando muitos ciclos Aquecimento e Esfriamento em grandes superfícies..
- Permitem continuidade do processo de carga e descarga, sem require reparos constante..

2. Base dos vagões de forno de túnel

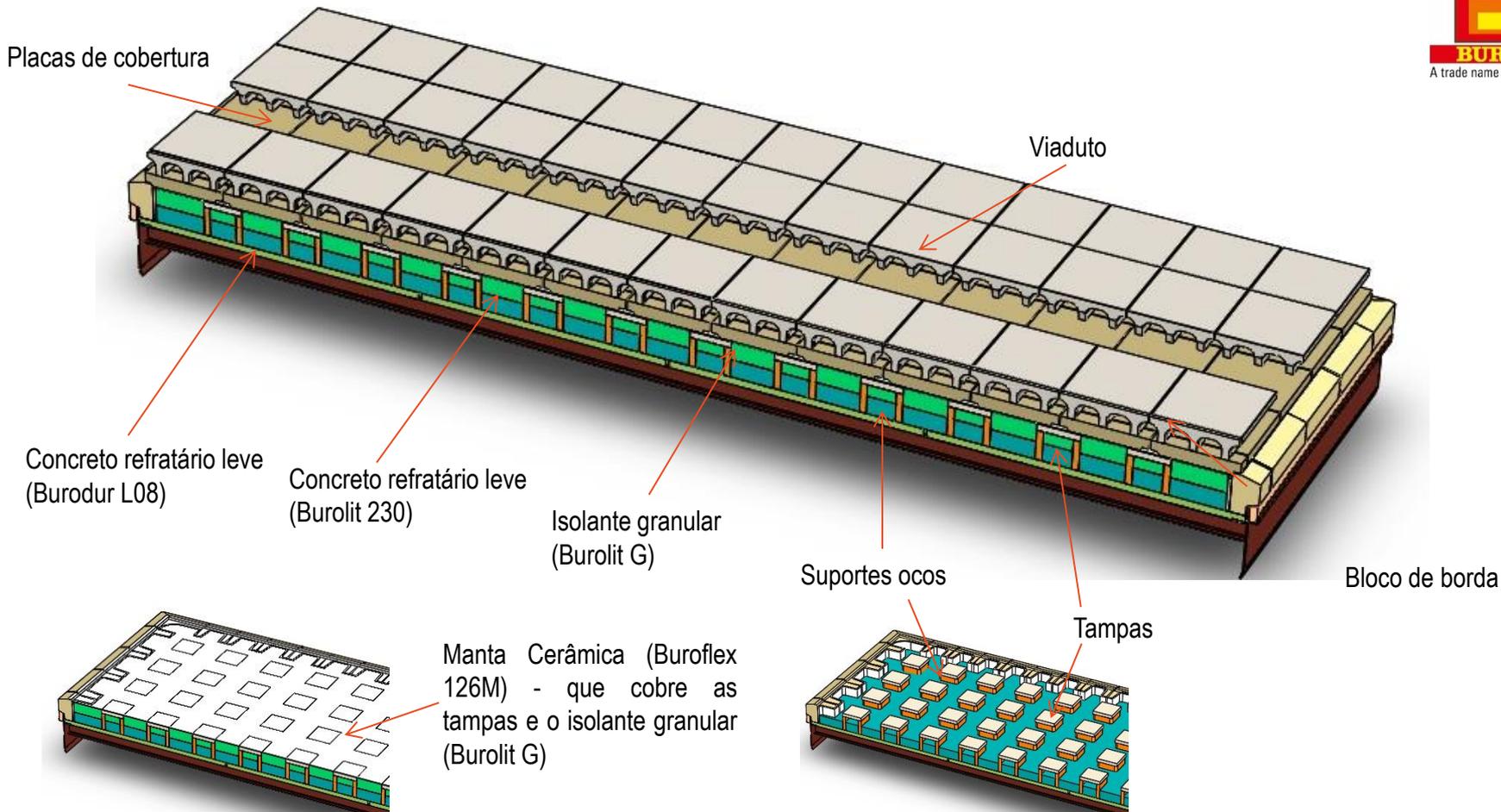


Tunnel Kiln Car Assembly - The Masterpiece -

- Engenharia e desenho da estrutura refrataria dos vagões que permitam baixa massa, isolamento eficiente e estruturalmente estável.
- Combinação de matérias isolantes que suportam a carga que garantam longa vida e performance.

Superestrutura padrão

REFRATECHNIK



Montagem do vagão

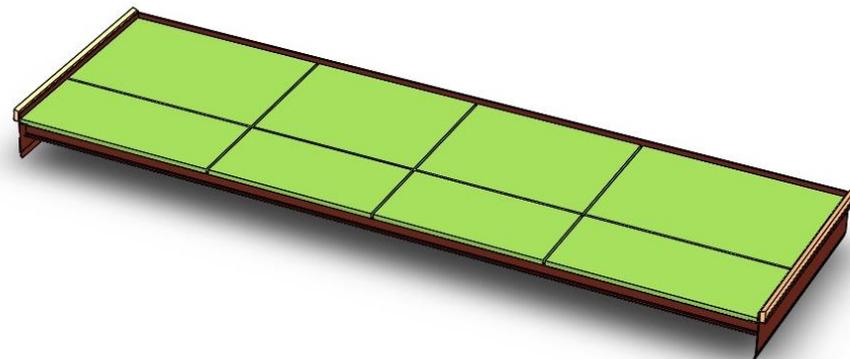
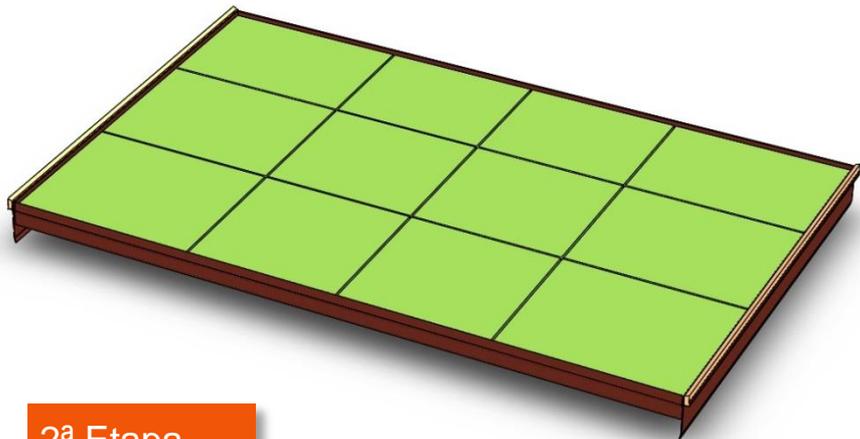


1ª Etapa

Posicionamento das placas de proteção nas laterais do labirinto

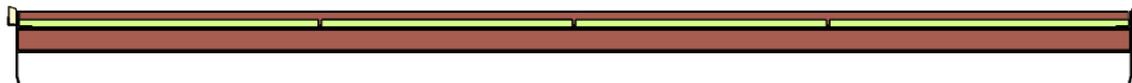


Montagem do vagão

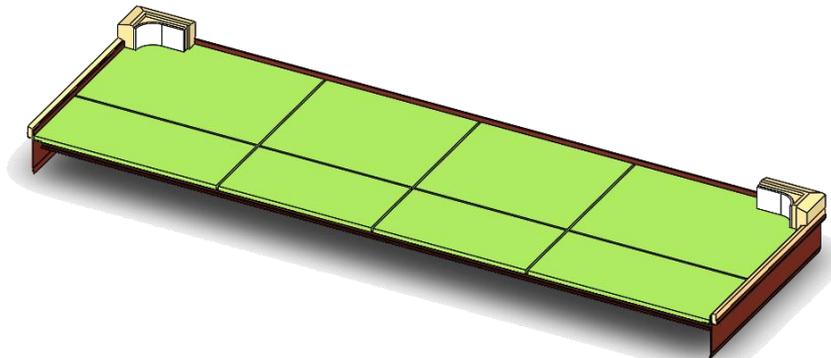
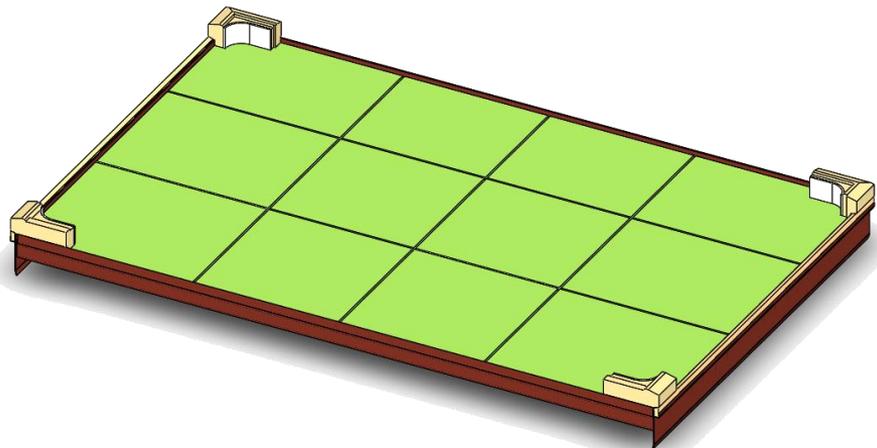


2ª Etapa

Inserção do BURODUR L08 + junta de expansão.

