

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG

ENGENHARIA MECÂNICA

KARLA BARRA DE ALMEIDA

N. CLASS.	2620.1
GUTTER	A447
ANO/EDIÇÃO	2013

ISOLAMENTOS TÉRMICOS EM FORNOS INDUSTRIAIS: um estudo do caso

Prática S/A

Varginha

2013

FEPESMIG

KARLA BARRA DE ALMEIDA

ISOLAMENTOS TÉRMICOS EM FORNOS INDUSTRIAIS: um estudo do caso
Prática S/A

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, com orientação do Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes.

Varginha

2013

KARLA BARRA DE ALMEIDA

ISOLAMENTOS TÉRMICOS EM FORNOS INDUSTRIAIS: um estudo do caso

Prática S/A

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes.

Profa. Esp. Luciene de Oliveira Prospero

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais, e agradeço por todo apoio e motivação que me deram. Este momento de felicidade e conquista não seria possível se não fosse por vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Orientador Luiz Carlos Vieira Guedes e Luciene pelo auxílio, compreensão e disponibilidade para a realização deste trabalho. Aos amigos que estiveram ao meu lado durante todos esses anos. À Prática S/A pela autorização e incentivo para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como objeto de estudo os fornos industriais que atendem ao setor de alimentação. O setor de fast food divulgou que, em 2012, aproximadamente 27 milhões de brasileiros gastaram 30% da renda mensal em refeições externas. Com isso a demanda de fornos cresce, com exigências cada vez maiores de eficiência energética. Cria-se a necessidade de conhecimento das diversas soluções em isolantes térmicos para subsidiar o desenvolvimento de um projeto que objetiva a economia de energia, tornando um produto sustentável e de baixo custo. Com o objetivo de apresentar o resultado da comparação entre os isolantes térmicos, lã de rocha e fibra de vidro para isolamento em fornos industriais realizado no forno Miniconv. Este trabalho objetiva justificar a troca da lã de rocha por fibra de vidro visando economia. O trabalho aponta que o uso da manta de fibra de vidro sozinha não garante os mesmos resultados que a lã de rocha, porém se for usada com o tecido de fibra de vidro garantem uma isolamento segura e eficiente.

Palavras chaves: Fornos industriais. Isolantes térmicos. Eficiência energética.

ABSTRACT

This work aims to study industrial furnaces serving the food industry. The fast food sector reported that in 2012, approximately 27 million Brazilians spent 30 % of monthly income on meals outside. With this the demand for furnaces is growing, with increasing demands for energy efficiency. It creates the need for knowledge of the different solutions in thermal insulation to subsidize the development of a project which aims at saving energy, making it a sustainable product and low cost. In order to present the result of the comparison between the thermal insulation for insulation in industrial furnaces : rock wool and fiberglass , Miniconv done in the oven , this work aims at the exchange of rock wool for fiber glass bringing great savings and adapting to the default of some international standards such as UL . The paper points out that the use of glass fiber mat alone does not guarantee the same results as rock wool, but when used with glass fiber fabric ensure insulation. Thus leading to their return, due to the requirements for fiberglass insulation in some standards and the price.

Keywords: Industrial furnaces. Insulators. Energy efficiency.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 TRANSMISSÃO DE CALOR	9
2.1 Condução	9
2.2 Convecção	9
2.3 Radiação	11
3 FORNOS INDUSTRIAIS	12
3.1 Evoluções dos fornos	12
3.1.1 Fornos turbos	12
3.1.2 Fornos combinados.....	15
3.1.3 Central de cocção.....	16
4 ISOLANTE TÉRMICO	17
4.1 Classificação dos isolantes térmicos	17
4.1.1 De acordo com sua estrutura	17
4.1.1.1 Isolamento fibroso	17
4.1.1.2 Isolamento celular.....	17
4.1.1.3 Isolamento granular	18
4.1.1.4 Isolamento reflectivo	18
4.1.2 De acordo com a natureza de sua matéria prima	18
4.1.2.1 Isolantes minerais	18
4.1.2.1.1 Lã de rocha	18
4.1.2.1.2 Fibra de vidro	19
4.1.2.1.3 Fibra cerâmica	20
4.1.2.1.4 Espuma de vidro	21
4.1.2.1.5 Perlita expandida	21
4.1.2.1.6 Vermiculite expandida.....	21
4.1.2.1.7 Argila expandida	22
4.1.2.2 Isolantes vegetais.....	23
4.1.2.2.1 Lã de madeira	23
4.1.2.2.2 Lã de ovelha.....	23
4.1.2.2.3 Aglomerado de cortiça expandida	24
4.1.2.3 Isolantes sintéticos.....	25
4.1.2.3.1 Poliestireno expandido	25
4.1.2.3.2 Espuma rígida de poliuretano	26
4.1.2.3.3 Espuma rígida a base de PVC	26
4.1.3 De acordo com o modo de produção	27
4.1.4 De acordo com o modo de fixação	27
5 MÉTODO	28
5.1 Tabelas e gráficos	29
5.1.1 Forno com placa lã de rocha.....	29
5.1.2 Forno com manta fibra de vidro	29
6 RESULTADO	32
7 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Os fornos industriais são equipamentos voltados ao setor de alimentação. Seu surgimento e desenvolvimento ao longo dos anos trouxeram grandes transformações para a indústria alimentícia e aos hábitos alimentares.

Os primeiros fornos do Brasil foram montados no século XVI, eram construídos em alvenaria e descritos por assarem os pães de forma ineficiente (Almeida Neto, 2008).

