

VARIAÇÕES DIMENSIONAIS NOS TIJOLOS REFRATÁRIOS

Marcílio Dias de Carvalho..

As variações dimensionais sistemáticas nos tijolos refratários pro vocam alterações nas combinações calculadas nos projetos, perturban do as gestões de estoques e contratos de suprimento.

Este artigo analisa os desvios causados por tais variações, apresen tando sugestões para o seu controle.

. Trabalho apresentado ao Seminário da COREF - Vitória - E.S. -
Outubro de 1982.

.. Engenheiro de Minas e Metalurgia. Seção de Desenvolvimento Técnico
da Manutenção - Companhia Siderúrgica de Tubarão.

VISÃO PANORÂMICA

1. Introdução	As variações dimensionais sistemáticas nos <u>tijolos refratários</u> alteram as <u>quantidades calculadas</u> .
2. Variações no mesmo sentido	Apresentação de um cálculo e as alterações <u>provocadas</u> por diferenças de ± 2 mm nos <u>tijolos</u> .
3. Representação Gráfica	Os <u>gráficos</u> permitem <u>visualizar</u> as <u>variações</u> nas <u>quantidades</u>
4. Variações do Número de Peças por Fiada	Se <u>variar</u> o <u>número</u> de <u>peças</u> por <u>fiada</u> , as <u>quantidades</u> previstas nos <u>cálculos</u> não serão <u>obedecidas</u> .
5. As Soluções Comerciais	Os <u>consumidores</u> poderão <u>acertar</u> <u>previamente</u> com os <u>fornecedores</u> as <u>correções</u> das <u>quantidades</u> .
6. Depósitos Regionais	Em <u>alguns</u> <u>casos</u> poderão ser <u>justificados</u> <u>depósitos</u> <u>próximos</u> dos <u>consumidores</u> .
7. Medidas Acumuladas	As <u>medidas</u> <u>acumuladas</u> em <u>10</u> <u>tijolos</u> <u>permitem</u> <u>mostrar</u> as <u>variações</u> <u>sistemáticas</u> .
8. Tijolo Padrão	Os <u>tijolos refratários</u> podem ter suas <u>dimensões</u> <u>classificadas</u> segundo um <u>padrão</u> .
9. Gabarito	Um <u>gabarito</u> <u>permitirá</u> <u>classificar</u> as <u>peças</u> <u>individualmente</u> .

10. Argamassa	Não deve ser usada argamassa para corrigir <u>va</u> <u>riações</u> dimensionais sistemáticas
11. Conclusões	Os consumidores e fabricantes são prejudicados por alterações nas medidas, capazes de alterar os programas de suprimento e mesmo as <u>camp</u> <u>nahas</u> dos refratários.

1. INTRODUÇÃO

Os cálculos de refratários são realizados através de fórmulas matemáticas simples ou pelo uso de tabelas, geralmente adaptadas de manuais originalmente calculados no sistema britânico de medidas. Durante os processos de fabricação dos tijolos refratários podem ocorrer variações nas dimensões de projeto, causadas por vários motivos: Composição das matérias primas, granulometria, prensagem, tempo de uso das formas, curvas de queima, posição nos empilhamentos de carros, etc. Variações dimensionais da ordem de 2 milímetros podem alterar as combinações do projeto original, se ocorrerem sistematicamente no mesmo sentido. Mesmo dentro das tolerâncias das normas técnicas, e sem afetar a segurança e qualidade dos revestimentos refratários, essas pequenas variações podem modificar as quantidades fornecidas. Alguns formatos podem ficar em excesso e outros em falta.

As variações entre quantidades previstas e quantidades reais perturbam os controles de estoques e compras. Os excessos representam material imobilizado e as faltas representam compras imprevistas, prejudicando consumidores e fabricantes. As demonstrações das fórmulas usadas e as análises matemáticas dos erros relativos são apresentadas no anexo. Neste trabalho se não apresentados apenas os resultados obtidos em casos práticos.

As variações dimensionais sistemáticas, no mesmo sentido para mais ou para menos, são as mais nocivas. Podem provocar diferenças consideráveis entre os consumos previstos e os consumos reais, se não houver correção a tempo.

2. VARIAÇÕES NO MESMO SENTIDO

O exemplo seguinte ilustra algumas situações possíveis, se apenas uma dimensão sofrer variações no mesmo sentido. Os resultados dos cálculos serão apresentados considerando a montagem a seco, sem argamassa.