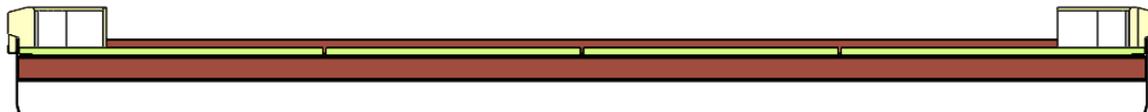


Montagem do vagão

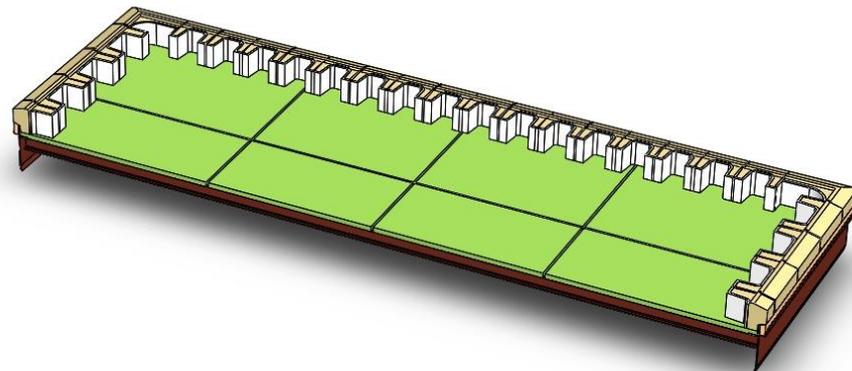
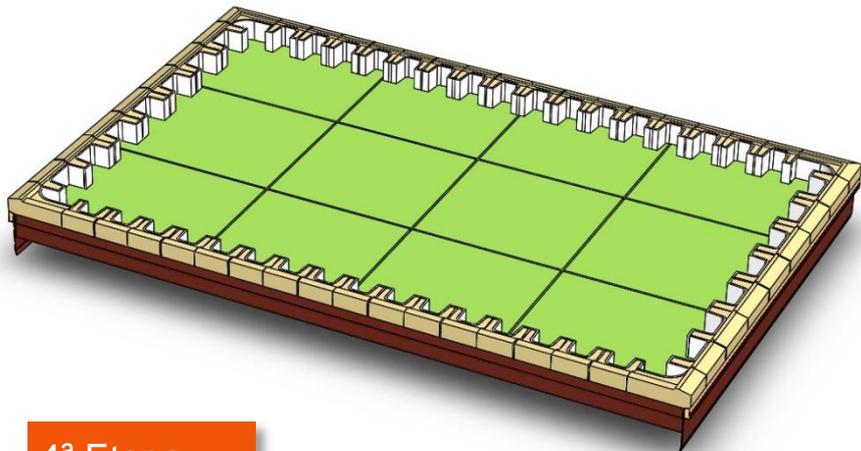


3ª Etapa

Posicionamento dos blocos de esquina

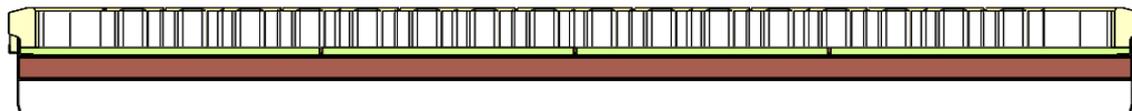


Montagem do vagão

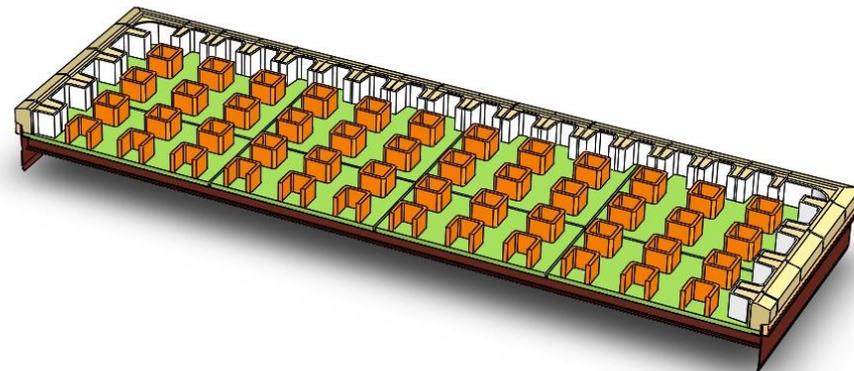
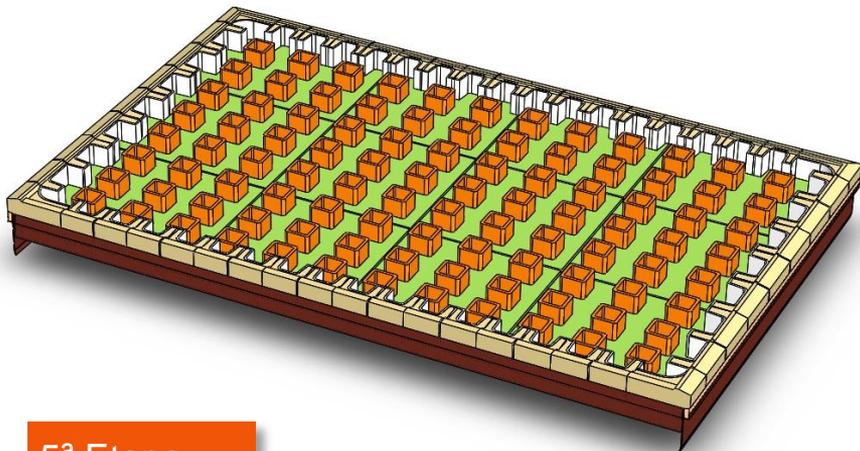


4ª Etapa

Posicionamento dos blocos laterais e envolvimento dos mesmos com Manta Cerâmica (BUROFLEX 126 M) + Junta de expansão

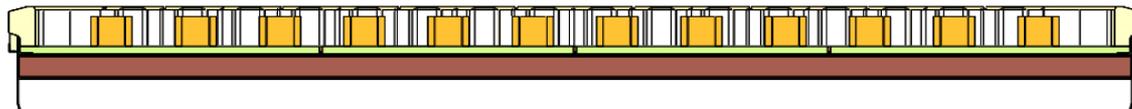


Montagem do vagão

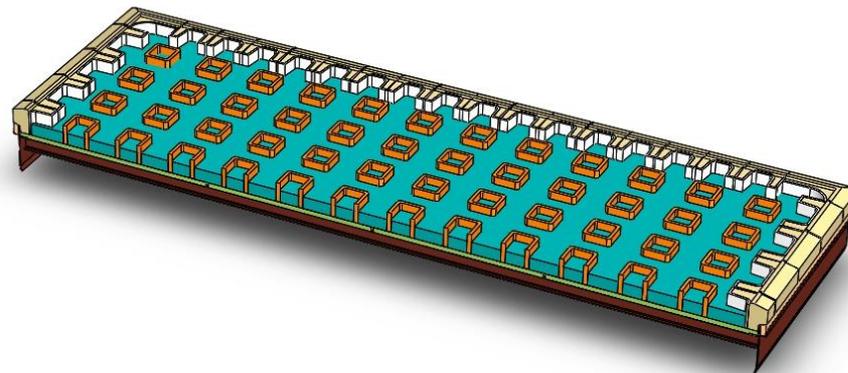
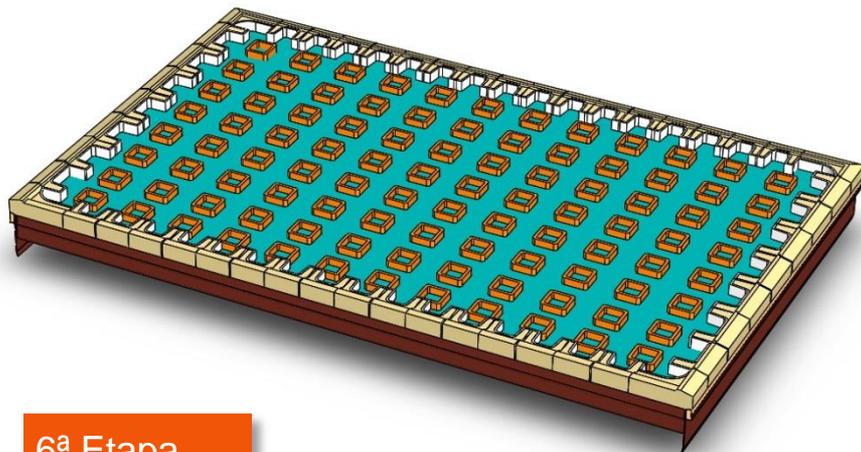


