

Maria Helena Pires César Canotilho

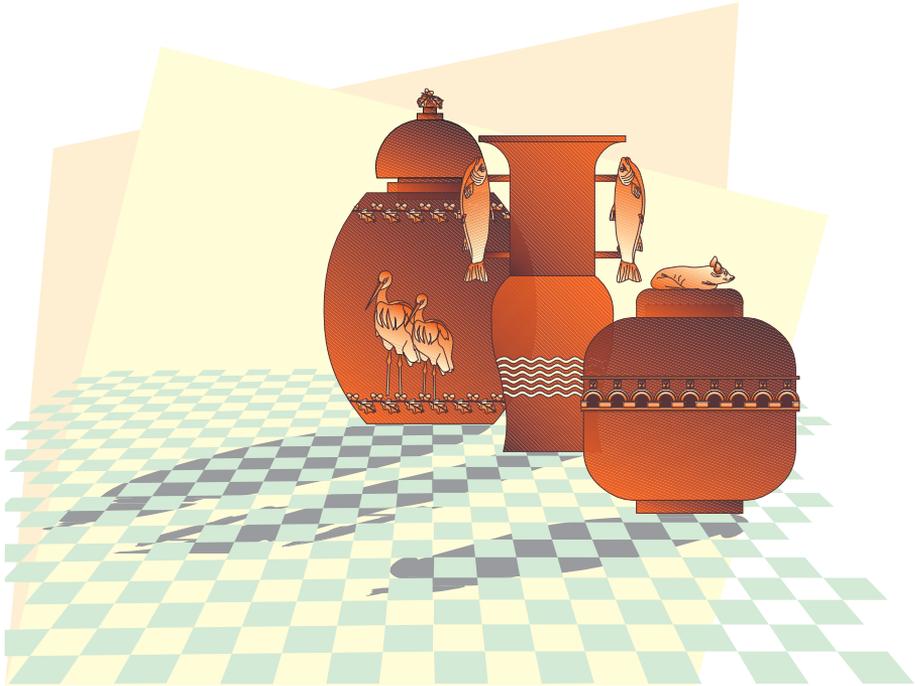
# **P**rocessos de cozedura em cerâmica



60

Maria Helena Pires César Canotilho

# Processos de cozedura em cerâmica



SÉRIE

*Estudos*

EDIÇÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

---

Título: Processos de cozedura em cerâmica  
Autor: Maria Helena Pires César Canotilho  
Capa: Perfis de peças cerâmicas da autoria de Luís Canotilho inspiradas  
em temas naturais transmontanos.  
Edição: Instituto Politécnico de Bragança · 2003  
Apartado 1038 · 5301-854 Bragança · Portugal  
Tel. 273 331 570 · 273 303 200 · Fax 273 325 405 · <http://www.ipb.pt>  
Execução: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança  
(grafismo, Atilano Suarez; paginação, Luís Ribeiro;  
montagem e impressão, António Cruz; acabamento, Isaura Magalhães)  
Tiragem: 200 exemplares  
Depósito legal nº 200633/03  
ISBN 972-745-072-5  
Aceite para publicação em 1999

---

*Aos meus filhos Luís Filipe e Vitor Daniel*



Acerca da autora deste trabalho:

Maria Helena Pires César Canotilho, iniciou a sua actividade docente em 1979 no ensino preparatório (5º Grupo), passando mais tarde a leccionar no ensino secundário. Actualmente é Professora Adjunta de nomeação definitiva da Escola Superior de Educação de Bragança.

No campo artístico realizou várias exposições individuais e colectivas.

# Índice

---

<b>1 · Keramus</b>	<b>11</b>
<b>2 · Introdução</b>	<b>17</b>
<b>3 · Acção do calor sobre os corpos cerâmicos</b>	<b>23</b>
<b>3.1 · Cozedura da chacota</b>	<b>25</b>
<b>3.2 · Manuseamento do forno</b>	<b>33</b>
<b>3.3 · Curvas de cozedura</b>	<b>36</b>
<b>3.4 · Cozedura do vidro</b>	<b>40</b>
<b>3.5 · Atmosferas oxidante e redutora</b>	<b>42</b>
<b>3.6 · Vidragem com sal</b>	<b>44</b>
<b>3.7 · Controle da temperatura</b>	<b>44</b>
<b>3.7.1 · Medição empírica da temperatura</b>	<b>44</b>
<b>3.7.2 · Controle exacto da temperatura</b>	<b>46</b>
<b>4 · Evolução do forno</b>	<b>61</b>
<b>4.1 · Tipos de Fornos</b>	<b>63</b>
<b>4.1.1 · 1ª classificação industrial</b>	<b>63</b>
<b>4.1.2 · 1ª classificação industrial dos fornos</b>	<b>64</b>
<b>4.1.3 · 2ª classificação industrial</b>	<b>66</b>

4.1.3.1 · 2ª classificação industrial dos fornos	66
4.1.3.2 · Classificação pelo combustível	67
Forno a Lenha	67
Forno de combustível sólido	72
Forno de petróleo	72
Forno a gás	73
Forno eléctrico	75
4.1.3.3 · Classificação na base da tiragem	76
4.2 · Fornos peninsulares	79
4.2.1 · Resenha histórica	80
4.3 · Forno peninsular de tiragem ascendente	82
4.4 · Forno peninsular islâmico de tiragem directa	83
4.5 · Forno medieval peninsular	84
4.6 · Forno garrafa alentejano	86
4.7 · Fornos do Norte de África	87
4.8 · Processo de cozedura no forno tipo	88
4.9 · Tipologia da cozedura	89
5 · Materiais para a construção de fornos	93
5.1 · Isolamento térmico	94
5.2 · Fórmulas de pastas refractárias	96
5.3 · Fibra cerâmica	99
6 · Arquitectura do forno	101
6.1 · Dimensões e formato	102
6.2 · Regras elementares para a execução de um forno	104
6.3 · Construção do forno	114
7 · Combustíveis	123
7.1 · Poder calórico	126
7.2 · Queimadores	131
8 · Modelos de fornos para construção na escola	139
8.1 · Fornos de concepção elementar	141
8.1.1 · Cozedura ao ar livre num buraco	141
8.1.2 · Cozedura neolítica ao ar livre	143
8.1.3 · Forno de serrim	145
8.1.4 · Forno do tipo romano	146
8.2 · Fornos a lenha	148

8.2.1 · Forno cilíndrico de tiragem ascendente a partir de um tambor metálico de 200 litros (“forno Condorhuasi” de Jorge Fernández Chiti) _____	148
8.2.2 · Forno cilíndrico de tiragem descendente (da autoria de Leonardo Arias) _____	153
8.2.3 · Forno garrafa alentejana de tiragem ascendente _____	158
8.3 · Fornos a gás _____	159
8.3.1 · Forno cilíndrico de tiragem ascendente ____	159
8.3.2 · Forno cilíndrico de tiragem descendente ____	161
8.3.3 · Forno quadrado de tiragem descendente (autoria do ceramista Pedro Alvares) _____	163
Notas _____	165
Notas do Capítulo 1 _____	165
Notas do Capítulo 2 _____	165
Notas do Capítulo 3 _____	166
Notas do Capítulo 4 _____	167
Notas do Capítulo 5 _____	168
Notas do Capítulo 6 _____	168
Notas do Capítulo 7 _____	168
Notas do Capítulo 8 _____	169
Notas do Capítulo 9 _____	169
Bibliografia geral _____	171



# 1 · Keramus

---

Actualmente todos os produtos fabricados, a partir de qualquer argila e endurecidos pela cozedura, designam-se corpos cerâmicos.

O termo cerâmica, procede do grego “Keramus”, designação de argila de oleiro<sup>1</sup>.



*Figura 1 - Gravura do Tratado de Cerâmica de Piccolpasso (século XVI), representando um forno no Renascimento. Enquanto que os fogueiros alimentam o fogo, o homem sentado, provavelmente o chefe, consulta o relógio de areia.*

Desde os mosaicos mais rudimentares até aos vasos de porcelana mais fina, passando pelos semicondutores, a elementos integrantes de motores eléctricos e a combustão, e naves espaciais, permanecem dentro deste termo.

O termo “Keramus”, foi introduzido nas línguas actuais em 1768 pelo arqueólogo Passeri, aglutinando desde então todos os produtos elaborados à base de argilas cozidas<sup>2</sup>.

*“E Jeová Deus passou a formar o homem do pó do solo e a soprar nas suas narinas o fôlego da vida, e o homem veio a ser uma alma vivente”.*

Génesis 2:7 (1º livro das Escrituras Hebraico-Aramaicas)



*Figura 2 - Vaso Ático. Cerâmica cozida e pintada com óxido. 2ª metade do séc. VIII a.C.*

Deus teria sido, como se depreende do extracto de Génesis, o primeiro ceramista, ao criar o homem.

Não admira que a argila nos leve permanentemente à tentação da criação das mais diversas formas.

Colocando de parte qualquer intenção mística, afirmo desde já o vínculo indissociável da história da evolução cultural do homem e da transformação da argila (figura 2).

Contar a história da cerâmica é reflectir com total fidelidade, a evolução da criatividade, os costumes, ideias, conceitos religiosos e obsessões do homem até aos nossos dias.

A terra, a água, o ar e o fogo, eram para os gregos, a combinação perfeita dos quatro elementos de que o universo era constituído (Figura 3).