Os comentários relativos às juntas de argamassa serão apresentados ao final deste trabalho.

Seja construir uma fiada circular de raio interno 854 mm, espessura 114 mm e raio externo 968 mm com dois tipos de tijolos de dimensões nominais padronizadas: ARCO 1 : 114 x (76-70)

ARCO 2 : 114 x (76-63)

Circunferência Externa - $6,28 \times 968 = 6080$ mm

Circunferência Interna - $6,28 \times 854 = 5363$ mm

Número de tijolos por fiada $\frac{6080}{76} = 80$ Figura 1

76

Um cálculo simples mostra que um tijolo especialmente fabricado com alto custo, nas dimensões 114 x (76-67) permitiria a montagem. A solução econômica é combinar dois formatos padronizados de fabricação normal. Inicialmente, o número de tijolos por fiada será admitido constante, para simplificar os cálculos. O quadro I mostra as combinações das 80 peças calculadas para fechamento do anel circular, considerando variações sistemáticas de ± 1 mm e ± 2 mm apenas nas dimensões 70 mm e 63 mm.

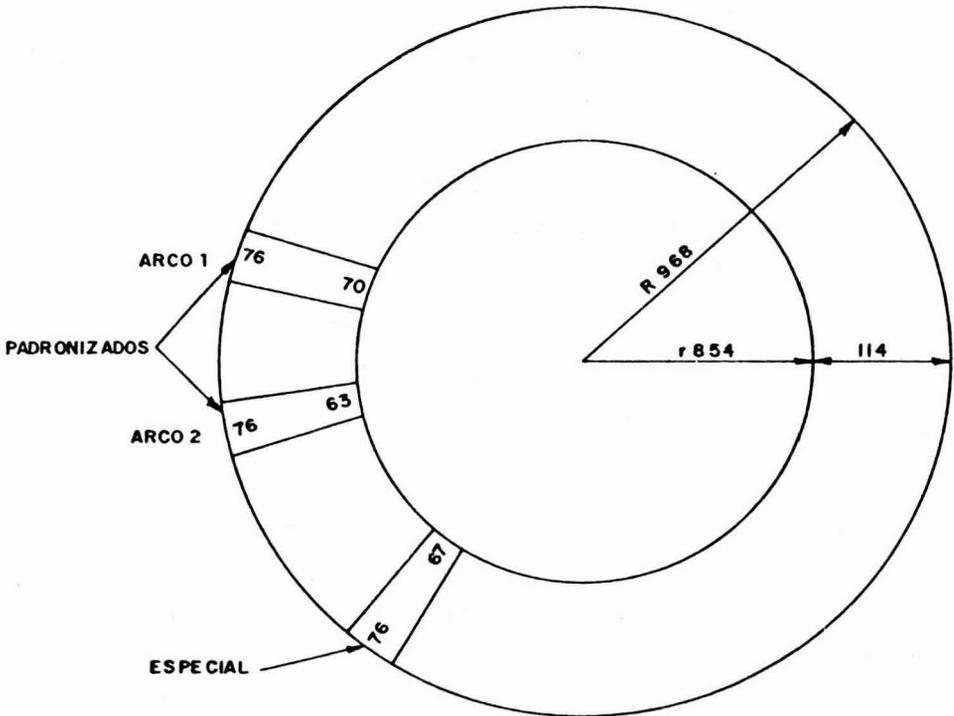


FIGURA 1

COMBINAÇÃO DE DOIS FORMATOS

QUADRO I

COMBINAÇÃO DE DOIS FORMATOS

ARCO 1

TOLERÂNCIA	mm	-2	-1	0	+1	+2
DIMENSÃO	mm	68	69	70	71	72
NÚMERO	peças	69	57	46	35	23
PRODUTO (1)	mm	4692	3933	3220	2485	1656

ARCO 2

TOLERÂNCIA	mm	-2	-1	0	+1	+2
DIMENSÃO	mm	61	62	63	64	65
NÚMERO	peças	11	23	34	45	57
PRODUTO (2)	mm	671	1426	2142	2880	3705

CIRCUNFERÊNCIA INTERNA = 5.363 mm

SOMA (1+2)	mm	5363	5359	5362	5365	5361
ERRO	mm	0	-4	-1	+2	-2

Á soma (1+2) representa a circunferência interna, no valor calculado de 5.363 mm. Os métodos de cálculo são bastante precisos, com erro máximo de 4 mm em 5363 mm. O número total de peças em todos os casos vale 80.