5ª Etapa

Posicionamento dos suportes ocios no núcleo do vagão

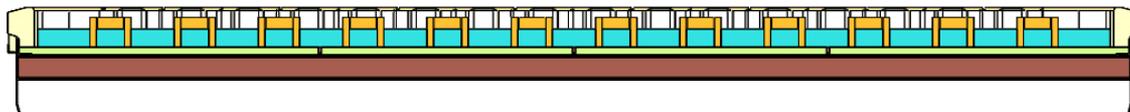


Montagem do vagão

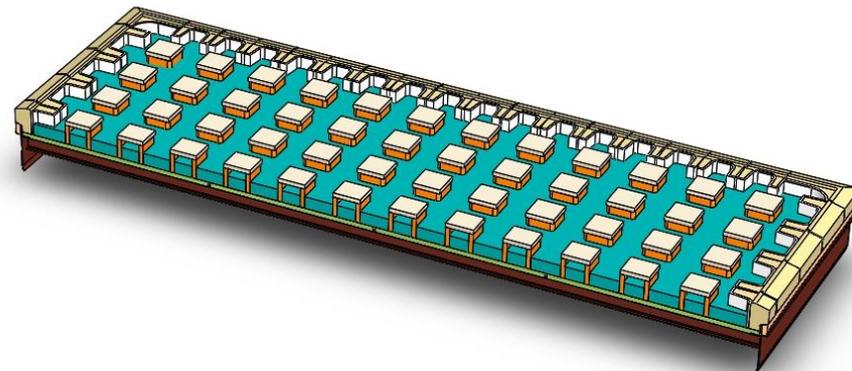
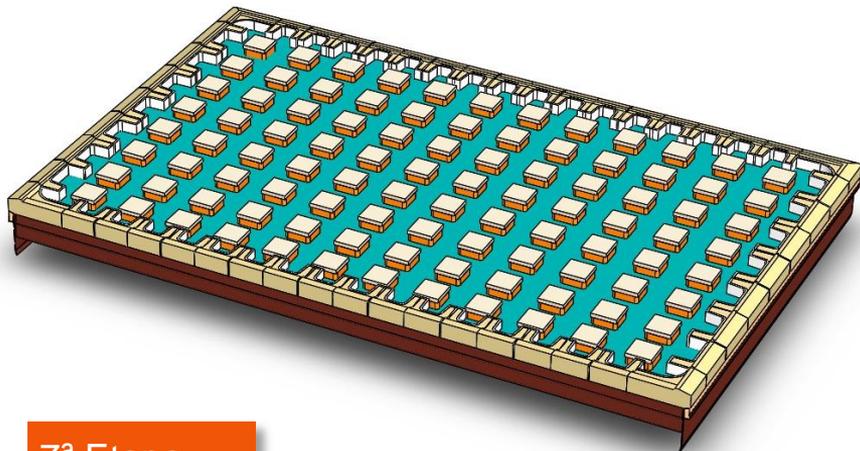


6ª Etapa

Inserção da camada de BUROLIT 230

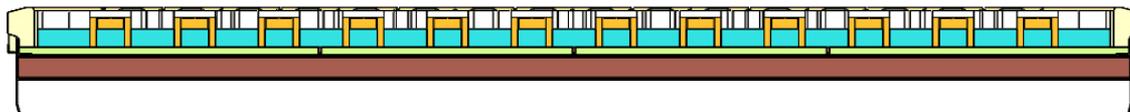


Montagem do vagão

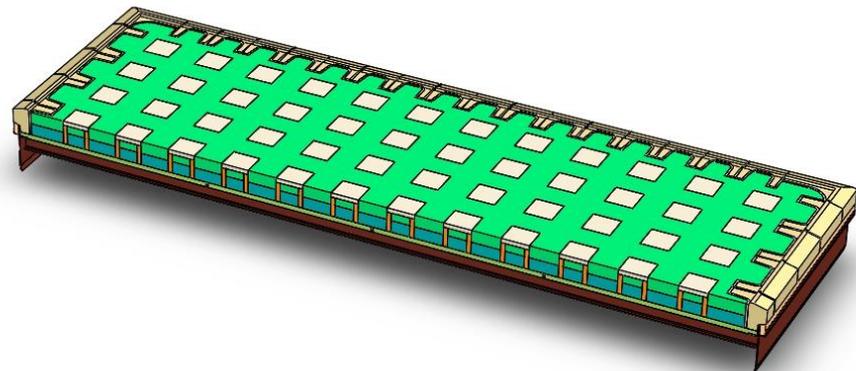
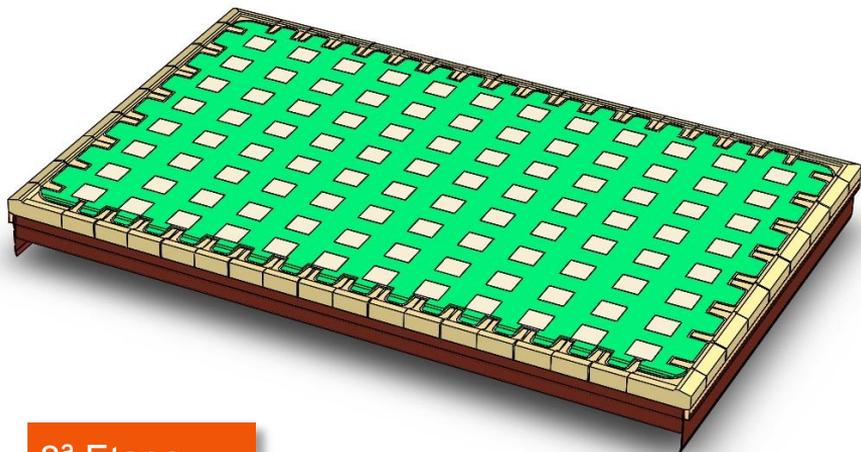