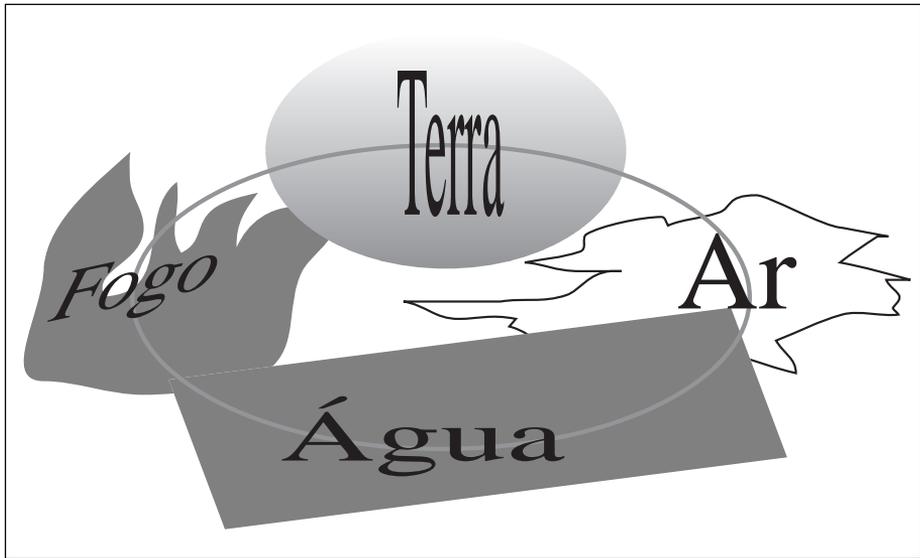


Figura 3<sup>3</sup> - *Os quatro elementos do universo: terra, água, ar e fogo.*

A cerâmica na sua transformação, compreende estes elementos e passos, também comuns à simples fornada de um padeiro, ou seja, o triturar, misturar com água, amassar, moldar, secar e cozer<sup>4</sup>.

Sabe-se hoje, que no neolítico, os fornos de pão serviam também para a cozedura da cerâmica. Esta tese é facilmente confirmada através de uma visita aos fornos do norte de África em Marrocos, onde as mulheres ceramistas, cozem o pão e a cerâmica no mesmo forno.

Para que a história da humanidade tenha andado tão intimamente ligada à da cerâmica, foi determinante a abundância e, acessibilidade da argila em quase todos os locais do planeta terra.

Certamente que o homem, ao observar após a chuva, a marca das suas pegadas na argila, descobriu a sua plasticidade. Esta descoberta importante, permitiria observar a permanência da forma da pegada, mesmo com a secagem da argila pela acção do calor solar.

Numa segunda fase, após ter feiro involuntariamente uma fogueira sobre um bocado de argila moldada, verificava que a acção do fogo, além de consolidar a forma enrijecia-a definitivamente.

Estava assim possibilitado o caminho para a execução dos mais variados vasos para guardar os alimentos.

Segundo os estudos actuais, a cerâmica teria aparecido entre 15.000 - 10.000 anos a.C., no período neolítico<sup>5</sup>.

Embora conhecida pelos povos nómadas do neolítico, os historiadores actuais reconhecem, que devido à sua fragilidade, caracterizou-se como um símbolo de vida das tribos sedentárias.

A arqueologia dependeu em primeiro lugar, do estudo de diversos tipos de cerâmica, para catalogar e distinguir as diferentes culturas que apareceram até aos nossos dias.

A cerâmica constitui portanto, uma espécie de calendário cronológico da evolução do homem até aos nossos dias.

Poderia portanto, continuar a tecer as mais elogiosas considerações relativamente à 2ª indústria humana e, talvez, ao primeiro suporte que o homem possuiu para a representação da sua capacidade criativa.

Sendo uma temática tão fundamental para a nossa civilização, qualquer publicação seria, sempre incompleta, num determinado capítulo específico. Fundamentalmente as publicações sobre cerâmica, subdividem-se nos seguintes temas: histórico, tecnológico e artístico. Contando-se por milhares nas principais línguas e ao longo das épocas.

Indirectamente, a cerâmica também é abordada no estudo das civilizações. Imagine-se a título de exemplo, um livro sobre a civilização grega, com a ausência de imagens sobre vasos cerâmicos.

No que diz respeito aos dias de hoje e relativamente ao nosso país, sector económico fundamental, constituído por pequenas e médias empresas sediadas no litoral desde o Minho à Estremadura, viradas em 90% para a exportação.

A cerâmica mobiliza entre nós, para além de um número quase ilimitado de técnicos com funções bem diferenciadas e específicas, muitos artistas plásticos que encontraram nesta actividade técnico-artística o seu meio de expressão<sup>6</sup>.

As várias feiras, estágios, exposições, concursos, congressos e conferências realizados em Portugal, demonstram bem a importância e vitalidade da cerâmica, também identificada através da investigação científica.

A cerâmica deixou definitivamente de pertencer ao mundo romântico do oleiro para ser o campo do físico, do químico, do engenheiro cerâmico, do técnico especialista, do designer e do artista.

Além de um número razoável de licenciaturas em cerâmica industrial, várias teses de doutoramento têm sido inspiradas por esta temática, principalmente no estrangeiro.

Contudo, a razão desta publicação é, colmatar uma falha importante: a aplicação directa ao ensino, desde o pré-escolar ao fim do secundário.

Como é sabido e, relativamente ao ensino da cerâmica ao nível do pré-escolar, dos três ciclos e do secundário, não existe uma única publicação específica, feita em Portugal.

Por incrível que pareça, a melhor técnica que podemos

fornecer aos nossos alunos para o desenvolvimento da sua criatividade e expressividade, não tem como apoio uma publicação específica.

O docente que quiser especializar-se nesta técnica, começará por encontrar apenas, livros técnicos e históricos.

Os próprios programas de ensino, manifestam uma nítida ausência de bibliografia de apoio deste conteúdo programático, identificado nos manuais de metodologia por “modelação”.

Este trabalho pretende em primeiro lugar, ser um auxiliar para os docentes que leccionam este conteúdo programático, em



*Figura 4 - Picasso no seu atelier de cerâmica (1953), a pintar uma travessa com vidrados<sup>7</sup>.*

qualquer grau de ensino. Neste trabalho irei apenas abordar uma questão específica da cerâmica: os fornos.

Outras componentes desta área como, a evolução histórica da cerâmica, argilas e pastas cerâmicas, seu manuseamento e técnicas de trabalho, design e decoração, equipamento, etc., não serão aqui abordadas. Deixo no entanto a promessa de que estes assuntos serão por mim tratados e para o mesmo público, posteriormente.



## 2 · Introdução

---



*Figura 5 - Mulheres ceramistas na Guatemala<sup>1</sup>. Cozedura ao ar livre, tendo como combustível básico, os excrementos dos animais.*

Picasso é sem dúvida, o grande culpado da modificação da imagem que a cerâmica tinha, como sendo uma técnica artesanal do oleiro (Figura 4)<sup>2</sup>.

Neste advento do século XXI e só, aproximadamente passados 170 séculos, é que o homem compreendeu finalmente o virtuosismo da cerâmica como técnica artesanal - utilitária - artística.

O velho artesão irá certamente acabar no final deste século. No entanto o artesanato em cerâmica aposta em sobreviver nas mãos do “artesão de cidade”, indivíduo possuidor de uma cultura urbana, culto, que confortavelmente cria objectos decorativos actuais, repetindo-os em número variável.

Artistas e arquitectos, utilizam cada vez mais esta forma de expressão nas suas concepções.

Contudo, todos eles buscam a sua inspiração no passado histórico, hoje perfeitamente acessível através das fotografias de qualidade existentes nas publicações sobre o tema.



Este passado histórico, certamente revelado à 15.000 anos a.C. seria precedido da execução da cestaria. Este facto assumido pela generalidade dos historiadores, teria continuidade ao serem reforçados pela mulher, com recipientes feitos em argila e untados pela parte exterior; certamente que ao queimar-se um acidentalmente, se terá descoberto a primeira peça de cerâmica.

Um objecto com esta característica, foi encontrado em Gambles Cave, no Kénia, datado entre 15.000 e 10.000 anos a.C. Não deixa no entanto de haver historiadores que consideram a cerâmica, anterior à cestaria<sup>3</sup>.

Embora atribuída ao paleolítico superior, a cerâmica só se revela uma realidade palpável no neolítico, aparecendo paralelamente às activi-

*Figura 6 - Vaso multicolor. Altura: 29 cm. Susa. 5.000 a 4.000 a.C. Museu do Louvre, Paris.*

dades agrícolas (cereais e domesticação de animais).

O que se revelou dessa época, são os inúmeros objectos e formas utilitárias para simples uso doméstico.

O torno, talvez a máquina mais antiga criada pelo homem, viria marcar o início da mecanização da cerâmica.

O torno de oleiro teria possivelmente sido utilizado pela 1ª vez na cidade mesopotâmica de WorKa, à 5.000 anos a.C.(Figura 6)<sup>4</sup>.

O Oriente Médio é considerado como o local do nascimento da nossa cultura instituída, assim como também a cerâmica, tal como a concebemos nos dias de hoje.

A cerâmica descoberta nas escavações executadas em toda a Ásia Ocidental, revela-nos objectos não só de carácter utilitário, como também figuras utilizadas em rituais, placas para escrita, objectos para adorno e painéis murais introduzidos em formas arquitectónicas<sup>5</sup>.

Esta temática, ainda hoje é utilizada, existindo apenas no essencial, uma alteração tecnológica e de design.

Como em todas as actividades humanas, existem os mais radicais quanto à fidelidade a uma filosofia de base que acreditam com sinceridade<sup>6</sup>.

A cerâmica, também possui este tipo de personagens. Chegando mesmo alguns a considerar que *“los hornos no se compran: se hacen”*<sup>7</sup>. Embora não comungue pessoalmente desta opinião, não deixo de considerar que o ceramista nunca atingirá a verdadeira maturidade, se não entender perfeitamente o funcionamento de um forno. Para tal, é necessário conhecer o seu funcionamento, sua composição, forma, materiais combustíveis, atmosferas, ciclos de cozedura, etc. Assim sendo, nada melhor que passar pela extraordinária experiência que é a construção de um forno cerâmico.

Sabe-se perfeitamente o custo proibitivo de um forno eléctrico, já para não falar de um forno a gás. Devido ao preço mais económico que representa a utilização do gás, este facto é aproveitado pelos construtores de fornos a gás, colocando-os no mercado a preços incompreensíveis.

Este aspecto, que tenho vindo a perceber ao longo dos anos tem impedido que muitos artistas e docentes de expressão plástica se possam dedicar à mais nobre forma de expressão artística: a cerâmica.

Em consequência, a cerâmica torna-se um privilégio de alguns, impedindo o seu desenvolvimento no nosso país.