O Quadro II apresenta as quantidades calculadas e as variações em cada tolerância.

QUADRO II

TOLERÂNCIA	DIMENSÕES - mm		QUANTIDADES - PEÇAS			VARIÇÕES-PEÇAS	
	ARCO 1	ARCO 2	ARCO 1	ARCO 2	SOMA	ARCO 1	ARCO 2
mm							
-2	68	61	69	11	80	+23	-23
-1	69	62	57	23	80	+11	-11
0	70	63	46	34	80	0	0
+1	71	64	35	45	80	-11	+11
+2	72	65	23	57	80	-23	+23

Considerando as quantidades calculadas para as dimensões 70 mm e 63 mm como referências (46 arcos 1 + 34 arcos 2), as variações percentuais serão ARCO 1 $\pm \frac{11}{46} = \pm 24\%$ $\pm \frac{23}{46} = \pm 50\%$

ARCO 2 $\pm \frac{11}{34} = \pm 32\%$ $\pm \frac{23}{34} = \pm 68\%$

3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Os valores anteriores podem ser representados graficamente na figura 2. A soma das quantidades é constante e igual a 80.

As quantidades de peças de cada tipo estão representados nos eixos:
Horizontal - Arco 2 Vertical - Arco 1

A figura 3 é a mesma representação da figura 2 com a origem deslocada de M para o ponto de referência O de abscissa + 34 e ordenada + 46. Assim ficam expostas as variações por tipo, positivas e negativas, de acordo com as tolerâncias.

Como o número de tijolos por fiada circular é admitido constante, a soma das variações em cada tolerância é sempre nula. Mudam porém as combinações entre os dois formatos. No consumo real irá sobrar um tipo e faltar o outro tipo.