Com o passar dos anos e com o surgimento de inúmeras inovações tecnológicas, hoje os fornos são construídos em aço inoxidável e descritos por assarem, cozinharem, fritarem, grelharem, gratinarem e descongelarem diversos alimentos de forma altamente eficiente.

A eficiência dos fornos se deve a aplicação dos princípios termodinâmicos para a produção e retenção do calor na câmara de cocção.

Na indústria são estudadas as melhores maneiras de minimizar o fluxo de calor de dentro da câmara para o ambiente. Tendo assim os fornos uma melhor eficiência e economia energética, reduzindo a temperatura da superfície externa do forno. Trás também, com isso, uma melhor segurança ao operador, controle de temperatura a um valor constante, proteção ao fogo e à corrosão e redução de ruídos.

Este trabalho apresenta o resultado da comparação entre os isolantes térmicos para isolamento em fornos industriais: lã de rocha e fibra de vidro com tecido, realizado no forno Miniconv, que visa à troca da lã de rocha por fibra de vidro trazendo grande economia.

2 TRANSMISSÃO DE CALOR

A transmissão de calor é o processo de passagem da energia térmica de um meio para o outro, essa transferência ocorre devido à tendência dos corpos em entrarem em equilíbrio térmico. Ocorre assim a transferência de calor do corpo de maior temperatura ao corpo de menor temperatura, como descrito pela segunda lei da termodinâmica. Podendo ocorrer de três maneiras: Condução, Convecção e radiação.

2.1 Condução

Quando existe uma diferença de temperatura em um meio estacionário, que pode ser um sólido ou um fluido utilizamos o termo condução para nos referirmos à transferência de calor que irá ocorrer através do meio. (MORAN, et al., 2011)

Segundo Moran et al(2011) o mecanismo físico da condução envolve os conceitos de atividade atômica e molecular, que sustenta a transferência de energia das partículas mais energéticas para as partículas de menor energia de uma substância devido às interações que existem entre as partículas.

2.2 Convecção

Quando a passagem da energia térmica se dá através do movimento de moléculas de um fluido de uma parte do material para outra, ocorrendo assim a transferência de calor entre uma superfície e um fluido em movimento ou estacionário quando estão a diferentes temperaturas.

Os líquidos e os gases não são bons condutores de calor, porém podem transmitir calor de maneira significativa pelo processo de convecção.

O modo de transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos. Além da transferência de energia devida ao movimento molecular aleatório (condução), a energia é também transferida através do movimento global, ou macroscópico, do fluido. Esse movimento do fluido está associado ao fato de que, em um instante qualquer, um grande número de moléculas está se movendo coletivamente ou como agregados de moléculas. Tal movimento, na presença de um gradiente de temperatura, contribui para a transferência de calor. Como as moléculas no agregado mantêm seu movimento aleatório, a transferência total de calor é então composta pela superposição do transporte de energia devido ao movimento

aleatório das moléculas com o transporte devido ao movimento do fluido como um todo. (MORAN, et al., 2011)

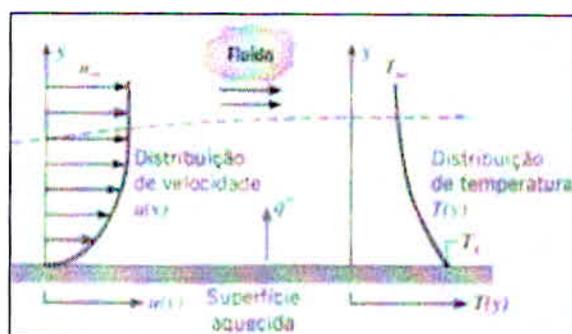
Independentemente da natureza particular do processo de transferência de calor por convecção, a equação apropriada da taxa, conhecida como lei do resfriamento de Newton, possui a forma:

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

Onde, q'' o fluxo térmico por convecção (W/m^2), é proporcional à diferença entre as temperaturas da superfície e do fluido, T_s e T_∞ , respectivamente, e a constante de proporcionalidade h ($W/m^2.K$) é denominada coeficiente de transferência de calor por convecção. (MORAN, et al., 2011)

Além da dependência das propriedades do fluido, o coeficiente de transferência de calor por convecção depende da geometria da superfície e das condições de escoamento. Segundo Moran et al(2011) o problema da convecção é determinar os efeitos da geometria da superfície e das condições de escoamento no coeficiente de convecção resultante da camada limite que se desenvolve sobre a superfície. Sendo a camada limite térmica a região que sobre uma distribuição de temperatura a partir de T_∞ da corrente livre até o valor de T_s da superfície.

Figura 1: Desenvolvimento da camada limite térmica na transferência de calor por convecção.



Fonte: Moran et al., 2011.

Figura 2: Valores típicos de coeficiente de transferência de calor por convecção.

Processo	h (W/m².K)
Convecção livre	
Gases	2 -25
Líquido	50-1000
Convecção forçada	
Gases	25-250
Líquido	100-20000

Fonte: Moran et al, 2011.

2.3 Irradiação

Quando a passagem de energia se dá através de ondas eletromagnéticas.

Todos os corpos emitem ondas eletromagnéticas, cujas características e intensidades dependem do grau de aquecimento do corpo. Quando essas ondas incidem em um corpo, elas podem ser refletidas, transmitidas e/ou absorvida transformando-se em novas formas de energia, como a energia térmica.