Relativamente ao nosso sistema educativo em Portugal, a crónica deficiência de recursos financeiros, impede o Ensino Básico (1º, 2º e 3º Ciclos) e mesmo no Jardim de Infância da aquisição de um pequeno forno cerâmico.

Ficam impedidas as nossas crianças de desenvolver a sua criatividade, através da actividade tão fundamental que é a modelação. E quando esta é possível, sempre através do professor mais dedicado e vocacionado, termina quase sempre na frustração infantil de observar que as suas peças são deitadas fora por impedimento da cozedura<sup>8</sup>.

O principal objectivo deste trabalho, a que me propus, é tentar inverter este processo crónico e demonstrar que a criatividade não deve ter limites físicos<sup>9</sup>.

Sem grande conhecimento de cerâmica, mas cumprindo as simples normas que vou expor, é possível construir um forno de cerâmica simples e eficaz, sem o recurso ao dispêndio de verbas extraordinárias.

No entanto, este trabalho irá também desenvolver a temática ligada a fornos semi-profissionais, para aqueles mais ambiciosos culturalmente<sup>10</sup>.

Basicamente, um forno de cerâmica é um ambiente fechado, onde se colocam as formas mais variadas e executadas em cerâmica, para serem cozidas, utilizando um combustível.

Esta combustão pode ser feita no interior do forno ou exteriormente, havendo sempre uma conduta que dirige o calor para dentro do forno (Figura 7).

A construção de um forno para cerâmica é muito variável, assim como a sua forma. O seu interior pode ir desde diversos tipos de ladrilhos até à actual fibra cerâmica.

No que respeita à forma, pode ser cilíndrica, cúbica ou rectangular.

A utilização do combustível eleito, vai provocar a libertação de calor necessário à cozedura. Período durante o qual são produzidas transformações físicas e químicas, onde o imprevisto é para o artista, o fenómeno da criação.

Sendo importante, mesmo no campo artístico e ou no educativo, exercer algum controle sobre a temperatura, podem-se conseguir dois tipos de atmosferas no seu interior: a partir do momento em que não se impede a combustão no interior do forno, permitindo a livre entrada de ar, dá-se o fenómeno da oxidação; é o caso das cozeduras em fornos eléctricos. Quando se limita a entrada de ar no forno, cria-se um ambiente redutor, formando-se o monóxido de carbono<sup>12</sup>.

Por existirem vários tipos de fornos, a decisão de construir ou comprar o forno, irá certamente depender dos seguintes factores: tipo de formas cerâmicas que se pretendem executar, a quantidade, espaço físico disponível ao nível de instalações, tipo de cozedura, limitações do edifício sob o ponto de vista legal, e acima de tudo, a questão económica<sup>13</sup>. Naturalmente que este último aspecto referido, é no nosso país importante, sendo também uma razão para a existência desta obra. E dentro desta premissa, antes de escolher o forno, há que,



Figura 7 - Forno oriental<sup>11</sup>

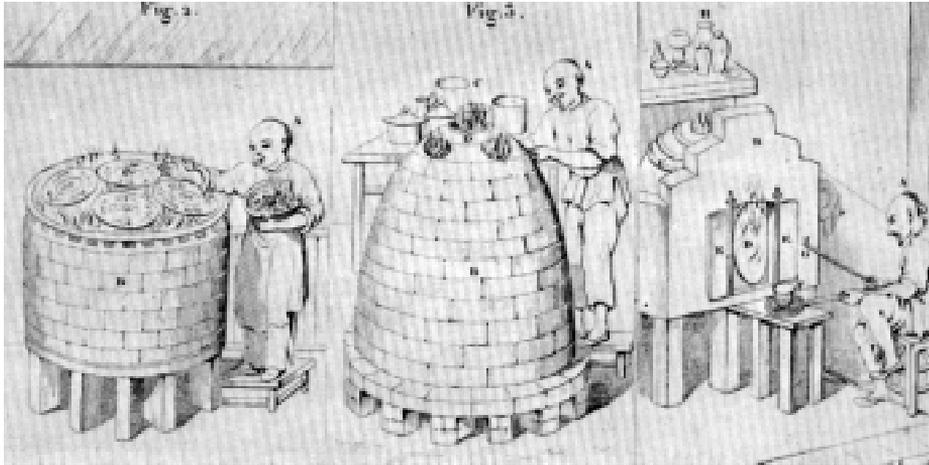


Figura 7 - Forno oriental (continuação)

em primeiro lugar considerar o custo relativo dos combustíveis: gás de cidade, gás de botija, fuel oil, electricidade, lenha, etc.

Desde logo a electricidade é o combustível mais caro, embora sendo o mais limpo e prático, já que possibilita a existência de um pequeno forno em qualquer canto de um andar na cidade. Sendo esta a opção, é necessário previamente saber qual a potência instalada na casa, já que o seu aumento substancial implica um investimento superior.

Um forno de cerâmica, poder-se-á comparar a um forno de pão, apenas na sua construção e formato. Este aparelho fundamental para a actividade cerâmica, permite uma acumulação de calor sucessivo, com um ritmo não excessivamente rápido, já que provocaria a destruição das peças no seu interior.

Portanto, para que o êxito seja uma realidade permanente no campo da cerâmica artística, sem colocar de parte uma certa dose de imprevisto, é necessário conhecer correctamente o funcionamento do forno assim como as diferentes fases de cozedura<sup>14</sup>.

Tem de haver uma última e profunda relação entre o ceramista e seu forno. Quando se constrói o seu próprio forno, ele adequar-se-á às suas expectativas e requisitos, aproveitando-se desta forma todas as suas performances e possibilidades criativas<sup>15</sup>.

Referindo novamente o factor económico (uma das razões fundamentais para a existência deste trabalho), o forno comprado, para além de ter um preço proibitivo, é sempre de qualidade questionável, já que o fabricante está mais preocupado com o lucro.

O forno construído liberta o ceramista de muitas limitações, permitindo-lhe uma grande capacidade de manobra na alteração da sua estrutura, entradas de ar, etc.



### 3 · Acção do calor sobre os corpos cerâmicos

---

É a acção do fogo que torna o trabalho modelado resistente ao tempo e mais belo.

Dos quatro elementos essenciais (água, terra, ar e fogo) que intervém na cerâmica, no final, só permanece a terra.



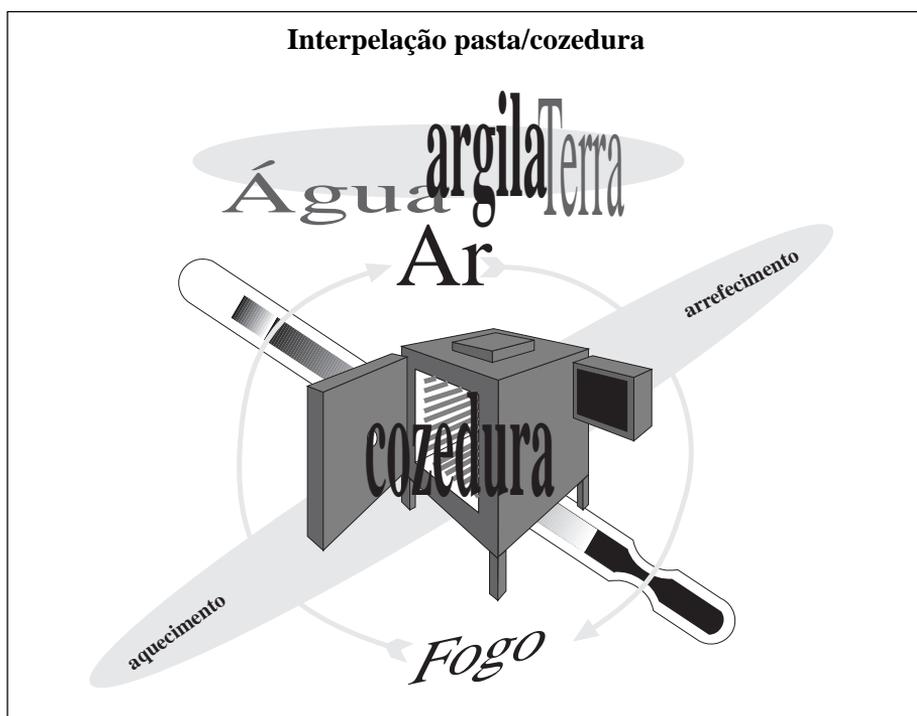
*Figura 8 - Cozedura ao ar livre no Brasil por Índios do Amazonas<sup>1</sup>*

Esta transformação permanente, (antes de se introduzirem os métodos científicos de estudo), era a fase menos compreendida e menos controlada, nesta actividade.

O êxito só se tornava regular após uma larga experiência de anos à base de equívocos e acidentes<sup>2</sup>.

A acção do calor sobre os corpos cerâmicos vai revelar-se através de alterações físicas e químicas.

No primeiro caso, a alteração física manifesta-se através de uma aglomeração de partículas que estão em contacto, diminuindo a sua superfície e porosidade do agregado. Em termos empíricos, designa-se este processo físico de contracção.



*Figura 9 - Factores fundamentais relacionados com a composição da pasta cerâmica e respectiva cozedura.*

As transformações químicas consistem na identificação das suas fases cristalinas de cada um dos componentes da pasta cerâmica, assim como a respectiva microestrutura.

Qualquer peça cerâmica vitrificada, é geralmente cozida duas vezes. A primeira cozedura é designada de “biscoito” ou “chacota”, sendo a segunda de “vidragem”, geralmente numa temperatura inferior à segunda.

Hoje em dia com o equipamento que existe e as pastas previamente fabricadas, é possível, por uma questão económica, cozer e vidrar uma peça numa só cozedura, sendo o processo designado de “monocozedura”.

Não se tratando apenas de levar os materiais cerâmicos a uma temperatura elevada, devido às reacções físicas e químicas já referidas, os processos de aquecimento e arrefecimento têm de ser executados com grande responsabilidade. Aspectos como a granulometria dos constituintes, geometria dos materiais, permeabilidade ao escape a gases, condutibilidade térmica e elasticidade a várias temperaturas, são factores relacionados com a composição de uma pasta a ter em conta.