7ª Etapa

Posicionamento das tampas do suportes ocios

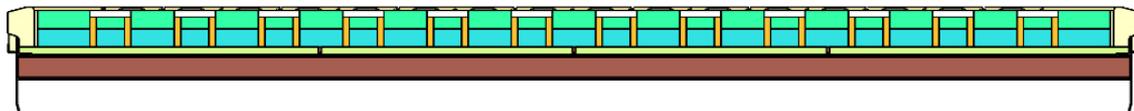


Montagem do vagão

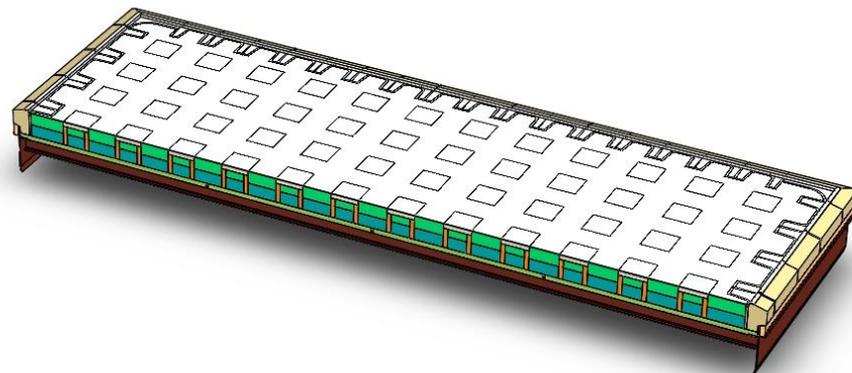
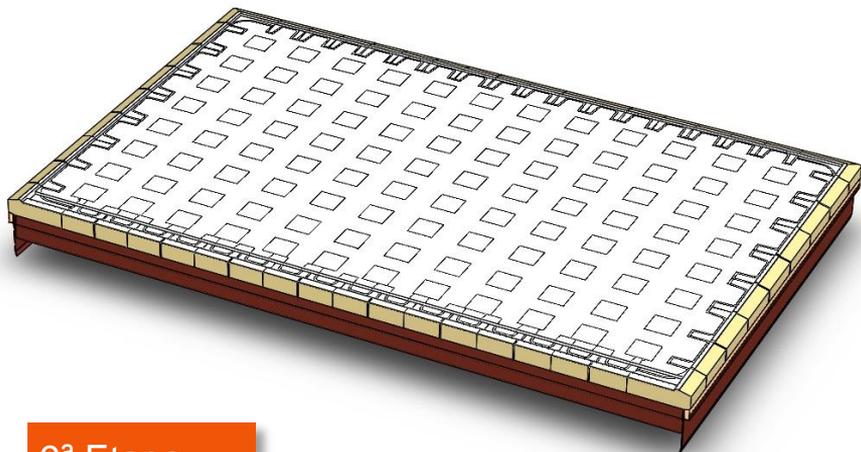


8ª Etapa

Nivelação da camada de BUROLIT G

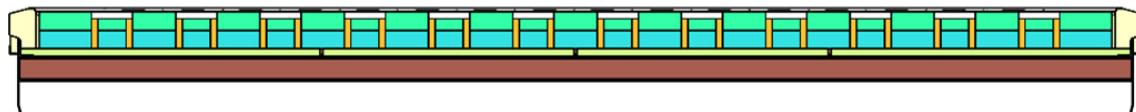


Montagem do vagão

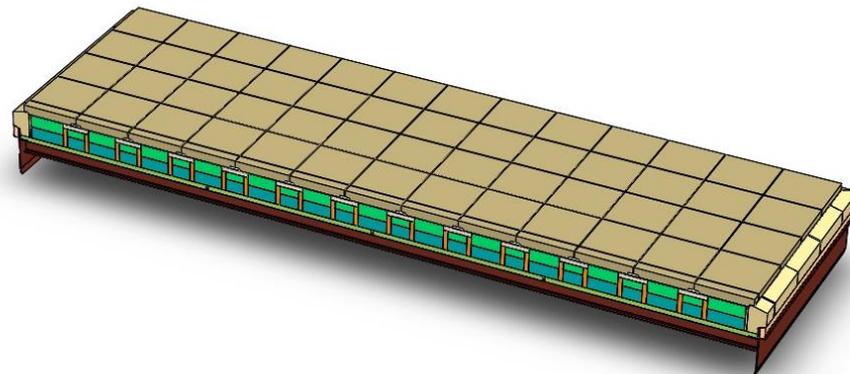
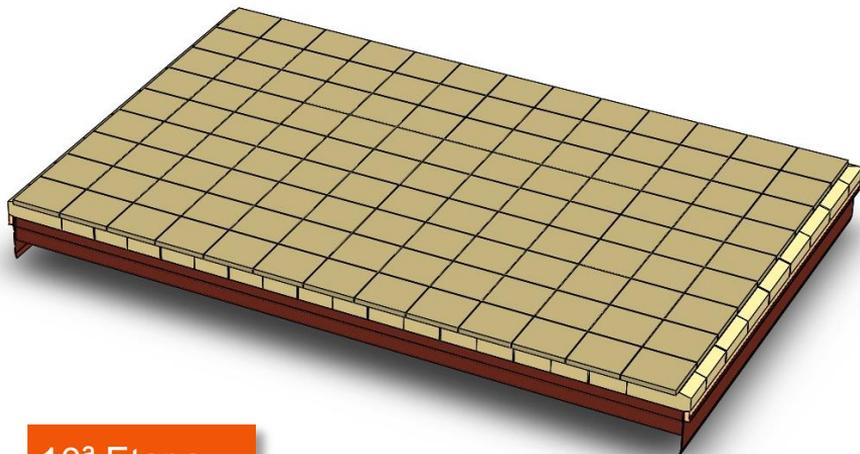


9ª Etapa

Fechamento camada da Manta Cerâmica BUROFLEX 126 M

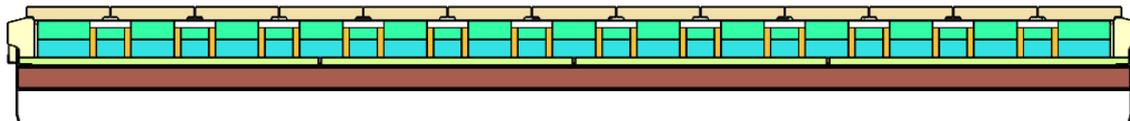


Montagem do vagão

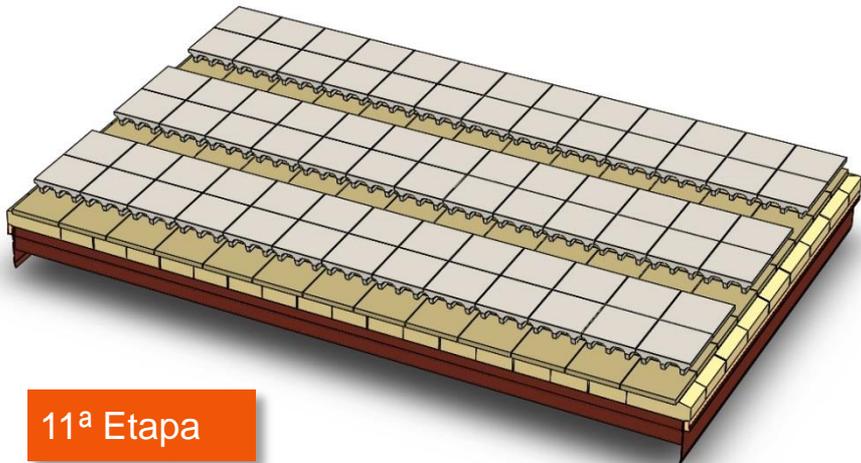


10ª Etapa

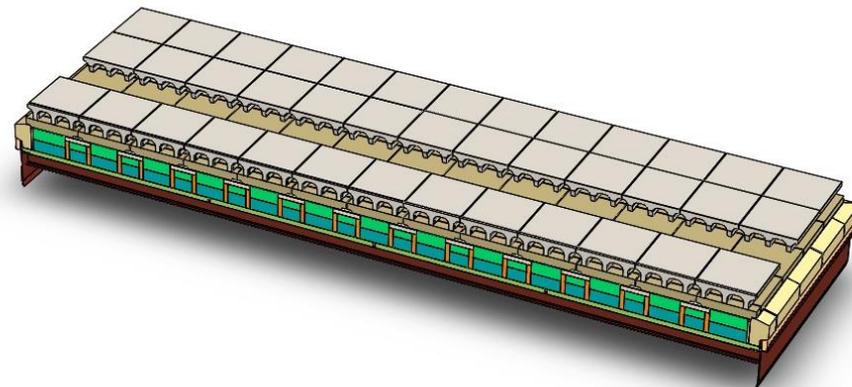
Posicionamento das placas de cobertura (camada superior)