Embora nossa atenção esteja voltada para a radiação que é emitida por superfície de sólidos, as emissões também podem ocorrer a partir de líquidos e gases. Independentemente da forma da matéria, as emissões podem ser atribuídas a mudanças nas configurações eletrônicas dos átomos e moléculas que constituem a matéria. A energia do campo radiação é transportada por meio de ondas eletromagnéticas (ou de forma alternativa, por fóton). (MORAN, et al., 2011)

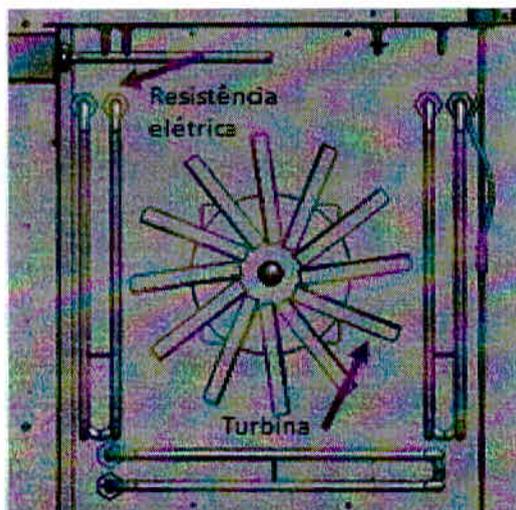
3 FORNOS INDUSTRIAIS

Fornos industriais são equipamentos que utilizam uma fonte de energia para transformá-la em energia térmica em uma câmara de cocção e transmiti - lá para os alimentos, assando-os, com a menor perda de calor possível através das paredes dos fornos.

A fonte de energia de um forno industrial pode ser:

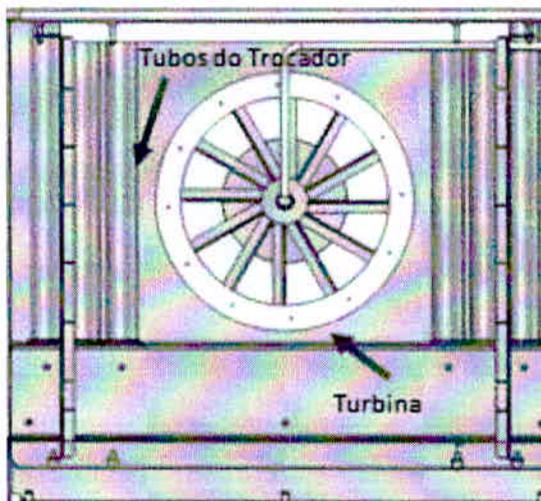
- a) Elétrica: Por meio de resistências de aquecimento ou;
- b) A gás: Por meio de um queimador que geram calor que passa pelos tubos do trocador de calor ou;
- c) Bioenergético: Combina o queimador com resistências auxiliares.

Figura 3: Câmara de cocção Forno elétrico Industrial.



Fonte: Solid Works, 2013.

Figura 4: Câmara de cocção Forno a gás Industrial.



Fonte: Solid Works, 2013.

3.1 Evolução dos Fornos

Um grande passo no desenvolvimento dos fornos foi o início da utilização do conceito de “Convecção forçada”, surgindo assim os fornos de convecção forçada, conhecidos como Fornos Turbos.

3.1.1 Fornos Turbos

Os fornos Turbos utilizam um ventilador para aumentar a circulação de ar dentro da câmara de cocção.

A convecção promove a distribuição de calor de maneira homogênea, eliminando os “pontos quentes” e assando o alimento de maneira uniforme, e aquece o alimento muito mais rápido do que em fornos convencionais, pois o ar em movimento retira a fina camada de ar que isola o alimento.

Segundo Franco (2009) os fornos de convecção trouxeram grandes vantagens, como:

- a) Podem operar com uma menor temperatura em comparação com um forno convencional em cerca de 50 graus Celsius (esta comparação irá variar dependendo de fatores como, por exemplo, a quantidade de alimentos preparados, posicionamento na câmara, etc.), ainda cozinhar o alimento mais rapidamente.
- b) O tempo de cocção é inferior aos dos fornos convencionais (25% a 75% mais rápidos) reduzindo assim o consumo de energia;
- c) A umidade natural do alimento é aproveitada eliminando o ressecamento;
- d) Está comprovado que a perda de peso no assado de carnes é muito inferior que as dos fornos convencionais;
- e) É possível garantir o mesmo padrão de qualidade em todas as fornadas;
- f) É possível preparar diferentes tipos de alimentos simultaneamente, sem intercâmbio de sabores;
- g) É possível preparar alimentos que habitualmente são fritos utilizando uma quantidade mínima de óleo, obtendo alimentos crocantes e extremamente saudáveis.

Figura 5: Forno de Convecção Forçada Industrial.



Fonte: Prática Fornos, 2013.

Depois surgiram os fornos que combinam a convecção forçada com a geração de vapor dentro câmara de cocção, que é feita por uma caldeira elétrica e um sistema automatizado de dreno. Conhecidos como Fornos combinados.

3.1.2 Forno Combinado

A combinação da convecção e a geração de vapor na câmara de cocção possibilitaram a função de cozimento de alimentos e a redução considerável da perda de peso nas carnes, aumentando o rendimento do forno e tornando os alimentos mais nutritivos e saborosos.

Esses fornos possuem um alto nível de automatização que possibilita o acionamento direto no painel de comando das funções de ar quente, cozinhar no vapor, vapor combinado, regeneração, Cool Down (sistema de arrefecimento) e higienização. Permitem a inclusão de até 500 receitas com 4 passos cada, sendo possível controlar precisamente em cada passo a temperatura, o nível de vapor e término por tempo ou temperatura de sonda.

Figura 6: Forno Combinado ECG11.



Fonte: Prática Fornos, 2013.