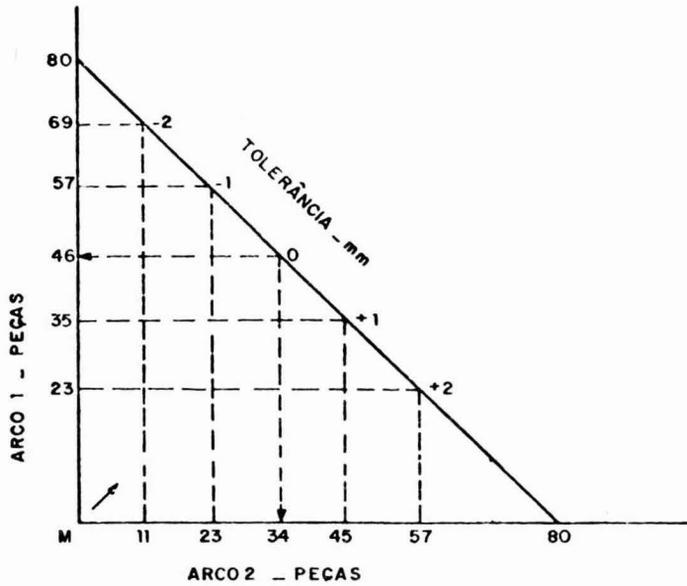


FIGURA 2
VARIÇÕES NAS COMBINAÇÕES

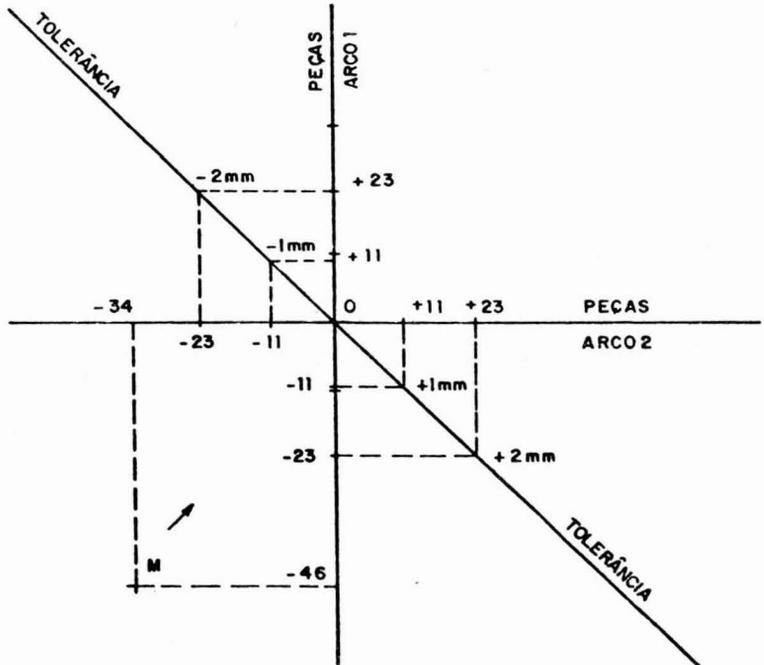


FIGURA 3
VARIÇÕES NO CONSUMO

4. VARIAÇÃO DO NÚMERO DE PEÇAS POR FIADA

A figura 4 permite visualizar as situações possíveis, se variarem também os números de peças para construir a fiada circular com os mesmos raios (interno 854 mm, externo 968 mm).

A reta 85-85 nesta figura representa as combinações possíveis para 85 peças por fiada, se a dimensão 76 mm variar sistematicamente para 72 mm. A reta 75-75 representa as combinações possíveis para 75 peças por fiada, se a dimensão 76 mm variar para 81 mm , sistematicamente. A figura 4 mostra que a faixa de combinações possíveis estará muito ampliada, além do cálculo inicial de $34 + 46 = 80$ peças.

Nos casos práticos, se ocorrerem também variações nas quantidades de peças por fiada, a diferença entre valores previstos e valores reais pode atingir 100%.

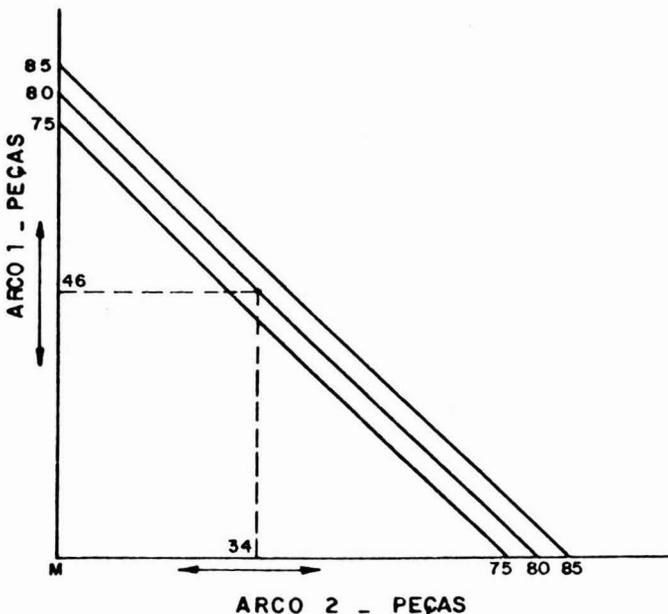


FIGURA 4
VARIAÇÕES DO NÚMERO DE PEÇAS

5. AS SOLUÇÕES COMERCIAIS

O consumidor pode transferir o controle das dimensões e, consequentemente o controle das quantidades, para os fabricantes através de :

- Especificação do número de anéis completos
- Previsão por peso ou volume
- Compra do refratário por unidade de consumo (panelas, alto forno)
- Compra do refratário incluindo o projeto e as listas de materiais.
- Ajuste mensal nos estoques, em fornecimentos a longo prazo. Esta solução exige eficiente comunicação entre consumidor e fabricante, suspendendo os tipos em estoque alto e programando os tipos cujos estoques estivessem baixando.

Esta solução permitirá baixar os estoques do consumidor e programar a fabricação do produtor. Neste caso, nos contratos de fornecimento serão fixadas as quantidades totais aproximadas de cada tipo de refratário.

As entregas mensais serão programadas conforme o consumo.

6. DEPÓSITOS REGIONAIS

Evidentemente, os consumidores próximos dos fabricantes poderão operar com menores estoques, utilizando-se do estoque do produtor. É uma situação vantajosa até mesmo no capital de giro em estoques. O refratário será pago 20 a 30 dias depois de consumido na usina. Os grandes consumidores distantes das fábricas poderão ser beneficiados no estoque por depósitos regionais dos fabricantes de refratários. O estudo completo das vantagens que justifiquem cada depósito ultrapassa os limites deste texto. Deverão ser consideradas entre outros os seguintes aspectos econômicos:

- . Menores estoques imobilizados
- . Menor prazo entre o faturamento e consumo
- . Maiores tolerâncias dimensionais, permitindo compensar as quantidades variáveis nas combinações
- . Vantagens fiscais e tributárias decorrentes da legislação
- . Economia de transporte interno, entregando-se os refratários diretamente nos pontos de aplicação
- . Economia de depósitos e almoxarifados
- . Uso de transporte ferroviário entre a fábrica e seu depósito regional.