Existem no entanto outros factores também importantes, relacionados com a cozedura: tempo e calor necessários para o aquecimento da estrutura e mobiliário do forno, homogeneidade da temperatura interior do forno, controle do processo de aquecimento e controle do processo de arrefecimento (figura 9).

### **3.1 · Cozedura da chacota**

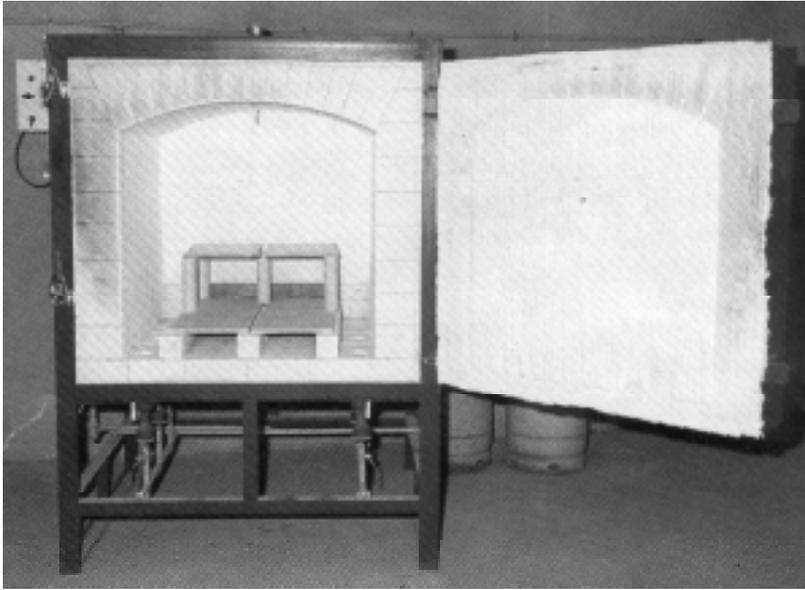
Antes de me referir ao processo identificado na figura anterior (figura 10), onde são estabelecidas as principais fases a ter em conta durante a cozedura de uma peça, vou primeiramente debruçar-me sobre a fase prévia designada de enforne.

A primeira operação consiste em verificar se o forno está perfeitamente limpo e sem qualquer deficiência no equipamento (figuras 11 e 12).

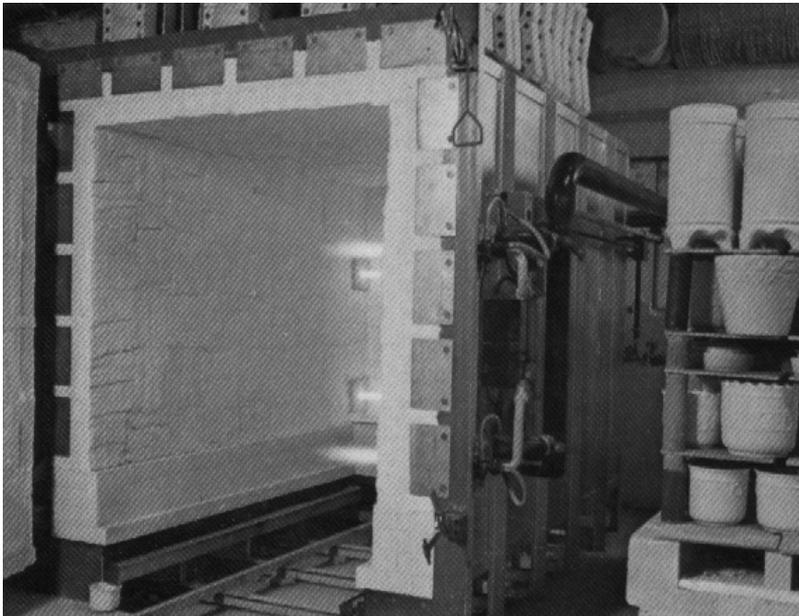
No caso da chacota, o forno pode-se encher tão densamente quanto se queira, com peças mais pequenas introduzidas no interior de maiores, podendo também haver a sobreposição de peças e o seu encostamento. Deste modo, o factor económico pode ser perfeitamente explorado.



Figura 10 - Principais fases da acção do calor sobre um corpo cerâmico<sup>3</sup>



*Figura 11 - Forno eléctrico vazio, preparado para o enforne (Catálogo comercial da firma Fornocerâmica de Leiria).*



*Figura 12 - Forno a gás vazio, preparado para o enforne (Catálogo comercial da firma Fornocerâmica de Leiria).*



*Figura 13 - Forno eléctrico carregado, preparado para uma cozedura de chacota. As peças no seu interior podem estar encostadas, sobrepostas e colocarem-se as mais pequenas no interior das maiores, possibilitando uma grande economia de espaço<sup>4</sup>.*

O método de colocação das peças em qualquer forno, com mais incidência nos adquiridos comercialmente, baseia-se em dois princípios (figura 13):

1º - Como o preço da energia é caro, quantas mais peças forem colocadas no forno, mais económica fica a cozedura.

2º - Os gases desprendem mais calor quanto maior seja a sua velocidade. Ao deixar-se muito espaço entre as peças, os gases circulam muito lentamente desprendendo menos calor do que quando o espaço é estreito.

Partindo deste princípio e com a possibilidade de encostar as peças da chacota, vou descrever como enforaria um conjunto de peças de várias dimensões.

Começaria por colocar pratos e placas no fundo do forno, para posteriormente serem colocadas peças maiores na parte superior. No caso de peças com tampa, deverão ser chocoteadas com a tampa colocada. Havendo espaço entre as peças maiores e no seu interior, aproveitaria para colocar peças mais pequenas, aproveitando o espaço por completo.



*Figura 14 - Forno eléctrico carregado, preparado para a cozedura do vidro. As peças no seu interior não podem estar encostadas, impossibilitando uma economia de espaço<sup>5</sup>.*

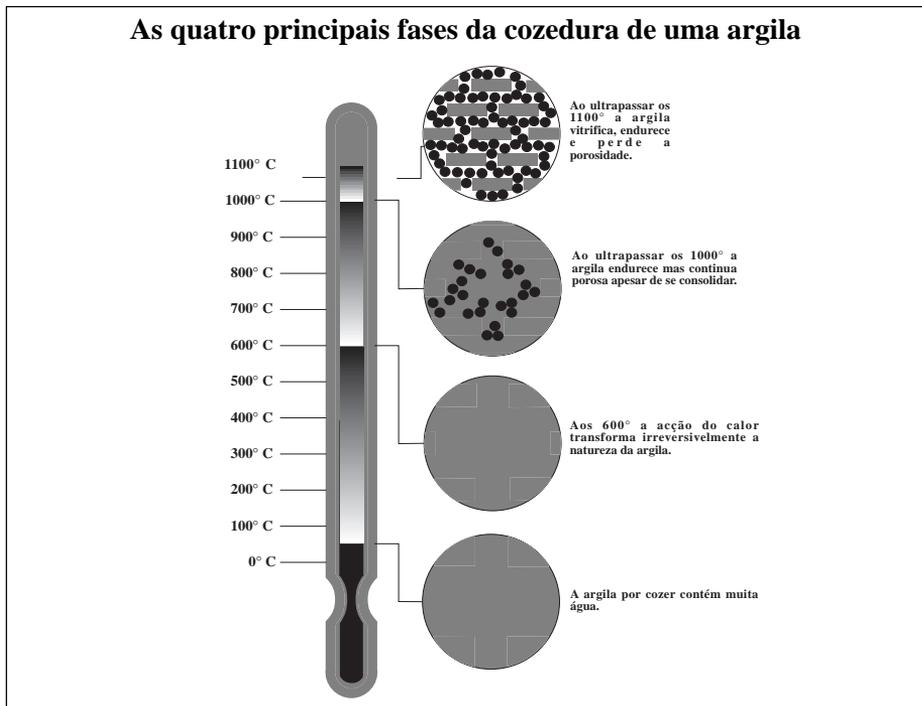


*Figura 15 - Acessórios do forno. Estes elementos também designados de “mobiliário interno do forno”, são feitos em material refractário<sup>6</sup>.*

Resumo o que disse através de duas regras básicas:

1ª - As peças mais compactas e maiores (com maior dificuldade de cozedura) têm de ser colocadas na parte mais quente do forno, que é a parte superior.

2ª - As peças de grandes dimensões, susceptíveis de deformação durante o ciclo de cozedura devem ser bem apoiadas. A título de exemplo, um vaso grande não deve ser colocado em posição deitada.



*Figura 16 - Principais fases da cozedura de uma argila.*

De assinalar que um dos aspectos mais determinantes para que haja êxito na cozadura, tem a ver com o estado perfeito da secagem dos corpos cerâmicos antes de serem introduzidos no interior do forno.

Não pode aos nossos olhos apenas “parecer secos”, já que têm de estar completamente secos. A secagem também não pode ser acelerada, já que terminará em fracasso visível só após a cozadura.

Nunca pensar em secar uma peça ao sol ou por acção da corrente de ar. Qualquer peça depois de executada deveria ser tapada com um plástico para que a sua humidade interna fosse homogénea e a secagem o mais lentamente possível. Evidentemente que este conselho não comunga com o processo industrial. Aí, a utilização de pastas pouco plásticas e peças com paredes finíssimas, permite uma secagem numa estufa que produz humidade. Em qualquer dos processos, artístico, artesanal ou industrial, a cozadura da chacota começa muito lentamente, para possibilitar a saída de água ainda existente no interior dos corpos cerâmicos. Observando o gráfico seguinte, a sílica numa pasta cerâmica apresenta-se sob várias formas, denominadas fases, podendo mudar durante a cozadura, de uma para outra (figura 17).

No caso de todas as pastas produzidas, tanto em Portugal como em Espanha e vendidas comercialmente (figura 17), o quartzo manifesta uma descontinuidade aos 573°C<sup>7</sup>.