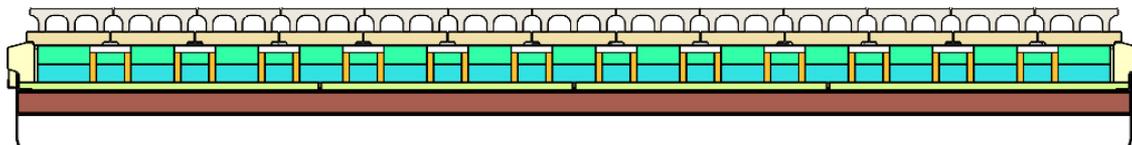
Montagem do vagão



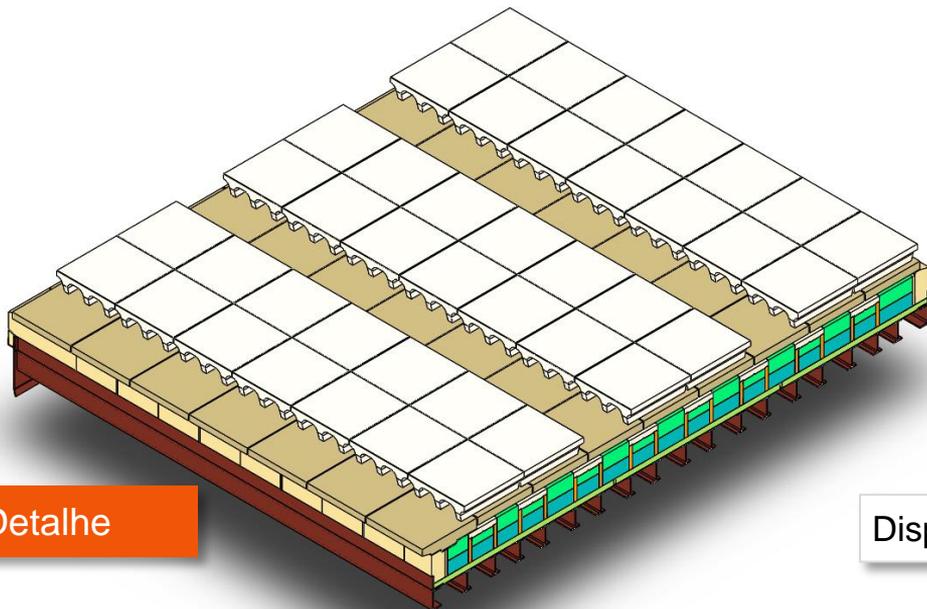
11ª Etapa



Posicionamento dos viadutos ou passa fogos



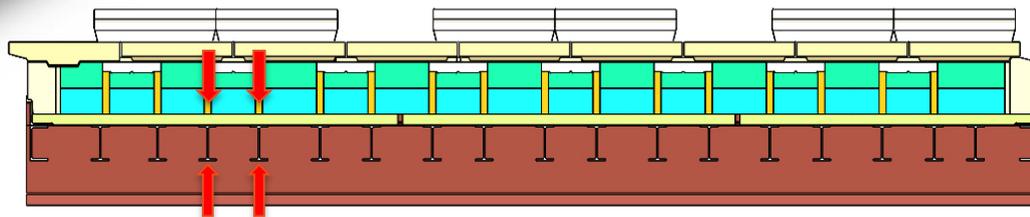
Montagem do vagão



Detalhe

SECÇÃO LONGITUDINAL DO VAGÃO DE FORNO TÚNEL

Disposição dos suportes ocultos sobre as vigas dos chassi ↓





3. Aumento da eficiência de sistemas refratários

3.1. Tudo começa com uma solida fundação e um bom sistema trilhos

Fundação e sistema de trilhos



REFRATECHNIK



Fissuras e abrasão em
fundações e trilhos

Fundação e sistema de trilhos



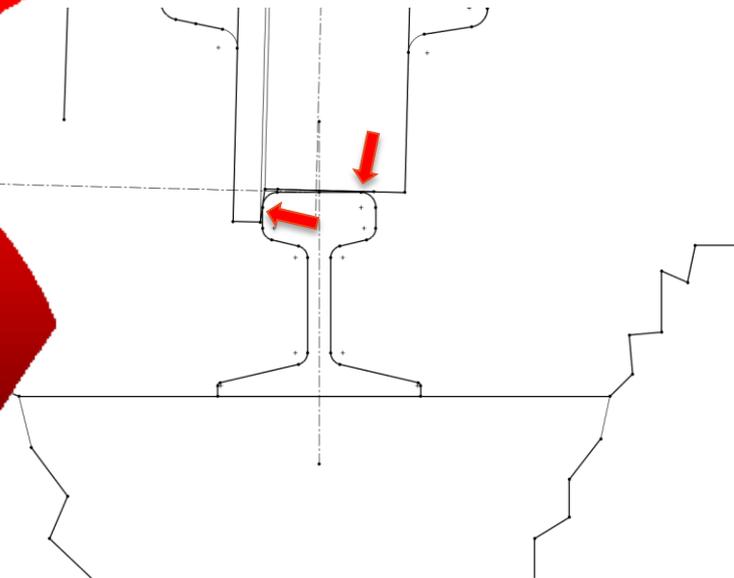
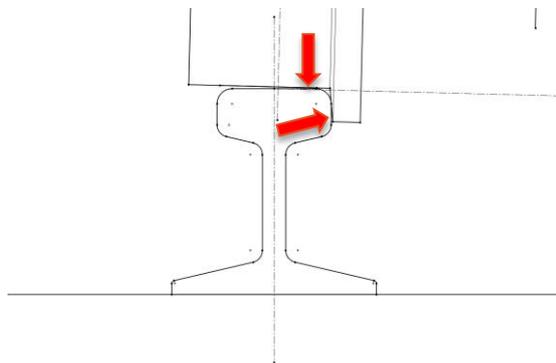
REFRATECHNIK



Diferença de altura e folga no sistema de trilhos.
Aqui: Entre trilhos e carris de transferência

Fundação e sistema de trilhos

Efeitos de ruptura
na fundação



→ = Pontos de pressão

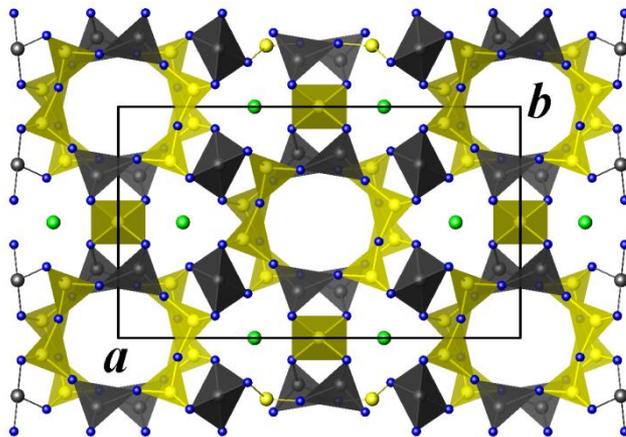
Fundação e sistema de trilhos

Deve-se evitar quaisquer tipos de fraturas na fundação

- O Sistema de trilhos precisa estar livre de quaisquer depósitos de detritos
- Cada trilho do sistema de trilhos e carris de transferência devem ser/estar instalados no eixo, altura e bitola adequados
- As juntas dos trilhos devem ser protegidas contra deslocamentos laterais e longitudinais
- A estrutura da laje (Banquette) sob o vagão não devem restringir o seu movimento

3.2. A expansão térmica deve ser levada em consideração ao projetar vagões de forno túnel!

Cordierite – um material refratário com baixa expansão térmica



Estrutura cristalina da Cordierite

Categoria: Silicato

Formula: $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$

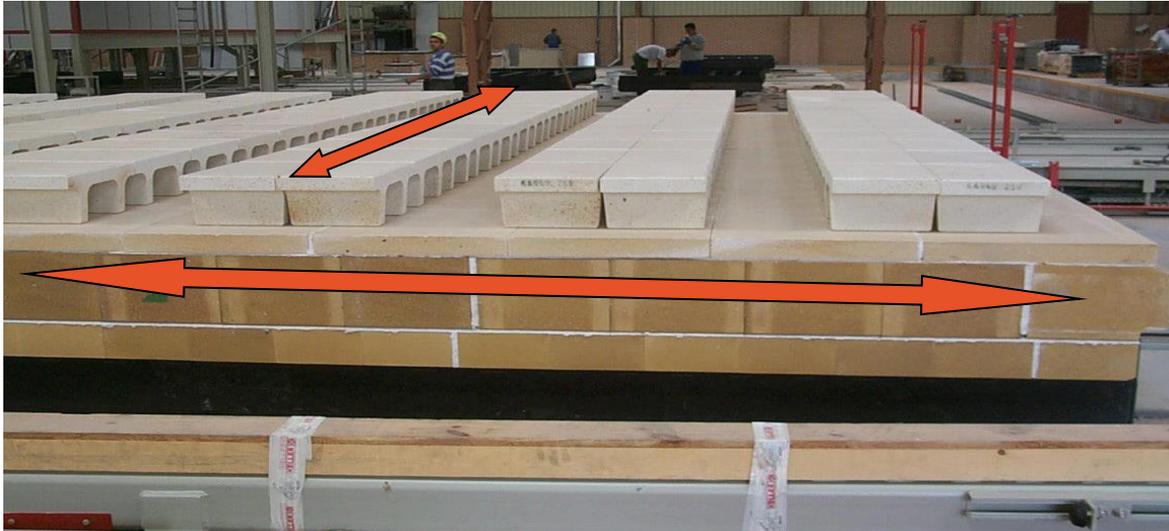
➤ 13,7% MgO, 34,9 % Al_2O_3 , 51,4 % SiO_2