Um fabricante americano possui dez fábricas filiadas e pelo menos vinte depósitos regionais em diferentes estados. Para um estudo detalhado do assunto deve ser considerado também o estoque de refratários em consignação.

As soluções citadas anteriormente transferem a responsabilidade para o fabricante, que deverá controlar as variações dimensionais causadoras das variações das quantidades, para programar sua produção.

Sem onerar muito os custos de inspeção, dentro dos critérios de amostragem estabelecidos entre o fabricante e o consumidor, podem ser adotados as seguintes medições de controle:

7. MEDIDAS ACUMULADAS

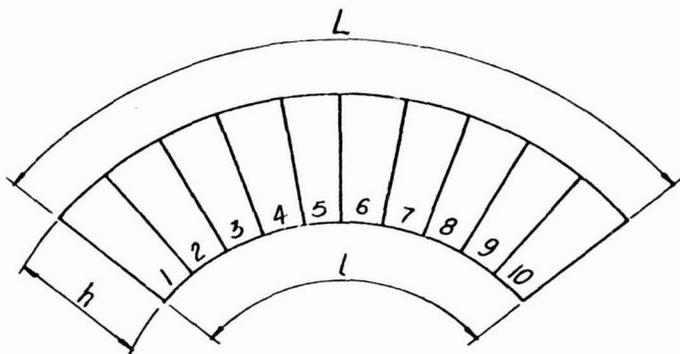
Dez tijolos do lote em exame podem ser montados, lado a lado, sem argamassa, sobre uma superfície plana, lisa, de borracha.

São medidos o arco externo L e o arco interno l com trenas flexíveis usadas para desenhos de curvas de níveis de topografia.

Os erros sistemáticos serão acumulados para mais ou menos. A dimensão média externa será o arco externo dividido por 10.

A dimensão média interna será o arco interno dividido por 10.

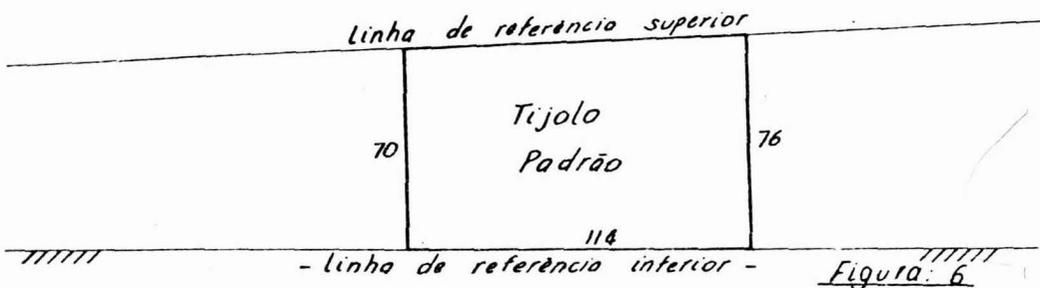
Figura - 5



MEDIDAS ACUMULADAS EM 10 TIJOIOS

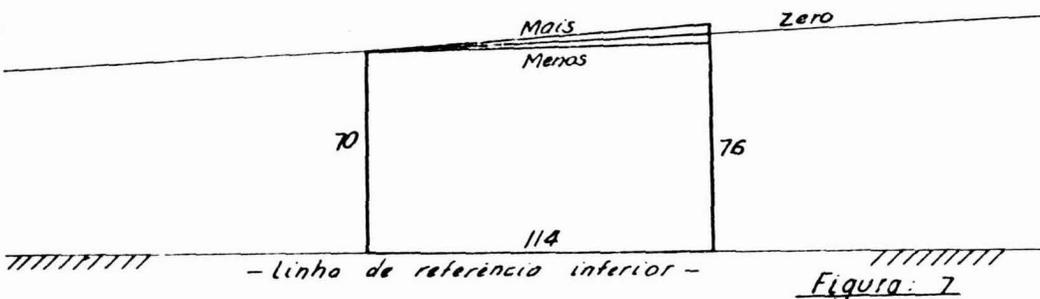
8. TIJOLO PADRÃO

É selecionado um tijolo padrão, com tolerância zero conforme especificado e colocado sobre uma superfície plana e lisa. Sobre a superfície são riscadas duas linhas de referência (superior e inferior). Os tijolos em teste são colocados com uma face coincidindo com a linha de referência inferior. (Figura 6).