3.1.3 Central de Cocção

São fornos combinados com o mais alto grau de automação e tecnologia. Representa o estado da arte em termos de cocção. É uma central de cozimento pré-programada na qual o operador escolhe o tipo de alimento e o acabamento desejado para ele, interna e externamente.

Automaticamente, o equipamento estabelece tempos, temperaturas e níveis de vapor em várias fases, compensando variações de carga e de tamanhos das peças.

Figura 7: Centrais de Cocção pré-programada.



Fonte: Prática Fornos, 2013.

4 ISOLANTE TÉRMICO

Isolantes térmicos são materiais que dificultam a transferência de calor, se tornam uma barreira entre dois meios que entrariam em equilíbrio térmico.

Essa característica torna o isolante térmico fator decisivo em um projeto de forno que objetiva alta eficiência energética e economia.

Existem muitas considerações que devem ser feitas na escolha do isolante, sendo uma tarefa difícil, que torna de total importância o conhecimento dos diversos isolantes existentes no mercado.

Conhecendo as variações de isolantes e a natureza da aplicação, a escolha recai sobre os custos.

4.1 Classificação dos Isolantes térmicos

Os isolantes variam de acordo com sua estrutura, sua natureza, seu modo de produção e fixação.

4.1.1 De acordo com a sua estrutura:

4.1.1.1 Isolamento fibroso

Isolamento fibroso é composto por fibras de pequeno diâmetro que preenchem um espaço de ar. As fibras podem ser orgânicas (lã ou pelo de animal, algodão, madeira, tecido, cana e fibras vegetais), ou inorgânicas (lã de rocha, fibra de vidro e fibra cerâmica). (TEIXEIRA, BARROS, 2013)

4.1.1.2 Isolamento celular

Isolamento celular é caracterizado por uma estrutura celular, feita de materiais celulares, tais como: cortiça, espuma de plástico, vidro, poliestireno, poliuretano, e outros polímeros. (TEIXEIRA, BARROS, 2013)

4.1.1.3 Isolamento granular

Isolamento granular é caracterizado por pequenos nódulos com vazios. Silicato de cálcio, vermiculata e perlita são os melhores isolamentos granulares conhecido. (TEIXEIRA, BARROS, 2013)

4.1.1.4 Isolamento reflectivo

Isolamento reflectivo é baseado na reflexão da radiação térmica incidente numa superfície através do uso de superfícies altamente refletivas (baixa emissividade). Podem ser usados para minimizar o fluxo de calor por radiação ou podem ser usados como superfícies expostas à radiação para combater tanto a radiação como a condução. (TEIXEIRA, BARROS, 2013)

4.1.2 De acordo com a natureza da sua matéria prima:

4.1.2.1 Isolantes minerais

São obtidos através de aglomerados de fibras minerais fundidas e extrudadas em diâmetros muito pequenos por meio de resinas sintéticas.

4.1.2.1.1 Lã de rocha

Lã de Rocha é feita de rocha. A matéria-prima básica é a rocha vulcânica chamada de diábase.

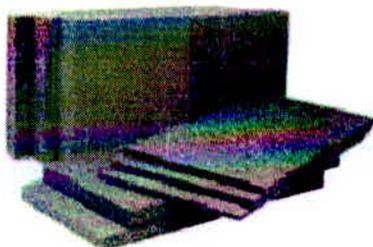
O processo de fabricação se resume a produção de fibras que são compostas posteriormente por algum aglutinante de resina.

Características:

- a) A densidade pode variar desde 32 kg/m^3 até 48 kg/m^3 .
- b) O ponto de fusão da Lã de Rocha em temperaturas de operação se dá a partir da temperatura de 1200°C .
- c) São quimicamente inertes, imputrescíveis, não provocam corrosão e não favorecem o desenvolvimento de bactérias ou fungos.

- d) Apresentam permeabilidade ao vapor de água, sendo a sua utilização apenas possível como isolamento primário, em conjunto com uma barreira anti vapor.

Figura 8: Placa de lã de rocha.



Fonte: La rocha Ltda., 2013.

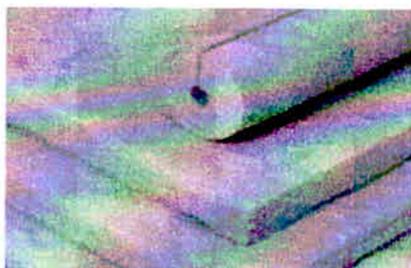
4.1.2.1.2 Fibra de vidro

O composto dióxido de silício SiO_2 , conhecido como sílica é o composto binário de oxigênio e silício, os dois elementos mais abundantes na crosta terrestre. A sílica e seus compostos constituem cerca 60% da crosta da terra.

A Fibra de vidro é fabricada em alto forno a partir de sílica e, aglomerada por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento.

Essa mistura é aquecida à cerca de 1500 °C e transformadas em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas, permitem a fabricação de produtos leves e flexíveis até muito rígidos, dependendo do grau de compactação.

Figura 9: Fibra de vidro.



Fonte: korta calhas Ltda., 2013.

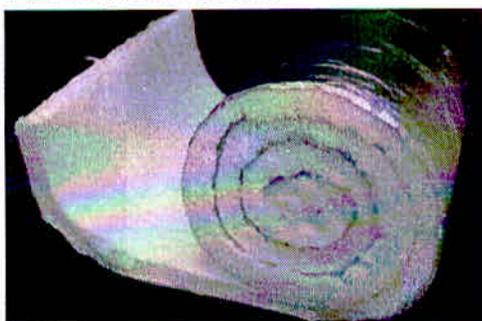
4.1.2.1.3 Fibra cerâmica

A manta de fibra cerâmica é fabricada a partir de fibras que são multidirecionadas e entrelaçadas num processo contínuo de agulhamento, o que confere ao produto excelentes propriedades.