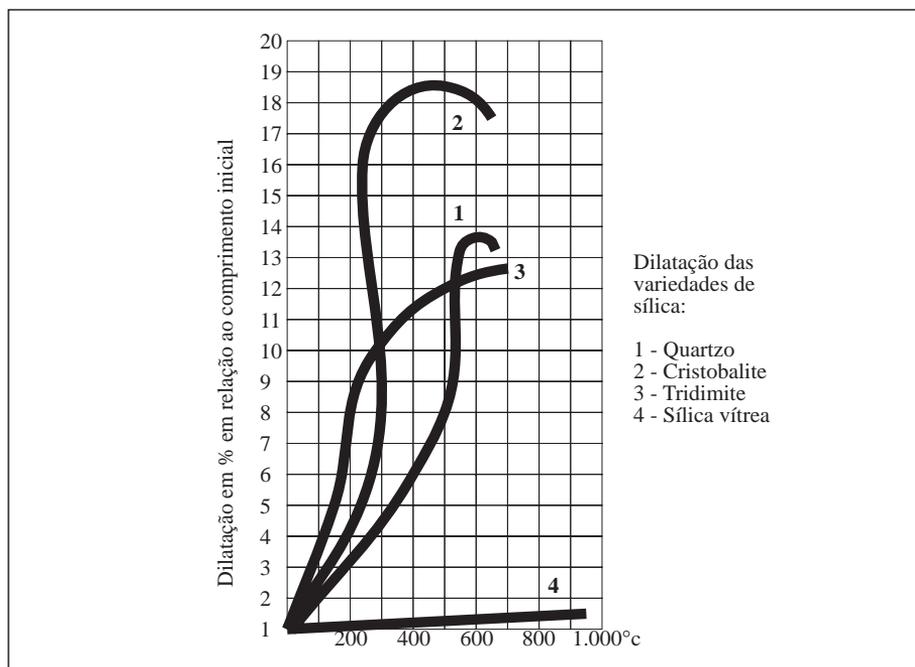


Figura 17 - Curvas de dilatação das diversas variedades de sílica

Tendo em conta este, como o aspecto mais determinante para o êxito da fornada, o ceramista deve ter sempre presente a temperatura de 573°C.

Tanto na cozadura como no arrefecimento (figuras 18 e 19), num período de poucos graus, antes e depois da temperatura crítica dos 573°C, a curva de cozadura terá de ser o mais lenta possível. Este aspecto será tido em conta quando abordar o problema dos ciclos (curvas) de cozadura.

**O quartzo é caracterizado durante uma cozadura por:**

- subida regular e quase rectilínea até aos 300°C, acelerando progressivamente até aos 573°C.

- salto brusco aos 573°C correspondendo à transformação da variedade  $\delta$  em  $\beta$ .

- lenta contracção a partir dos 600°C.

**A cristobalite é caracterizada durante a cozadura por:**

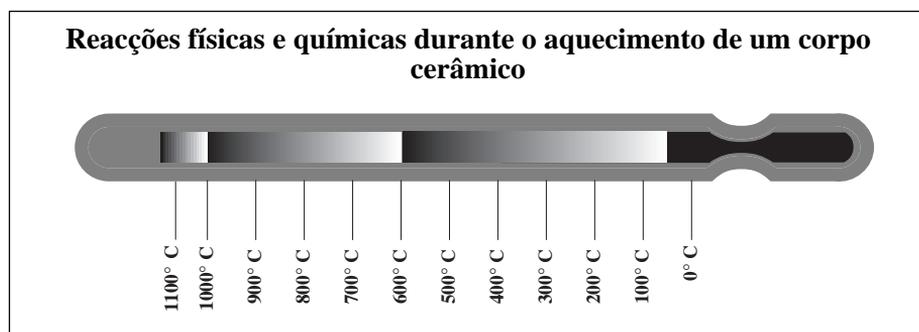
- subida regular até aos 210°C / 230°C.

- salto brusco entre os 210°C / 230°C devido à transformação da variedade de  $\delta$  em  $\beta$ .

- dilatação regular de 210°C a 500°C.

- lenta contracção a partir dos 500°C.

Vou então descrever e em pormenor, as reacções que ocorrem durante a chacotagem de um corpo cerâmico:



**100°C - perda de humidade.**

O corpo cerâmico perde a humidade visível, sem perder no entanto a água ainda existente no seu interior, que atinge o ponto de ebulição

**200°C a 250°C - secagem.**

Quando o forno atinge esta temperatura, que terá de ser muito lenta, eliminam-se os restos de água que são absorvidos pela superfície da argila através dos poros.

**400°C a 600°C - inversão do quartzo.**

Nos 573°C a água de cristalização (água combinada quimi-

camente) evapora-se. As peças estalam se não estiver aberta a chaminé para sair o vapor.

O quartzo da pasta passa à sua forma de alta temperatura. A variação de volume muito rápida nos corpos cerâmicos é de aproximadamente 2% (expansão).

Esta rapidez tem de ser evitada para não se produzirem roturas, diminuindo a velocidade de aquecimento (o quartzo  $\alpha$  converte-se em quartzo  $\beta$ ).

### **900°C - oxidação da matéria orgânica existente.**

Todas as argilas apesar de serem limpas durante a preparação de uma pasta cerâmica, contêm matéria orgânica em pequeníssimas partículas, impossíveis de filtrar. Esta matéria orgânica é constituída por pequenas partículas de lenhite que tem a sua oxidação entre os 200°C e os 900°C. Esta fase será mais rápida se a atmosfera for húmida, já que se liberta o CO<sub>2</sub> e o vapor de água.

### **850°C a 900°C - porosidade e contracção.**

Com a total evaporação de água, a argila fica muito porosa, atingindo o seu peso mínimo.

O volume dos corpos cerâmicos vai variando conforme a temperatura. Note-se que a contracção não se dá ao mesmo tempo que a perda de peso.

### **950°C - formação da espinela de argila.**

Inicia-se o processo de vitrificação.

### **980°C - cristalização da massa de argila.**

A esta temperatura a estrutura amorfa da argila reorganiza-se constituindo-se os corpos cerâmicos em estruturas rígidas.



*Figura 18 - Reacções físicas e químicas durante o aquecimento de um corpo cerâmico*

**1100°C - início da vitrificação.**

Inicia-se a vitrificação (impermeabilização) dos corpos cerâmicos.

Nas pastas fabricadas, a existência de fundentes auxiliares, como o feldspato ou a calcite, ajudam ao processo da vitrificação.

**1200°C a 1300°C - vitrificação.**

A vitrificação estará completa a esta temperatura.

**1300°C a 1000°C - Solidificação.**

O corpo cerâmico volta a solidificar-se.

**573°C - Inversão do quartzo.**

O quartzo  $\beta$  transforma-se novamente em quartzo  $\alpha$ , acompanhado de uma contração rápida de 2%.

Atenção especial para esta fase em que o arrefecimento deve ser muito lento.

A maioria dos vidrados ao solidificar, reacção acompanhada de contração rápida do corpo cerâmico, poderá produzir gretas.

**700°C a 450°C - Solidificação dos vidrados.****250°C a 200°C - término do arrefecimento.****3.2 · Manuseamento do forno**

Como se verificou, existe uma necessidade premente de controlar o processo de cozedura e do arrefecimento (figura 20).

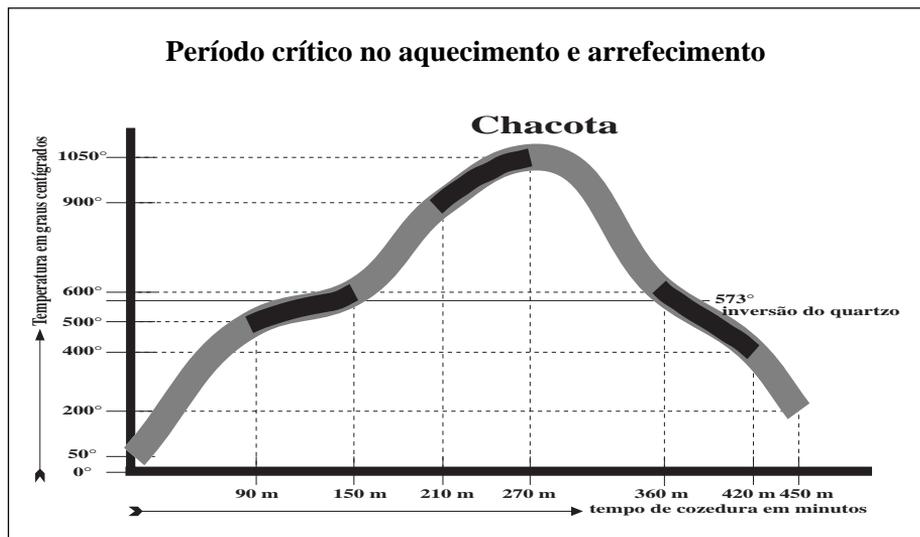


Figura 19 - Reacções físicas e químicas durante o arrefecimento de um corpo cerâmico

Embora a velocidade não seja sempre a mesma, é baixa entre os 500°C e os 600°C (período crítico dos 573°C da inversão do quartzo), aumentando até aos 900°C e voltando a baixar entre os 900°C e os 1050°C.

No caso do arrefecimento e se necessário, há que ligar novamente o forno para que a passagem dos 573°C seja o mais lenta possível.

Ao fim ao cabo, ao ser estabelecido um programa de cozedura, será possível que os corpos cerâmicos estejam sujeitos a uma velocidade de aquecimento lenta nos intervalos de temperatura em que a dilatação ou a contracção sejam mais rápidas.

No fundo, pretende-se estabelecer um programa, que, permita ao longo da chacoagem e arrefecimento, uma variação do volume mais ou menos constante.

Todos os fornos deveriam ter a possibilidade de permitir aumentar ou diminuir a velocidade de arrefecimento ou aquecimento.

Não vou aqui explicar em pormenor o funcionamento de um forno cerâmico, já que o processo é diferente de fabricante para fabricante e de modelo para modelo (figura 21 a 26).

Os fornos eléctricos têm um dispositivo designado de “suvnic” que permite ligar e desligar as resistências num maior ou menor espaço de tempo intervalado<sup>8</sup>.

No caso dos fornos a gás, a temperatura é controlada por um sistema de medição da pressão e corrente de ar e de gás utilizado.