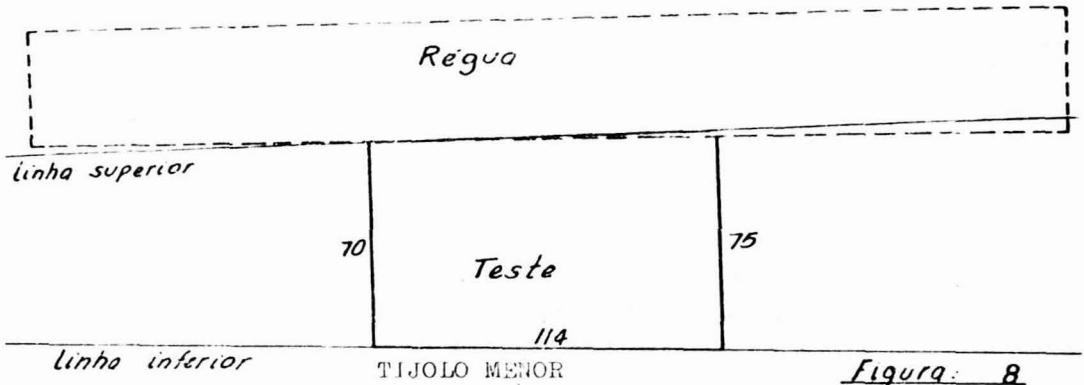
A referência superior permitirá classificar os tijolos em teste em três categorias:

- Mais : Acima da referência
- Menos : Abaixo da referência
- Zero : Na referência



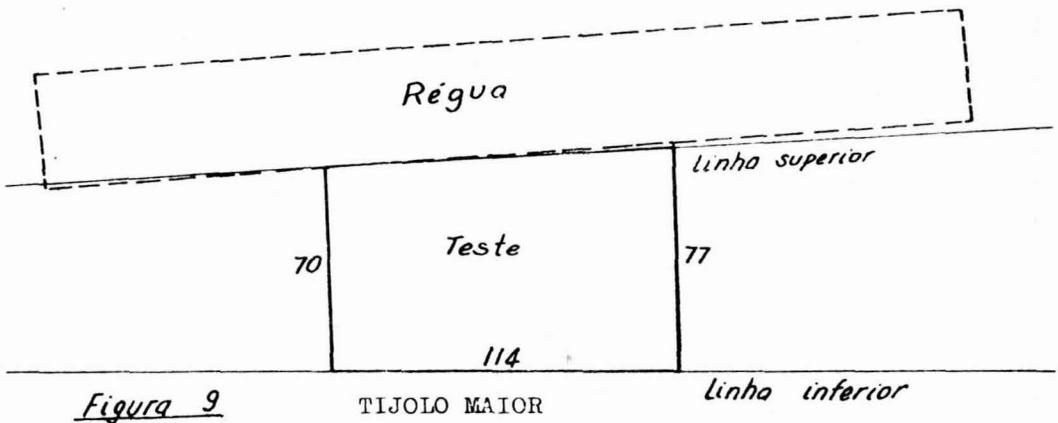
Para exagerar as diferenças, a linha superior deve ser construída com três vezes o comprimento nominal do tijolo. Para conferir as peças testadas é usada uma régua. (Figura 7)

Se a régua permanecer paralela à linha de referência as dimensões correspondem ao especificado.



A figura 8 mostra em linha pontilhada a régua aplicada sobre um tijolo de 114x(75-70) exagerando a diferença do tijolo padronizado.

A figura 9 mostra em linha pontilhada a régua aplicada sobre um tijolo de 114x(77-70).



9. GABARITOS

A inspeção dimensional peça por peça pode ser realizada por gabaritos semelhantes ao da figura 10.

A precisão obtida é de ± 1 milímetro. Sua simplicidade permite o uso de mão de obra pouco qualificada, que, simultaneamente, pode separar os tijolos classificados em padielas diferentes.