Características:

- a) Alto grau de pureza química.
- b) Temperatura limite de utilização: 1260°C/1400°C.
- c) Resistência ao ataque de ácidos e a corrosão.
- d) Se molhada por água, vapor ou óleo terá suas propriedades completamente restauradas após a secagem.

Figura 10: Fibra cerâmica.



Fonte: Grupo Heme isolante, 2013.

4.1.2.1.4 Espuma de vidro

As espumas de vidro são obtidas por expansão a quente do vidro (aproximadamente 18 vezes o seu volume), com o auxílio de um corpo gasoso. Apresentam-se geralmente sob a forma de painéis.

Figura 11: Espuma de vidro.



Fonte: korta calhas Ltda., 2013.

4.1.2.1.5 Perlita expandida

É obtida de um mineral de origem vulcânica, uma propriedade que a difere dos outros minerais vulcânicos é a capacidade de expandir-se em até 20 vezes seu volume original, quando aquecida a altas temperaturas.

Quando a Perlita moída se aquece a mais de 900°C se expande. A água contida na Perlita se evapora durante o processo de aquecimento formando infinidade de pequenas bolhas de ar seladas e conectadas entre si. Estas bolhas são responsáveis pelo baixo peso e excelentes propriedades físicas da Perlita.

Características:

- a) Aplicação -200 °C a + 650 °C.
- b) É incombustível num ponto de fusão de 1260°C.
- c) Tem densidade entre 40 a 100 kg/m³.
- d) É inorgânica, não deteriorando e resiste a insetos, preenchendo completamente os vazios e cavidades das paredes e blocos.

Figura 12: Perlita expandida.



Fonte: Perfiltra S/A, 2013.

4.1.2.1.6 Vermiculita expandida

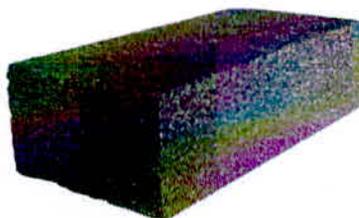
A Vermiculita é um mineral formado pela superposição de finíssimas lamínulas, que submetido a altas temperaturas, sofre uma grande expansão de até quinze vezes o seu volume original.

Características:

- a) Densidade: entre 80 a 120 Kg/m³.
- b) Condutividade térmica: 0,042 W/m °C.

- c) Praticamente Incombustível, funde a 1.315 °C.
- d) Não Tóxica usada até como componente de ração animal.
- e) Não Abrasiva
- f) Retenção de Água - tem o poder de reter grande quantidade de água, que chega até 5 vezes o poder de cada floco.

Figura 13: Vemiculita expandida.



Fonte: Refratil refratários, 2013.

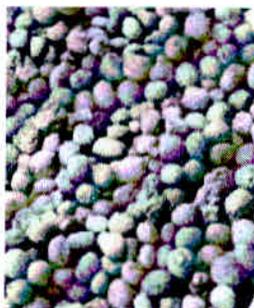
4.1.2.1.7 Argila expandida

Produto natural (barro de argila). É expandida em fornos cilíndricos em temperatura de 1.000°C tem como sua principal propriedade sua leveza, ser incombustível e inodora. Apresenta-se em forma arredondada (bolinhas), variando de 1 a 35 mm no seu diâmetro máximo.

A densidade de argila expandida, seca e no estado solto, na média é de 550 kg/m³ aproximadamente 2,5 vezes menor que agregados normais de areia e pedra.

É quimicamente inerte. Indicado como isolamento até 800°C.

Figura 14: Argila expandida.



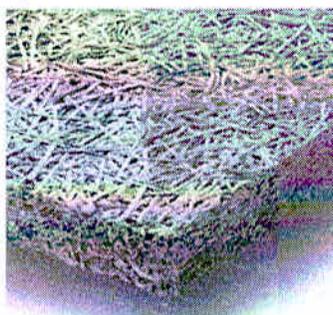
Fonte: Terra Fort, 2013.

4.1.2.2 Isolantes vegetais

4.1.2.2.1 Lã de madeira

É produzido com fibras de madeira de eucalipto proveniente de florestas adequadamente manejadas e prensadas a quente por meio de um processo úmido, que reativa os aglutinantes naturais da própria madeira e confere alta densidade aos produtos.

Figura 15: Isolante de Lã de madeira.



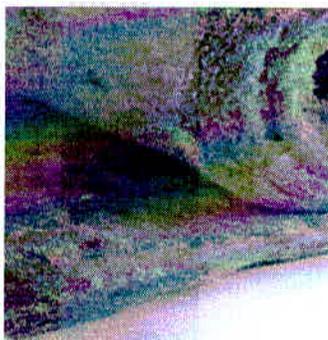
Fonte: Ecoplace LTDA, 2013.

4.1.2.2.2 Lã de ovelha

Características:

- a) Condutividade térmica: 0,040 W/m.°C
- b) Inflamável a 560°C
- c) Densidade (kg. /m³): 13.5

Figura 16: Isolante de Lã de ovelha.



Fonte: Raiz Verde LDA, 2013.

4.1.2.2.3 Aglomerado de cortiça expandida

O Aglomerado de Cortiça Expandida deriva de uma matéria-prima totalmente natural e renovável, a cortiça, cuja extração da árvore se enquadra no seu ciclo de vida e em origem na árvore de sobreiro.