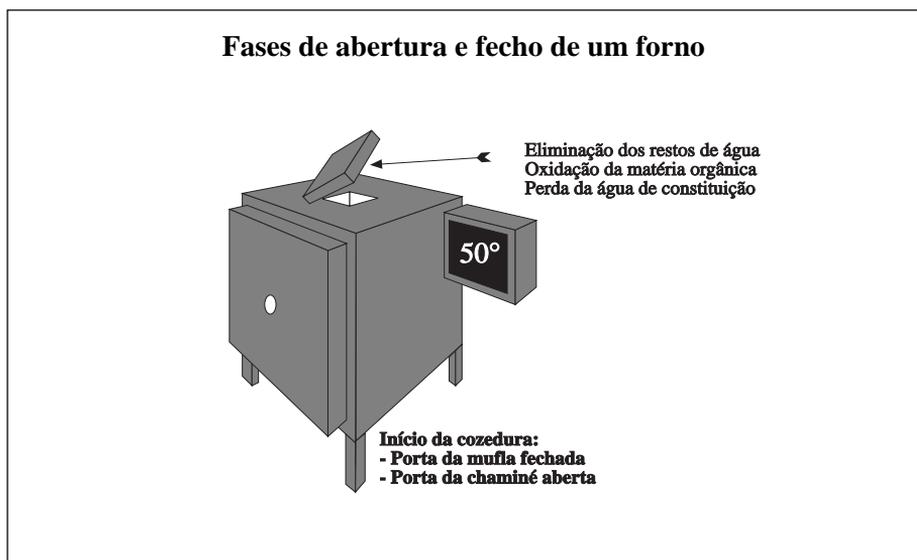


Figura 21

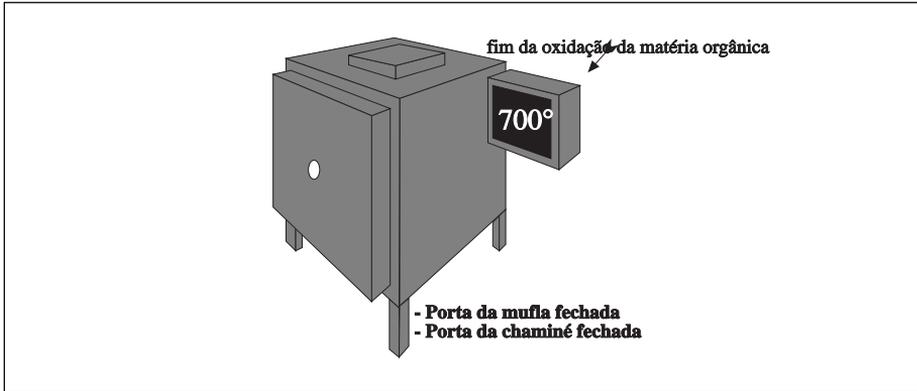


Figura 22

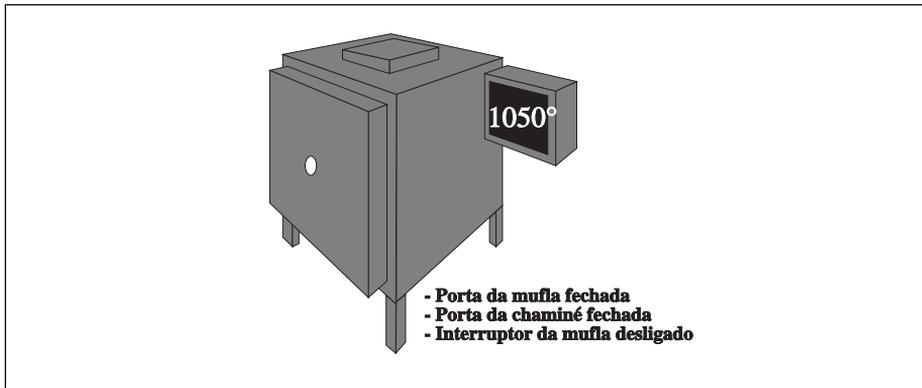


Figura 23

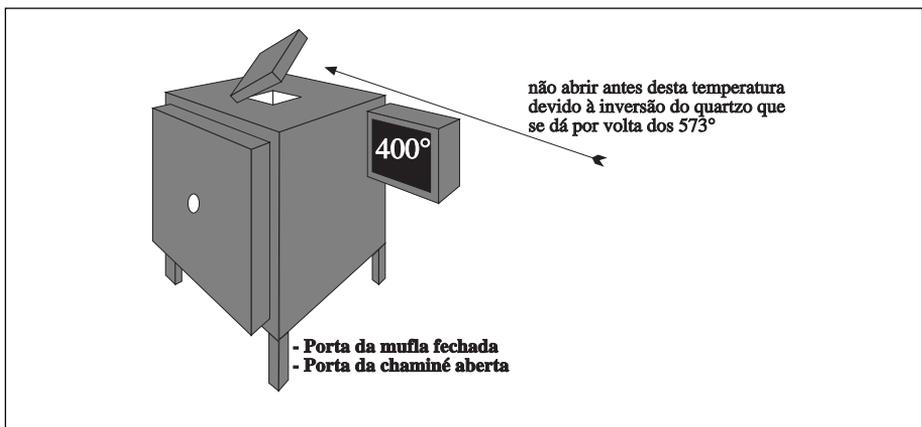


Figura 24

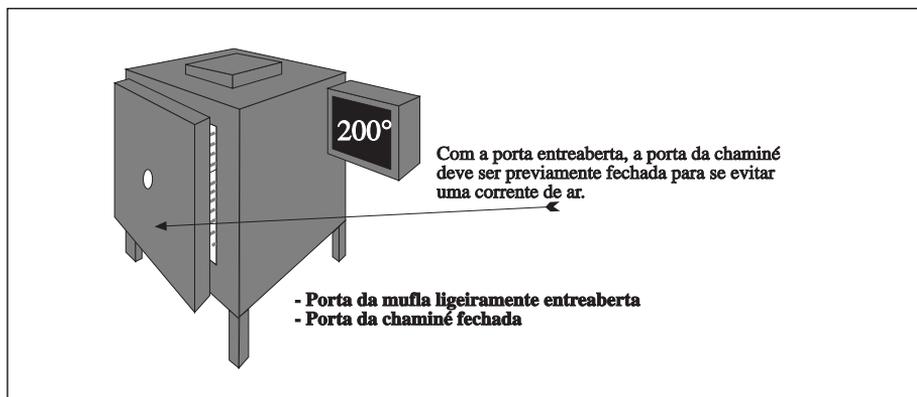


Figura 25

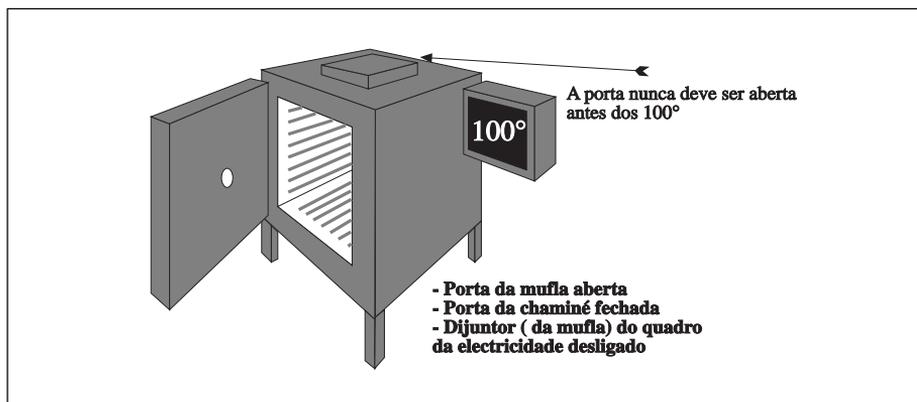


Figura 26

Figuras 21 a 26 - Observem-se as diferentes fases de abertura e fecho (porta e abertura superior) de um forno cerâmico durante a cozedura e arrefecimento.

### 3.3 • Curvas de cozedura

Já aqui foi abordada esta questão, sob o ponto de vista teórico, demonstrando a necessidade prática de estabelecer um ciclo de cozedura através de um esquema utilizado num simples gráfico.

Estes gráficos só proporcionam ao controlador da cozedura, uma indicação geral relativamente às diferenças entre os diversos tipos de cozeduras.

Fundamentalmente as diferenças serão colocadas entre a cozedura dos diferentes tipos de pastas, em que a rapidez e a diferença de temperatura máxima é alterada; Neste caso, qualquer receita que eu possa dar, falhará certamente.

A minha experiência demonstrou-me em várias ocasiões que no mesmo forno, uma cozadura igual à anterior, será sempre diferente.

Cada cozadura oferecerá uma realidade nova. As peças que se colocam no interior do forno, sendo diferentes na forma, no tamanho, na espessura e na quantidade, alterarão a curva de cozadura preestabelecida.

Portanto, apenas funciona um processo. A experiência humana e o perfeito conhecimento do forno conseguido através da análise de sucessivos erros que se vão resolvendo pouco a pouco. Até mesmo a engenharia cerâmica poderá falhar. Daí que, nas empresas é estabelecida uma relação de verdadeira intimidade entre o enforador e o forno.

No entanto alguma certeza podemos ter, mas, só nos fornos eléctricos e a gás, com sistemas de medição e controle da temperatura fiáveis.

No caso de um forno a lenha, o imprevisto é uma constante em cada cozadura. Fenómeno que por outro lado será sempre apreciado pelo artista e estudante.