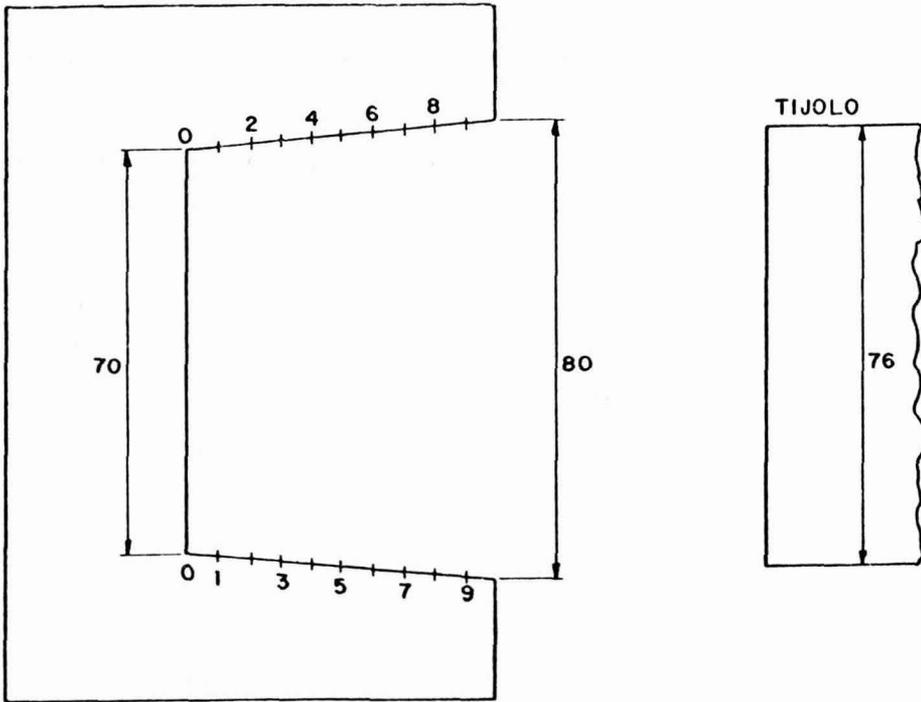


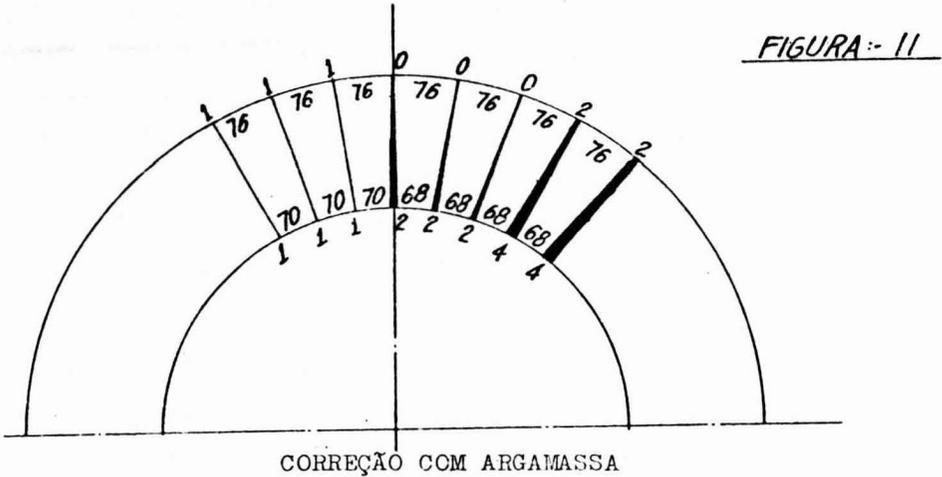
FIGURA 10
GABARITO

10. ARGAMASSA

Diferenças de medidas superiores a 2 mm são facilmente constatadas nas inspeções dos fabricantes e consumidores. Abaixo desse valor a inspeção e separação das peças por dimensões variáveis exigem maiores custos e tempos. Se as variações forem sistematicamente maiores ou menores as quantidades ou combinações por fiada não acompanham as quantidades previstas nas listas de materiais ou nos projetos. Quando há tempo de corrigir os estoques, a situação pode ser superada, montando-se as fiadas com outras combinações, de acordo com o fabricante.