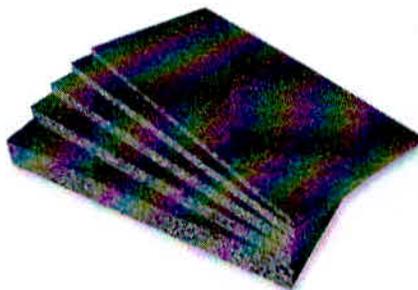
O aglomerado de cortiça expandida é um produto em que a aglutinação dos grânulos da matéria-prima se efetua exclusivamente em consequência da expansão volumétrica e da exsudação das resinas naturais da cortiça, por ação da temperatura transmitida pelo vapor de água. É assim produzido um aglomerado unicamente constituído por cortiça, razão pela qual também se designa por aglomerado puro de cortiça.

Preparada, a matéria-prima é triturada, limpa de impurezas, ensilada e seca (ou previamente seca), até se alcançar um teor ponderal de água ideal para a operação de cozimento. (ECOCASA, 2013).

Características:

- a) Condutividade térmica – 0.043 W/m °C
- b) Densidade: entre 100 a 150 kg/m³
- c) Resistência à unidade: Permeável e retentora de umidade
- d) Resistência aos agentes biológicos – É atacada pelos roedores
- e) Temperatura de utilização: - 180°C a 140°C

Figura 17: Isolante de Aglomerado de cortiça expandida



Fonte: Isocor, 2013.

4.1.2.3 Isolantes sintéticos.

4.1.2.3.1 Poliestireno expandido

Mais conhecido como “isopor”, é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água.

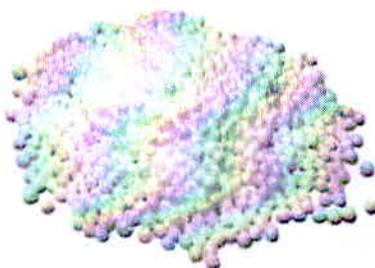
Como agente expensor, utiliza-se o pentano, um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente.

O produto final é composto de pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se destinam à expansão. Essas são submetidas à expansão em até 50 vezes o seu tamanho original, através de vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Expandidas, as pérolas consistem em até 98% de ar e 2% de poliestireno. (ABRAPEX, 2013)

Características:

- a) Resistência ao fogo: Facilmente inflamável.
- b) Temperatura de utilização de -70° a 80°C .
- c) É um material inodoro, imputrescível, estável à ação da água, não resiste, contudo à ação da acetona, do ácido nítrico, gasolina, benzina, éter, e óleos minerais.
- d) Condutibilidade térmica entre 0.042 e 0.037 W/m. k a 23°C .

Figura 18: Poliestileno expandida



Fonte: Abrapex, 2013.

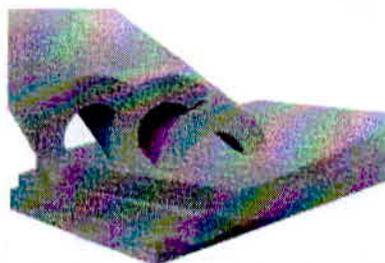
4.1.2.3.2 Espuma rígida de poliuretano

As espumas de poliuretano são obtidas por reação química de isocianatos sobre um constituinte de polioliol e de outros ativantes e insuflantes. O ar a provisionado nas células é por vezes substituído por anidrido carbônico ou hidrocarbonatos halogenados, que pioram consideravelmente a condutibilidade térmica do material, a qual varia entre 0.029 a 0.03 W/m. °C.

Características:

- a) Apresenta boa permeabilidade a água;
- b) Resistência ao fogo: Facilmente inflamável.
- c) Em caso de incêndio, liberta gases tóxicos, em especial o ácido clorídrico, o qual pode pôr em risco o pessoal de luta contra incêndio.
- d) Temperatura de utilização de -50° a 100°C.

Figura 19: Espuma rígida de poliuretano.



Fonte: korta calhas Ltda, 2013

4.1.2.3.3 Espuma rígida a base de PVC

Características:

- a) Boa impermeabilidade ao vapor de água e boa resistência mecânica.
- b) O seu custo é elevado.
- c) Resistência ao fogo: Não inflamável.
- d) Este material não é atacado por roedores ou insetos.

4.1.2.4 De acordo com o modo de produção:

4.1.2.4.1 Pré-fabricados: blocos, painéis, placas, mantas.

4.1.2.4.2 Executados “in situ”: Moldados, projetados, injetados, a granel.

4.1.2.5 De acordo com tipo de fixação:

4.1.2.5.1 Pré-fabricados: Fixação mecânica, colagem, colocação livre, aplicação em fundo de molde.

4.1.2.5.2 Executados "in situ": Moldados, projetados, injetados, a granel.

5 MÉTODO

Na aplicação em fornos industriais os isolantes mais utilizados são os de estrutura fibrosa e de origem vegetal, que possuem também uma facilidade de fixação, como: lã de rocha, fibra de vidro e fibra cerâmica.

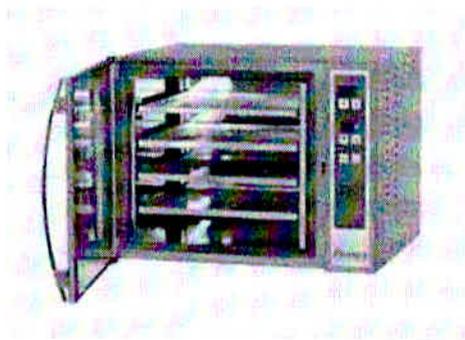
Porém o custo da fibra cerâmica é R\$ 23,90 m² e a placa de lã de rocha aluminizada é R\$ 21,00 m². Sendo a utilizada atualmente.