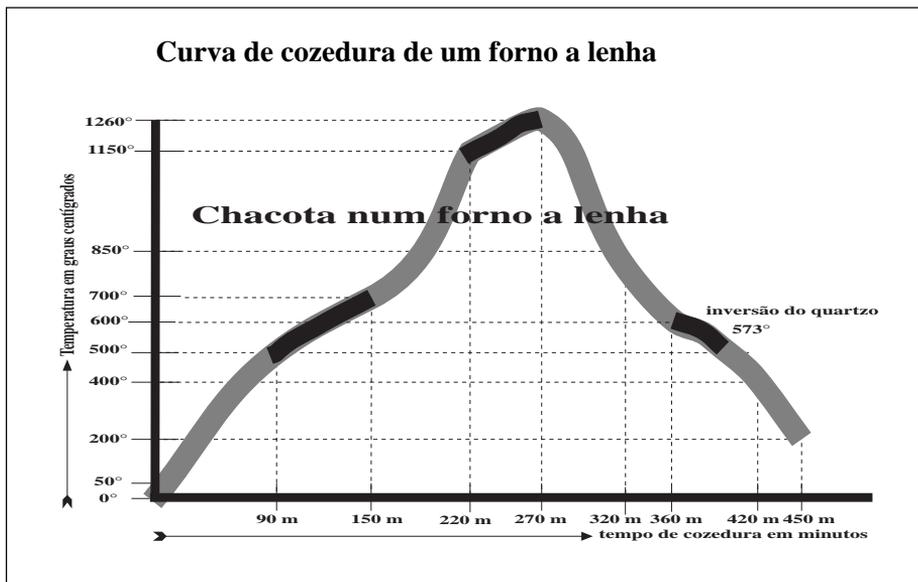


Figura 27

Numa fornada a lenha, é comum e a título de exemplo, reduzir a aceleração entre os 500°C e os 700°C. A partir desta última temperatura e até aos 1.150°C acelera-se novamente voltando a diminuir para que as peças vitrifiquem bem (lentamente) até aos 1.260°C (figura 27).

Segue-se um arrefecimento que até aos 850°C poderá ter a rapidez que o forno permita, sem abrir qualquer porta, abertura superior ou entrada de ar suplementar, desacelerando-se ligeiramente até aos 600°C. Entre os 600°C e os 500°C, por tudo o que já foi dito anteriormente, deve ser muito lento o arrefecimento.

A partir dos 250°C a desaceleração pode ser mais rápida, conseguida através da abertura das entradas de ar auxiliares, abertura superior e nalguns casos, a porta entreaberta.

Esta receita como é natural refere-se a um forno específico. Trata-se de um forno a lenha que atinge os 1.260°C, com uma determinada dimensão e um tipo específico de lenha. Certamente que esta receita falhará num outro forno semelhante de diferentes dimensões e com outro tipo de peças.

Portanto e antes de se dar um exemplo prático, já estou em condições de definir o termo “curva de cozedura” (figuras 28 e 29).

Curva de cozedura, também designada por ciclo de cozedura é um programa de subida de temperatura em função de um determinado período de tempo. O cálculo da curva de cozedura está dependente de dois factores: tipo de forno e reacções físicas e químicas.

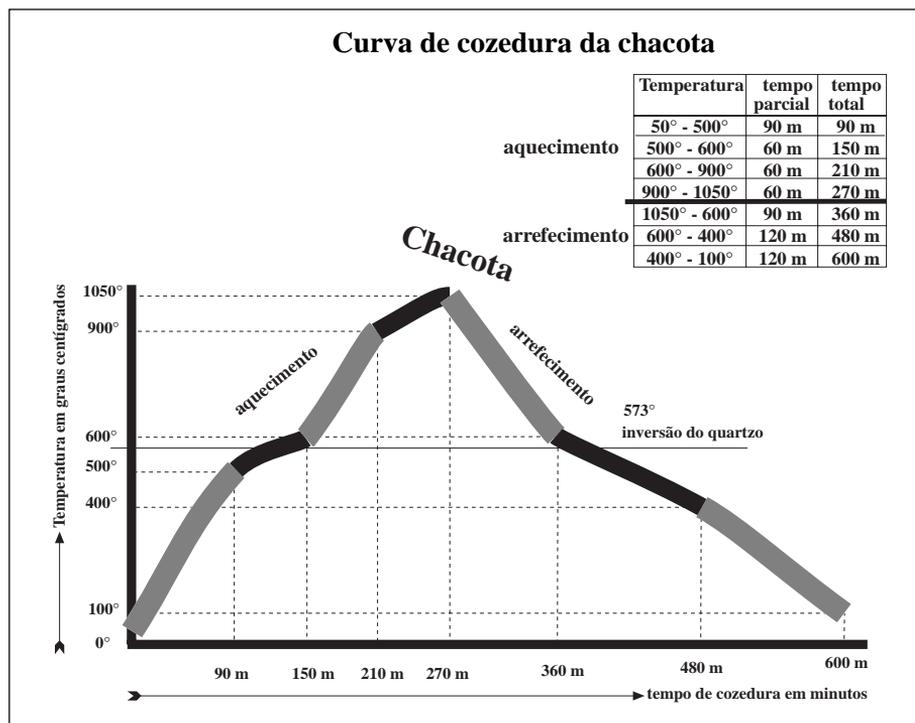


Figura 28 - Na curva de cozedura são identificados a traço grosso os três momentos críticos: entre os 500°C e 600°C, 900°C e 1.050°C e os 600°C e 400°C.

Estes factores determinarão uma maior atenção entre determinadas temperaturas consideradas críticas.

De seguida, é estabelecida uma curva de cozadura, possível para um forno eléctrico qualquer, tendo no seu interior peças fabricadas a partir de uma pasta cerâmica vermelha comercializada.

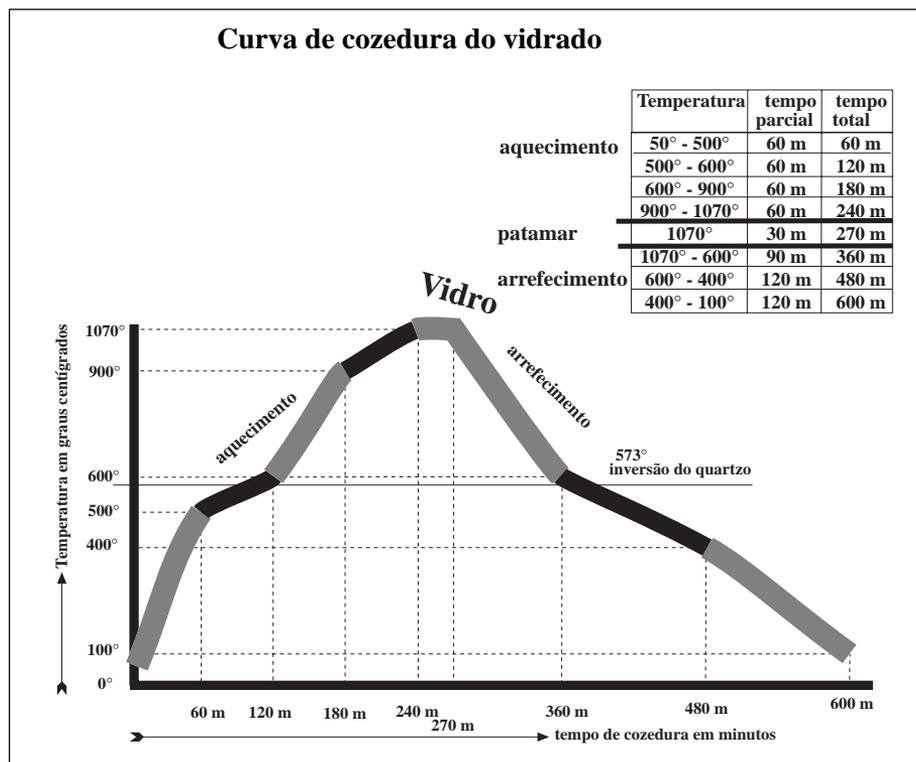


Figura 29 - Na curva de cozadura são identificados a traço grosso os três momentos críticos: entre os 500°C e 600°C, 900°C e 1.070°C e os 600°C e 400°C. Observa-se também a identificação do período de “patamar”, compreendido entre 20 e 30 minutos quando se atinge a temperatura de fusão do vidro, que no presente caso é de 1.070°C.

A cozadura da chacota, conforme se observa, decorreu num espaço de 10 horas seguidas. A temperatura programada para esta pasta de barro vermelho é de 1.050°C (figura 28).

Verifica-se que a cozadura durou 4 horas 30 minutos enquanto o arrefecimento 5 horas 30 minutos. O arrefecimento mesmo não sendo controlado, é mais rápido quando termina a cozadura. A partir dos 400°C é extremamente lento. A curva de cozadura revela a importância manifesta entre os 500°C e 600°C, tanto no aquecimento como no arrefecimento, por ser o momento da transformação do

quartzo. A mesma atenção é observável entre os 900°C e os 1.050°C, período da cristalização da massa de argila.

A cozedura do vidro, coloca os mesmos problemas relativos aos momentos de transformação do quartzo e da cristalização da massa de argila (figura 29).

Nota-se que o período de tempo compreendido até aos 500°C pode e deve diminuir em relação à chacota, por que as peças já tinham sido cozidas, não havendo agora os problemas relativos à expulsão da água.

A grande diferença entre a cozedura do vidro e a chacota reside no período assinalado no gráfico (Patamar). Este período em que o forno está ligado em temperatura constante vai de 20 a 30 minutos. É o período de maturação do vidro, no qual todas as reacções químicas devem ser completas, como a expulsão dos gases de fusão.

### 3.4 • Cozedura do vidro

A maior parte das peças vidradas é chacoateada a uma temperatura determinada, voltando novamente ao forno após a aplicação do vidro, a uma temperatura superior.

A primeira operação consiste sempre em preparar o forno para a cozedura do vidro. Nesta fase, o cuidado deve ser muito grande, já que se está a trabalhar com vidros fundentes que poderão verter para as placas do forno.

Será conveniente como medida de protecção do forno e placas, aplicar um revestimento protector, para que o vidro não caia ou escorra pela peça até às placas.

Misturando em partes iguais caulino e sílex, ou caulino e alumina; em ambos os casos, acrescentando água e aplicando com uma trincha sobre as placas do forno, evita-se a sua deterioração.

No caso da porcelana, que se sujeita muitas vezes a uma monocozedura ( a peça por chacoatear é vidrada depois de seca, indo ao forno uma só vez), tem de ser colocada numa base de barro, com a mesma composição e previamente cozido. A peça por cozer, pode assim contrair ao mesmo tempo que a base onde está assente, evitando-se assim que a base da peça funda e se cole à placa do forno.

Como o vidro entra em fusão com a cozedura, pegaria a tudo o que estivesse encostado. Deve deixar-se um espaço entre as peças e em relação às paredes do forno de aproximadamente 1,5 cm. Como as peças têm de ser colocadas sobre as placas ou suportes, necessitam de ser limpas antes de colocadas no forno. Com a ajuda de uma esponja molhada limpa-se a base da peça do excesso de vidro.