A situação pode ser agravada, se as variações forem percebidas com as obras em andamento, sem prazo ou recursos para reposição de novos formatos. O uso de juntas grossas de argamassa deve ser evitado para corrigir as variações dimensionais. Apesar das pesquisas e esforços dos fabricantes as argamassas ainda são os pontos fracos das alvenarias refratárias. Os tijolos refratários receberam, durante a fabricação, queimas controladas durante 10 a 20 dias, com curvas de aquecimento e resfriamento, permitindo a formação das fases cerâmicas de maneira uniforme. As argamassas ainda possuem ligações hidráulicas, alta porcentagens de argilas naturais e mesmo sílica não combinada. Durante a operação mesma a melhor técnica de aquecimento disponível será realizada em atmosfera não controlada, com excesso de ar, chama de radiação variável e em tempo curto, comparado com a queima nas fábricas de refratários.

A figura 11 mostra o uso incorreto da argamassa para corrigir variações dimensionais.



A esquerda estão assentados tijolos de dimensões uniformes (76-70) mm permitindo uniformidade das juntas de argamassa. Os tijolos podem ser batidos a martelo de borracha e os excessos de argamassa são eliminados. Podem ser asseguradas juntas de espessura uniforme, inferiores a 2 mm.

Na mesma figura à direita estão mostrados tijolos irregulares, com (76-68)mm onde foi tentado corrigir a diferença com argamassa. A junta ficará mais espessa nos lados menores e fina ou inexistente nos lados maiores. Para obter zero em junta, pelo menos a metade do tijolo estará sem argamassa. Se for passada argamassa mínima de 2mm no lado maior, o lado menor receberá 4 mm para a correção.

Os tijolos não podem ser batidos a martelo de borracha depois de assentados.

As juntas ficam irregulares e serão as futuras regiões de desgaste.

Durante o aquecimento dos refratários as juntas de argamassa acima de 1 mm podem apresentar problemas. Alguns equipamentos, como as painéis de aço, podem ser revestidos com o eixo na posição vertical e são aquecidas com o eixo na posição horizontal. Se as juntas forem espessas, os arcos de alvenaria podem se abater pela ação do peso próprio comprimindo a argamassa.

A pega a quente ou cerâmica só é conseguida acima de 1000 graus C.

A pega a frio ou hidraulica só existe até 300-400 graus C. Existirá sempre uma faixa de temperaturas de transição em que terá desaparecido a pega a frio sem ter surgido a pega cerâmica. Durante a transição a argamassa não terá condições de sustentar os tijolos fechados, podendo surgir deslizamento, ao bascular as painéis. Figura 12.

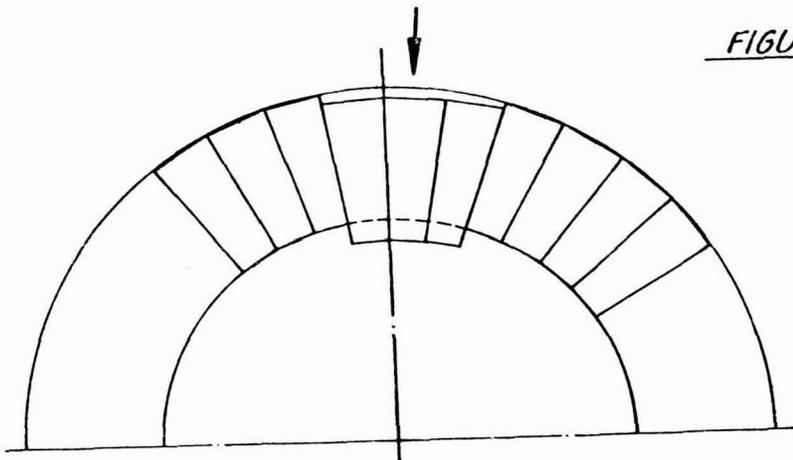


FIGURA:- 12

DES LISAMENTO

CONCLUSÕES

- . As variações dimensionais sistemáticas causadas por alterações nos processos de fabricação dos tijolos refratários prejudicam o relacionamento entre produtores e consumidores. Podem ser modificadas as combinações previstas nos projetos, alterando os estoques nas usinas e os planos de produção dos fabricantes.
- . Não deve ser usada argamassa para corrigir as combinações.
- . As alterações nos consumos devem ser prontamente comunicadas aos fabricantes para as devidas correções.

ABM ABSTRACTSDIMENSIONAL TOLERANCES IN REFRACTORIES

Marcílio Dias de Carvalho

Small dimensional variations in refractories shapes must change combinations and quantities specified by design, contracts or supply plans.

This paper suggests some methods to control quantities deviations caused by size irregularities.