Serão realizados testes de temperatura para que possa validar a utilização da manta de Fibra de vidro que custa apenas R\$ 7,20 m². Podendo assim reduzir os custos consideravelmente garantindo os requisitos de projeto e qualidade de isolamento.

Foi feita a medição de temperatura em pontos críticos de dois fornos Miniconv (Painel, teto, lateral esquerda, alimentação e motor), um forno com manta de fibra de vidro e em outro com a isolamento feita com placas de lã de rocha, ambas com 25 mm de espessura.

Foram ligados os oito sensores tipo K em um Field Logger, e em seguida fixados os sensores nos dois fornos Miniconv. E através do Field Logger, monitoramos as temperaturas durante aproximadamente duas horas.

Figura 20: Forno Miniconv.



Fonte: Prática S/A, 2013.

Tabela 1: Dados técnicos do forno

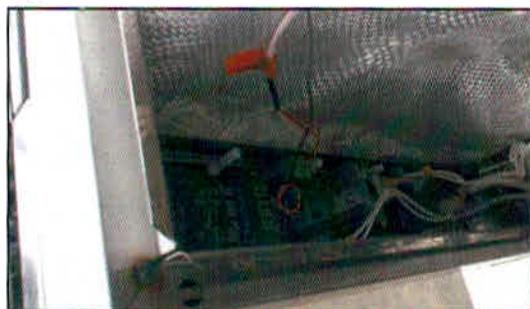
Modelo	Aquecimento	Largura(mm)	Prof. (mm)	Altura (mm)	Consumo (kw.h)	Potência (kw)	Temperatura (°C)
Miniconv	Elétrico	580	683	443	2,3	2,9	de 50 até 210

Fonte: Prática S/A, 2013.

Abaixo a posição dos sensores:

5.1 Forno com manta fibra de vidro:

Figura 21: Painel.



Fonte: Prática S/A, 2013.

Figura 22: Teto.



Fonte: Prática S/A, 2013.

Figura 23: Lateral Esquerda



Fonte: Prática S/A

Figura 24: Motor.



Fonte: Prática S/A

5.2 Forno com placa lâ de rocha:

Figura 25: Painel.



Fonte: Prática S/A

Figura 26: Teto.



Fonte: Prática S/A

Figura 27: Lateral esquerda.



Fonte: Prática S/A

Figura 28: Motor.



Fonte: Prática S/A

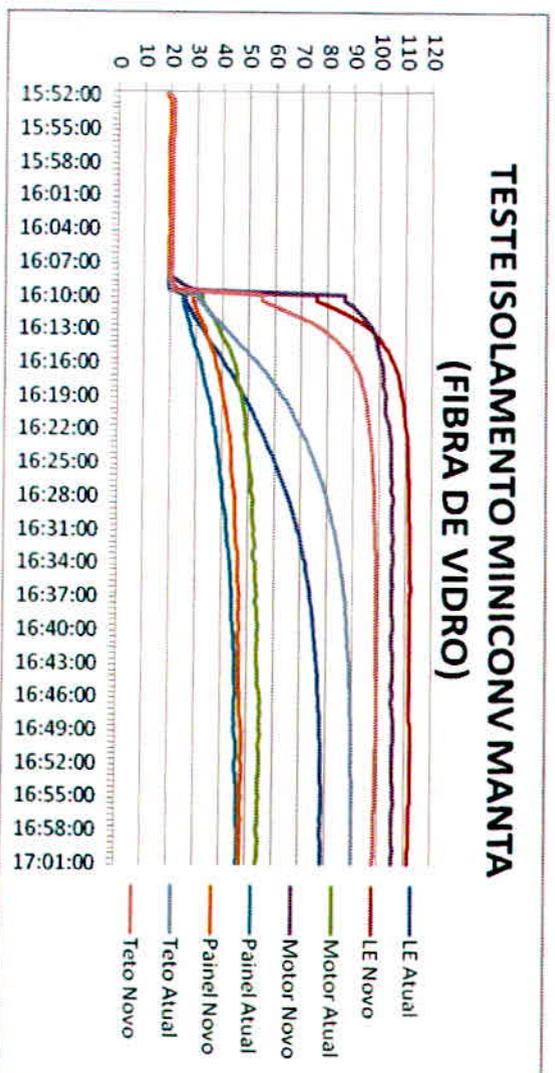
6 RESULTADOS

Os testes mostram que a manta fibra de vidro está aprovada para uso, porém será necessário cobrir a Manta com o Tecido de Fibra de Vidro. Pois com o tecido as temperaturas chegarão bem próximas do isolamento de Lã de Rocha que usamos hoje. E sem o Tecido, as temperaturas ficaram mais altas que a isolação com Lã de Rocha.

O preço do tecido de fibra de vidro é R\$ 4,66 m², e como pode notar o custo da manta fibra de vidro mais tecido fibra vidro, fica menor em relação ao isolamento com Placa de lã de Rocha.

Abaixo os gráficos e as tabelas com as comparações:

Gráfico 1: Teste de isolamento Comparação lã de rocha (atual) com manta de fibra de vidro (novo).