Ponto de fusão: 1460°C

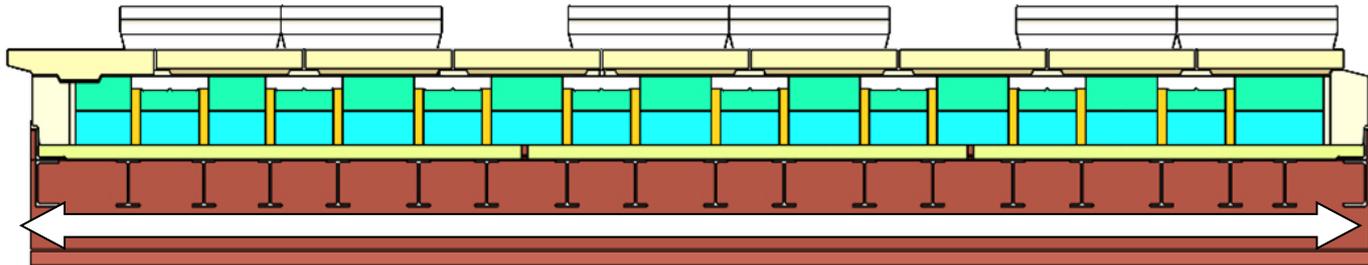
- **Expansão térmica reversível muito baixa**
 - **Excelente resistência ao choque térmico**
- = Principais razões para a ampla gama de aplicações**
(superada apenas pelo oneroso SiC)

Expansão térmica reversível

REFRATECHNIK



Expansão do refratário do vagão



Expansão da estrutura de aço do vagão - Expansão do Chassi

Expansão térmica reversível

Expansão da estrutura de aço



Cálculo teórico da expansão térmica do chassi:

$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta T \quad \left[\text{mm} = \frac{1}{\text{°C}} \cdot \text{mm} \cdot \text{°C} \right]$$

Aquecimento: $\Delta T = 150\text{°C}$

592 Tabellenanhang

Tabelle 11 (Fortsetzung)

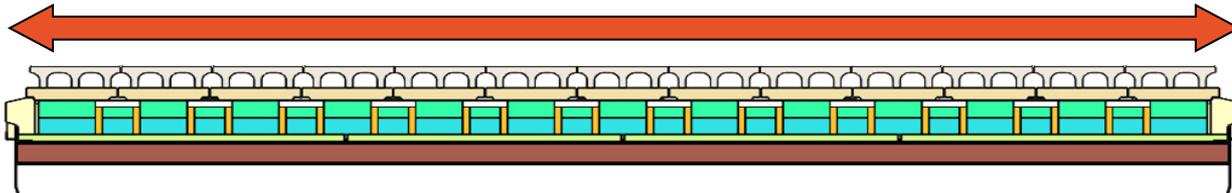
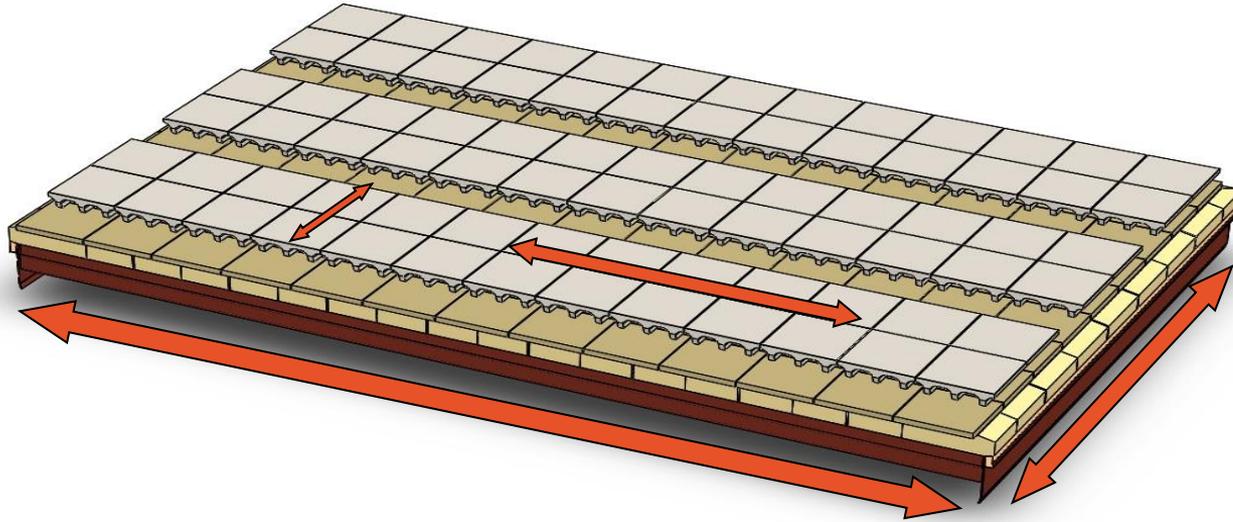
Längenausdehnungskoeffizient fester Stoffe $\alpha / \frac{10^{-6}}{\text{K}}$ (0...100°C)

Gold	14,3	Platin	9,0
Granit	3...8	Platin-Iridium (10%)	8,9
Graphit	7,9	Platin-Rhodium (10%)	9
Gußeisen	11,8	Polyamid (Perlon,	100 bis
Hartgummi	75...100	Nylon)	140
Hartpapier	10	Polyäthylen	200
Harz	212	Polystyrol	60...80
Indium	56	Polyvinylchlorid	150 bis
Invar	1,5...2	(PVC)	200
Iridium	6,6	Porzellan	3...4
Jod	83	Rohrzucker	83
Kalium	84	Sandstein	7...12
Kaliumchlorid	33	Schamotte	5
Kaliumnitrat	78	Schwefel, rhomb.	90
Kalk, gebr., pulv.	20	Silber	19,7
Kobalt	13	Siliziumkarbid	
Kolophonium	85	(Karbörund)	6,6
Konstantan	15	Sinterkorund	6
Kunsthorn	60...80	Speckstein	9...10
Kupfer	16,8	Stahl, Chrom-	10,0
Lithium	58	Fluß-	11
Magnesium	26	Nickel-	12
Mangan	23	V 2 A-	16
Manganin	18	Steinsalz (Kristall)	40

Material	Coefficiente de dilatação α [$1/\text{°C}$]	Largura L [mm]	Diferença de temperatura ΔT [°C]	Expansão ΔL [mm]
Aço	$12 \cdot 10^{-6}$	5.000	150	~9
Aço inoxidável	$16 \cdot 10^{-6}$	5.000	150	~12

Expansão térmica reversível

Expansão da **superestrutura refratária**



Expansões que
podem destruir a
superestrutura
refratária!!

Expansão térmica reversível

Cálculo teórico da expansão da **superestrutura refratária**



Calculo das juntas de expansão para os refratários:

$$\Delta L = \Delta X [\%] \cdot L [\text{mm}] = \% \cdot \text{mm}$$

Aquecimento: $\Delta T = 1.000^\circ\text{C}$

Material	Expansão térmica Δx [%]	Largura L [mm]	Expansão ΔL [mm]
BURTON 40 HWS	0,4	5.000	20
Burcotop 125 H	0,45	5.000	22,5

BURCOTOP[®]125H

Raw material basis
Cordierite

Physical properties

Bulk density g/cm³ 2.00

Cold crushing strength
N/mm² 20

Refractoriness under load
°C

T_{0.5} 1240

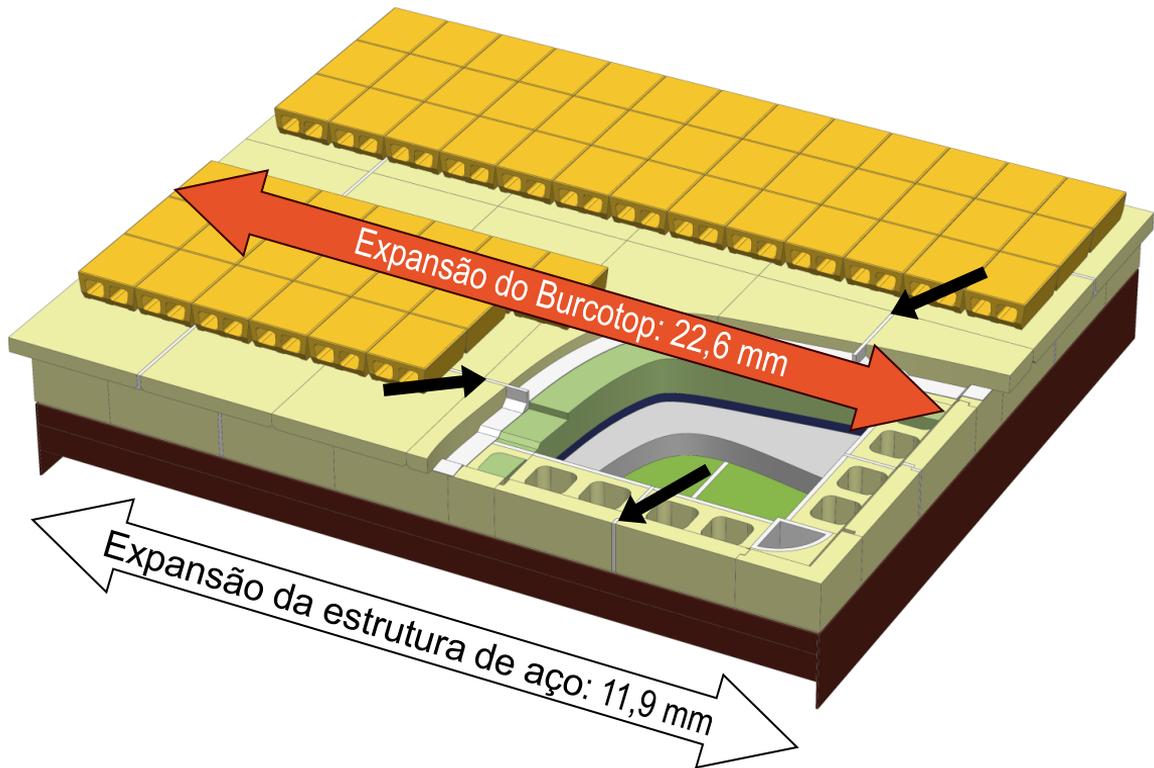
Thermal expansion

%
at 1000 °C 0.45

ΔX [%]

Expansão térmica reversível

Comparação da expansão térmica entre estrutura refratária e chassi

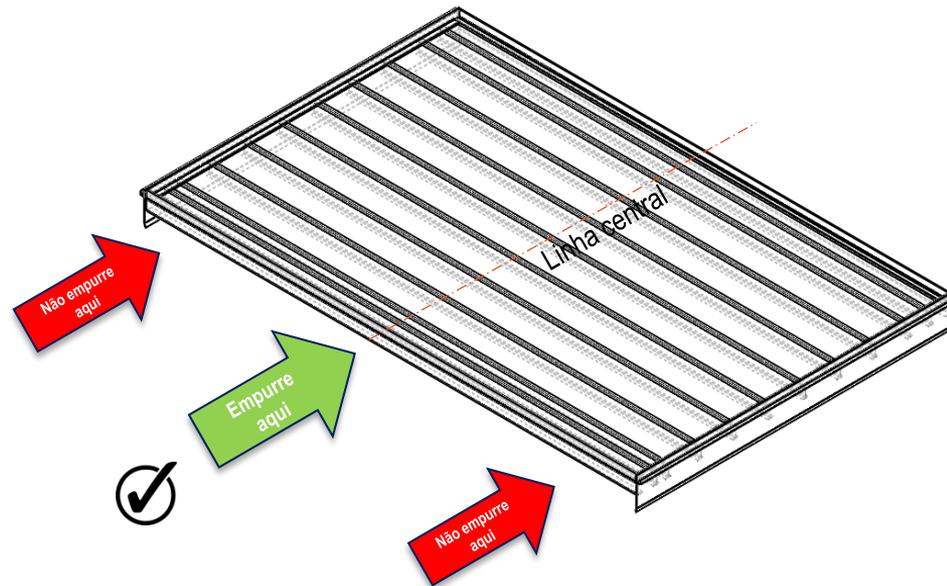
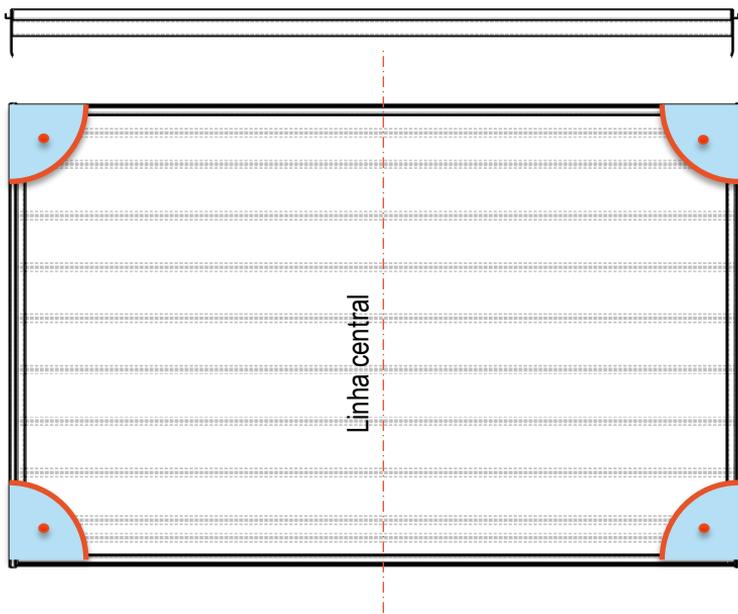


A diferença entre a expansão da estrutura de aço e a superestrutura refratária deve ser ajustada com as juntas de expansão. A fibra cerâmica tem como uma de suas funções absorver a pressão de expansão.

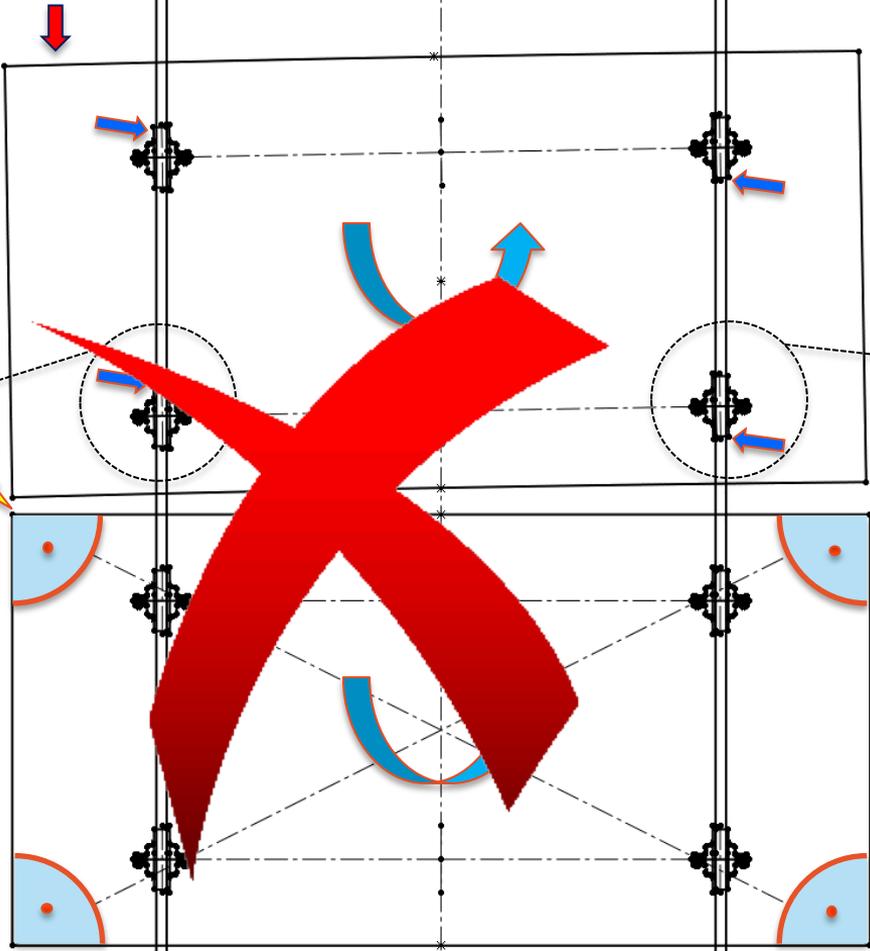
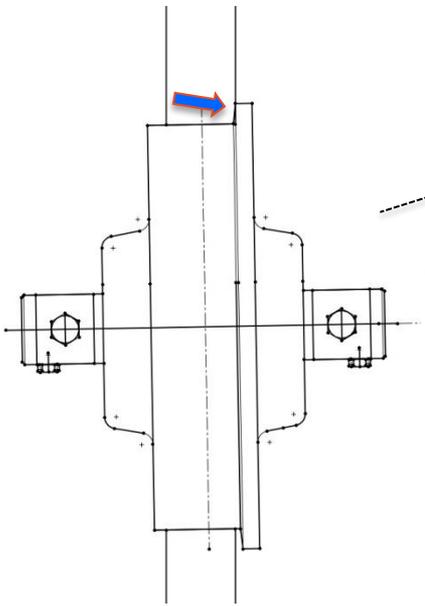
3.3. Transporte do Vagão de Forno Túnel!