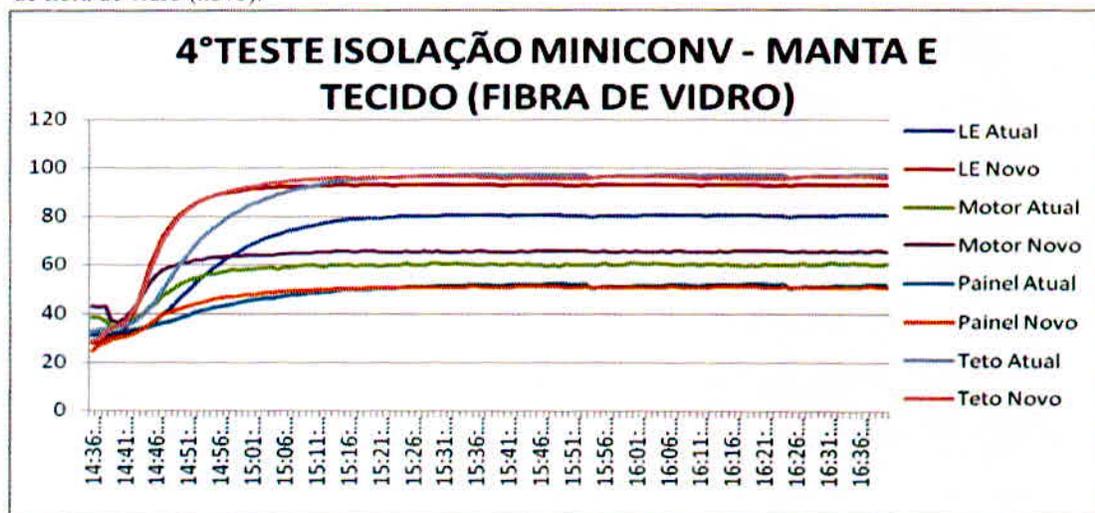
Fonte: Prática S/A, 2013.

Tabela 2: Comparação lã de rocha (atual) com manta de fibra de vidro (novo).

Temperaturas (1º Teste)		
Temperaturas de Pico		Diferença
LE Atual	79°C	
LE Novo	112°C	(+ 33°C)
Motor Atual	55°C	
Motor Novo	106°C	Erro
Painel Atual	46°C	
Painel Novo	48°C	(+ 2°C)
Teto Atual	90°C	
Teto Novo	99°C	(+ 9°C)

Fonte: Prática S/A, 2013.

Gráfico 1: Teste de isolamento Comparação lã de rocha (atual) com manta e tecido de fibra de vidro (novo).



Fonte: Prática S/A, 2013.

Tabela 3: Comparação lã de rocha (atual) com manta e tecido de fibra de vidro (novo).

Temperaturas (4ºTeste)		
Temperaturas de Pico		Diferença
LE Atual	81°C	(+ 12°C)
LE Novo	93°C	
Motor Atual	60°C	(+ 5°C)
Motor Novo	65°C	
Painel Atual	51°C	Igual
Painel Novo	51°C	
Teto Atual	97°C	(- 1°C)
Teto Novo	96°C	

Fonte: Prática S/A, 2013.

7 CONCLUSÃO

Podemos concluir que a escolha do isolamento correto é imprescindível para que o projeto dos fornos alcance todas as entradas de um projeto que objetive eficiência e economia energética e minimizar custos, garantindo a total segurança ao operador.

Como vimos na aplicação em fornos industriais os isolantes mais utilizados são os de estrutura fibrosa e de origem vegetal, que possuem também uma facilidade de fixação, como: lã de rocha, fibra de vidro.

O isolante que era utilizado (atual) era a placa de lã de rocha, porém devido ao preço da manta e tecido de fibra de vidro, tornou-se mais viável sua utilização. Mostrando que de acordo com os testes de temperatura realizados, concluímos que a manta e o tecido, está aprovado para o uso, desde que sejam utilizados juntos. Pois o uso da manta sozinha, não garante a mesma isolação da placa lã de rocha.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX, **Associação brasileira de poliestireno expandido**. Disponível em <http://www.abrapex.com.br>. Acesso em: 12 de outubro de 2013.

ALMEIDA NETO, A. C. de. **A História da Panificação Brasileira**. São Paulo: Maxi foods, 2008.

ECOCASA, **Tecnologias Ambientais**. Disponível em: <http://www.ecocasa.com.br>. Acesso em: 13 de setembro de 2013.

ECOPLACE. **Isolamentos naturais**. Disponível em: <http://ecoplac.pt>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.

FRANCO, de. **Controle de velocidade de turbinas em fornos de panificação**. Pouso Alegre, 2009.

HEME, **Isolantes térmicos**. Disponível em: <http://www.hemeisolantes.com.br>. Acesso em: 17 de setembro de 2013.

ISOCOR. **Agglomerado de cortiça**. Disponível em: <http://www.isocor.pt>. Acesso em: 17 de setembro de 2013.

KORTA CALHAS. **Isolantes térmicos Ltda**. Disponível em: <http://www.kortacalhas.com.br>. Acesso em: 10 de setembro de 2013.

LA ROCHA, **Indústria e comércio de Fibras Minerais**. Disponível em <http://www.larocha.com>. Acesso em: 20 de setembro de 2013,

MORAN et al. **Introdução à engenharia de sistemas térmicos**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

PRÁTICA TECHNICOOK. **Prática Fornos**. Disponível em <http://www.praticafornos.com.br>. Acesso em: 03 de outubro de 2013

PERFILTRA. **Isolamento rígido S/A**. Disponível em: <http://www.perfiltra.com>. Acesso em: 10 de setembro de 2013.

RAIZ VERDE. **Energias renováveis, construção e materiais ecológicos**. Disponível em: <http://www.raizverde.pt>. Acesso em: 17 de setembro de 2013.

REFRATIL. **Refratários**. Disponível em: <http://www.refratil.com.br>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.

TEIXEIRA, J. C. F.; BARROS, I. M. **Isolamentos térmicos**. Universidade do Minho, 2013.

TERRA FORT, **Argila expandida**. Disponível em: <http://www.terrafort-rp.com.br>. Acesso em: 15 de setembro de 2013.