Transporte do Vagão de Forno Túnel

Como empurrar corretamente

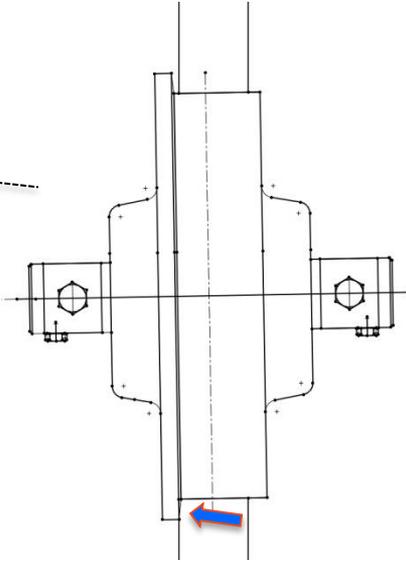


Efeitos decorrentes do transporte incorreto



 = Stress-Points

REFRATECHNIK



Transporte do Vagão de Forno Túnel

O transporte dos vagões deve ser efetuado de forma suave e prudente!

- Livre de choques mecânicos (sem que a carga sobre o vagão balance)
- Sem vibração (de forma contínua)
- Evitar mover/girar os componentes refratários
- Não utilizar empilhadeiras



3.4. Limpeza dos Vagões de Forno Túnel

Limpeza dos Vagões de Forno Túnel



REFRATECHNIK



Sistemas de limpeza automáticos são um requisito básico para um processo de produção sem problemas!



Limpeza dos Vagões de Forno Túnel



Sem a limpeza adequada, os fragmentos de tijolos se acumulam nas juntas de expansão entre as placas de cobertura do vagão.

- Através do aquecimento no forno, o material se expande e as juntas de expansão entre as placas aumentam.
- Na próxima passagem do vagão pelo forno, mais material se acumulará nesses pontos.
- As juntas de expansão tendem a aumentar.
- Expansões irreversíveis destroem a estrutura!!

Limpeza dos Vagões de Forno Túnel



O vagão se expande devido a expansão térmica e por efeito do acumulo de partículas nas juntas de expansão.

- Tensão e torsão destroem os refratários.

Limpeza de Vagão de Forno Túnel



Quando a estrutura refratária se expande devido ao acúmulo de fragmentos nas juntas de expansão, inevitavelmente a estrutura refratária tocará a parede do forno!

- A estrutura do labirinto fica danificada!

REFRATECHNIK



Como deve ser
feito.

Limpeza de Vagão de Forno Túnel

A limpeza é de suma importância

- O vagão de forno túnel expande durante a sua passagem pela zona de queima. Considerando um sistema perfeito, não há acúmulo de fragmentos nas juntas de expansão, os refratários permanecem em sua posição e o vagão retorna ao seu tamanho original.
- Prática:
 - Sempre haverá um ligeiro deslocamento (também irreversível) – os fragmentos aumentam esse deslocamento!
 - Os fragmentos devem ser removidos!
 - Os acessórios de queima devem ser levantados durante o processo de limpeza e reposicionados corretamente para evitar uma maior expansão do vagão.

3.5. Paralisação do forno devido a danos no vagão

Paralisação do forno devido a danos no vagão

Documentação fotográfica para o seu registro

Cada vez que o forno estiver fora de serviço, é importante fazer um registro fotográfico de todos os elementos da parede, teto, fundação e carris!!!

- 1ª: Cada elemento da parede esquerda;
 - 2ª: Cada elemento da parede direita;
 - 3ª: Teto;
 - 4ª: Fundação e carris;
- Dessa forma é possível **comparar a situação** de cada elemento **antes e depois de serem reparados.**

Conclusão

Por favor, siga as recomendações a fim de obter o seu retorno sobre o investimento!

- Todas as recomendações devem ser seguidas para garantir uma longa vida útil dos sistemas de Vagão de Forno Túnel
- Não importa de qual parte estamos falando:
 - Fundação e sistemas de trilhos
 - Rodas e chassi
 - Materiais refratários/ design refratário/ transferência de calor
 - Deslocamento
 - Limpeza
 - Montagem e supervisão
- **Recomendamos que sempre levem em conta esses pontos:**
 - **Ao planejar ou implementar novos equipamentos, além de observá-los permanentemente durante o seu funcionamento!**



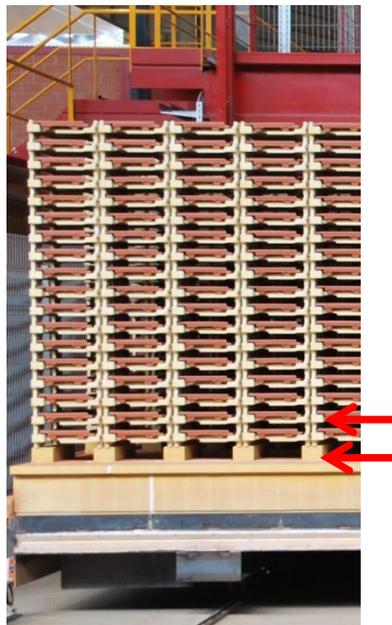
4. Acessórios de Queima para a indústria de cerâmica vermelha

Definição de Acessório de Queima

= Acessório de Queima são todos os elementos estruturais que são utilizados sobre a cobertura do vagão para sustentar a carga a ser queimada



Indústria de tijolos de alvenaria



Indústria de Telhas



Indústria de tijolos de alvenaria

Definição de Acessório de Queima

Sem acessórios de queima, não há queima de qualidade!

Acessórios de queima são pré-requisitos:

- para uma boa e eficiente circulação de calor no forno
 - para a queima homogênea do produto
- Ótima qualidade do produto final

4.1. Sistemas individuais de Acessórios de Queima para a indústria de blocos estruturais e de vedação

Passa-Fogo

Passa-fogo são utilizados em fornos de **queima do teto**.



Área de aplicação

- Indústria de tijolos alvenaria
- Indústria de tijolos de pavimentação

Viaduto

Blocos viaduto são utilizados em fornos de **queima do teto**



Área de aplicação

- Indústria de tijolos de alvenaria
- Indústria de tijolos de pavimentação

Comparação entre acessórios de queima para fornos túneis de queima do teto

Passa-Fogo

- Geometria robusta
- Uso ideal em plantas com uma plataforma de carga elevada
- Alta resistência a tensões mecânicas



Bloco Viaduto

- Devido a sua maior abertura possibilita uma melhor distribuição do calor dentro do forno.
- São mais leves, economizando custos de investimento e energia.



Suportes e placas de Apoio

Vagões em fornos túneis de queima lateral são equipados com suportes e placas de apoio.



Suporte



Placa perfurada

Área de aplicação

- Indústria de tijolos estruturais
- Indústria de tijolos de pavimentação

Comparação entre acessórios de queima para fornos de queima do teto e da lateral

Queima do teto

- Maior volume de produto por vagão
- Apenas um tipo de acessório de queima sobre o vagão
- Menor estresse sobre os acessórios durante a queima

↓
= **Baixo custo de energia e manutenção**



Queima da lateral

- Melhor circulação de ar no forno, devido ao grande canal de queima sob a carga
- Maior estresse sobre os acessórios durante a queima

↓
= **Queima mais homogênea**

↓
= **Menor taxa de peças com defeito**



Obrigado pela atenção

REFRA | ACADEMY



Refratechnik Ceramics GmbH – 49328 Melle - Alemanha

www.refra.com

Fabrica e fornece os sistemas Refratários mais eficientes para a indústria de cerâmica Vermelha, Mais de 60 anos de experiência e pioneirismo no campo da tecnologia refratária nos converteu em líder e referente mundial neste segmento.