Conhecendo o comportamento do vidro a utilizar, convém colocar na parte superior do forno, as peças pintadas com os vidros que libertam mais gases e têm reacções químicas mais imprevisíveis. Evita-se assim a adulteração de outros vidros mais estáveis (figura 30).



### Mobiliário interno de forno

*Figura 30* - Um forno de garrafa com os “saggars”, que são as caixas em argila refractária onde são inseridas as peças para a cozedura. Estes invólucros têm a função de proteger dos gases e fumos as peças<sup>9</sup>.

Embora os vidros fundam a uma determinada temperatura, utilizam-se em cada cozedura aqueles que têm o mesmo ponto de fusão e são compatíveis com as paredes da peça chacoateada.

Há necessidade de considerar os seguintes aspectos para que o êxito seja garantido:

- O aquecimento e arrefecimento devem ser uniformes na peça.
- Os gases provenientes da cozedura dos vidros têm de ser libertados por completo. O CO<sub>2</sub> não pode ficar aprisionado sob o vidro, o que produziria os mais variados defeitos.
- O vidrado, deve ser maturado correctamente, através de uma operação que se designa de “patamar”. Quando se atinge a temperatura designada para a fusão do vidrado, deixa-se permanecer aí durante um período que vai dos 20 aos 30 minutos. Durante este período, todas as reacções químicas são completadas, obtendo-se uma homogeneidade perfeita.

No que diz respeito à cozedura em si (etapas) pode ser mais rápida que na chacoata, conforme já se observou no estudo das curvas de cozedura para a chacoata e vidrado. Havendo necessidade de diminuir quando se atinge o ponto de fusão e maturação do vidrado. Este aspecto é muito importante porque permite que o vidrado e a peça se combinem quimicamente, permitindo uma aderência perfeita<sup>10</sup>.

<b>Temperatura de cozedura de pastas cerâmicas</b>	
<b>Pasta</b>	<b>Temperatura de cozedura</b>
Pastas de barro vermelho	1.050°C
Pastas de Faiança	1.050°C
Pastas de Grés	1.280°C
Pastas de Porcelana	1.280°C

*Figura 31*

No campos da cerâmica artística e decorativa, também é utilizado o processo do “terceiro fogo”. Esta técnica mais utilizada no campo decorativo da porcelana, necessitando portanto de corpos cerâmicos resistentes a diversos impactos térmicos (cozeduras).

Esta técnica que não suscita grandes questões técnicas dependendo da habilidade do executante, consiste em pintar a peça como se de uma tela se tratasse. A técnica utilizada é semelhante à do óleo, através de pigmentos que serão fixos sobre a peça previamente vidrada. Cada camada será submetida a uma cozedura individual, indo o artistas em cada cozedura valorizando os aspectos pretendidos na pintura. Geralmente e para além da chacotagem, vidragem e pintura, a peça é submetida a mais do que três cozeduras. Esta técnica utiliza corantes cerâmicos diluídos em óleo, que serão submetidos a temperaturas entre os 700°C e os 800°C, dependendo da referência do fabricante (figura 31).

### 3.5 · Atmosferas oxidante e redutora

O combustível utilizado, tem uma importância vital para o aspecto final da peça vidrada.

Sem dúvida nenhuma que, o forno eléctrico, é o mais deficiente, quanto a aspectos artísticos pretendidos.

Lamentavelmente, esta será uma limitação que se estende a todas as nossas escolas, já que apenas são equipadas com fornos cerâmicos eléctricos. A opção por este tipo de forno tem a ver com aspectos económicos e de maior facilidade de manuseamento.

No caso de um forno eléctrico, em que existe oxigénio suficiente para uma combustão completa, a atmosfera é designada de Oxidante. Assiste-se à libertação do bióxido de carbono [Co<sub>2</sub>].

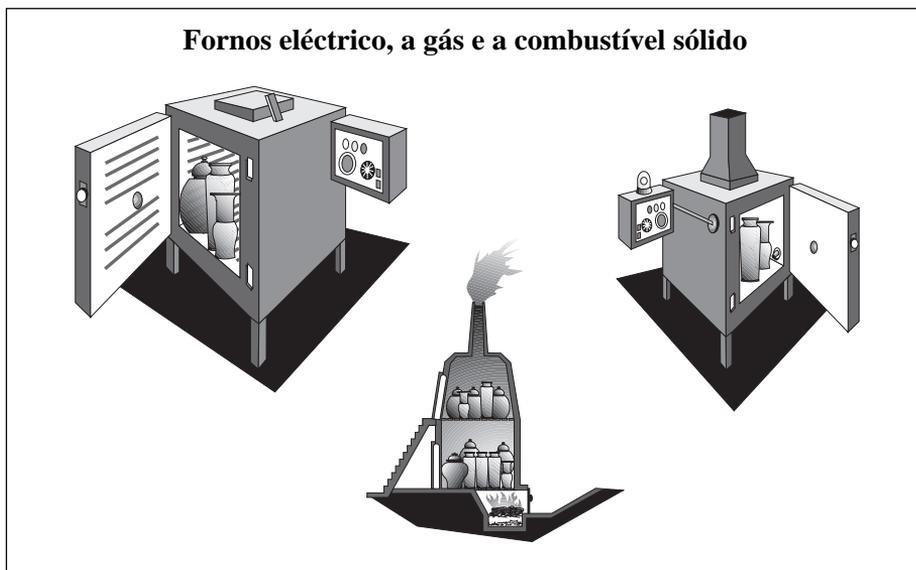
No caso dos fornos que utilizam combustíveis minerais e lenhosos, liberta-se o carbono [C], obtendo-se portanto uma atmosfera Redutora. Neste tipo de forno, não existe qualquer limitação quanto à entrada de oxigénio, pelo que é possível conseguir também uma atmosfera Oxidante.

O carbono livre e a alta temperatura sem a presença de oxigénio, vai captar o oxigénio existente nos óxidos metálicos tanto na pasta como no vidro.

Portanto, a atmosfera redutora é utilizada não só na cozedura do vidro, como na da chacota

Os óxidos de ferro e de cobre são geralmente os mais afectados pela criação de uma atmosfera redutora no interior do forno, pelo que permitem a produção de colorações muito bonitas e únicas aproveitadas no campo artístico. Conclui-se assim da limitação a que se está sujeito possuindo um forno eléctrico (figura 32).

O processo de redução, tem no entanto as suas regras. Começa geralmente aos 1.100°C, não sendo conveniente iniciar o processo a temperatura inferior, já que poderia tornar os vidros



*Figura 32 - Limitando a entrada de oxigénio num forno que não seja eléctrico, em vez de se libertar o bióxido de carbono  $CO_2$  é libertado o monóxido de carbono  $MnO_2$ .*

cinzentos e negros, tal como as pastas. Este aspecto determina que o verdadeiro conhecimento cerâmico baseia-se em muito na capacidade do ceramista em regular as atmosferas da cozedura.

Embora se identifiquem duas atmosferas (oxidante e redutora), em rigor são três: atmosfera oxidante, atmosfera neutra e atmosfera redutora.

Processo de identificação do tipo de atmosfera no interior do forno:

O processo de identificação da atmosfera baseia-se na observação da chama do queimador no interior do forno.

**Chama azul e com som** - Indica a existência de uma atmosfera oxidante no interior do forno.

**Chama amarela e silenciosa** - Indica a existência de uma atmosfera redutora.

**Chama esverdeada e silenciosa** - Indica a existência de uma atmosfera neutra.

A existência de uma atmosfera redutora no interior do forno será assinalada com a saída de uma intensa chama amarela provocada pelo monóxido de carbono a converter-se em bióxido de carbono.

Em qualquer dos casos é a atmosfera neutra que permite a cozedura mais eficiente e a consequente poupança de energia. Em

termos gerais, qualquer cozedura deveria permanecer neutra até uma temperatura compreendida entre 800°C e 850°C.

### 3.6 · Vidragem com sal

É um processo pouco utilizado em que se utiliza o sal para vidrar as peças.

Tal como a Atmosfera Redutora não pode ser utilizada num forno eléctrico, o mesmo se passa com a vidragem com sal, não só porque destruiria as suas resistências, mas porque a melhor atmosfera para este tipo de vidrado é a Redutora.

Processo:

- Utiliza-se uma atmosfera oxidante até aos 950°C.
- Dos 950°C e até aos 1.250°C provoca-se uma atmosfera redutora.
- Entre os 1.260°C e os 1.280°C começam-se a introduzir pequenas quantidades de sal, durante um período de aproximadamente 1h 30 m, até se alcançar os 1.300°C.

Este tipo de vidragem tem de ser feito num ambiente aberto já que há o perigo da libertação dos vapores do ácido clorídrico. Pode-se evitar este perigo substituindo o sal comum de cozinha pelo bicarbonato de sódio, já que a sua toxicidade é bem menor.

### 3.7 · Controle da temperatura

Até ao momento, observou-se a importância da cozedura para o êxito do trabalho.

Distingui as características essenciais entre a chacota e o vidro, assim como as fases cruciais na cozedura.

Tendo consciência de todos estes aspectos, torna-se premente questionar o modo de visão da temperatura em qualquer momento.

No que diz respeito ao processo utilizado pelos antigos e até ao aparecimento da electricidade, não se baseava numa medição precisa fruto de qualquer equipamento. A temperatura era medida através da recolha de amostras ou pela cor interior do forno.

#### 3.7.1 · Medição empírica da temperatura

A medição empírica da temperatura pode ser feita através da recolha de amostras ou observação directa da cor interior do forno, sendo preferível utilizar ambos processos<sup>12</sup>.

##### Recolha de amostras:

Antes do encerramento do forno eram colocados vários bocados de cerâmica, depois retirados durante a cozedura por intermédio de um gancho metálico, através de uma abertura, na zona superior do forno<sup>13</sup>.

Esta operação, era e é, executada nas últimas fases da cozedura, permitindo uma análise visual e baseada sempre na grande experiência do enfornador. Este processo empírico, era geralmente complementado com a observação directa da cor interior do forno.

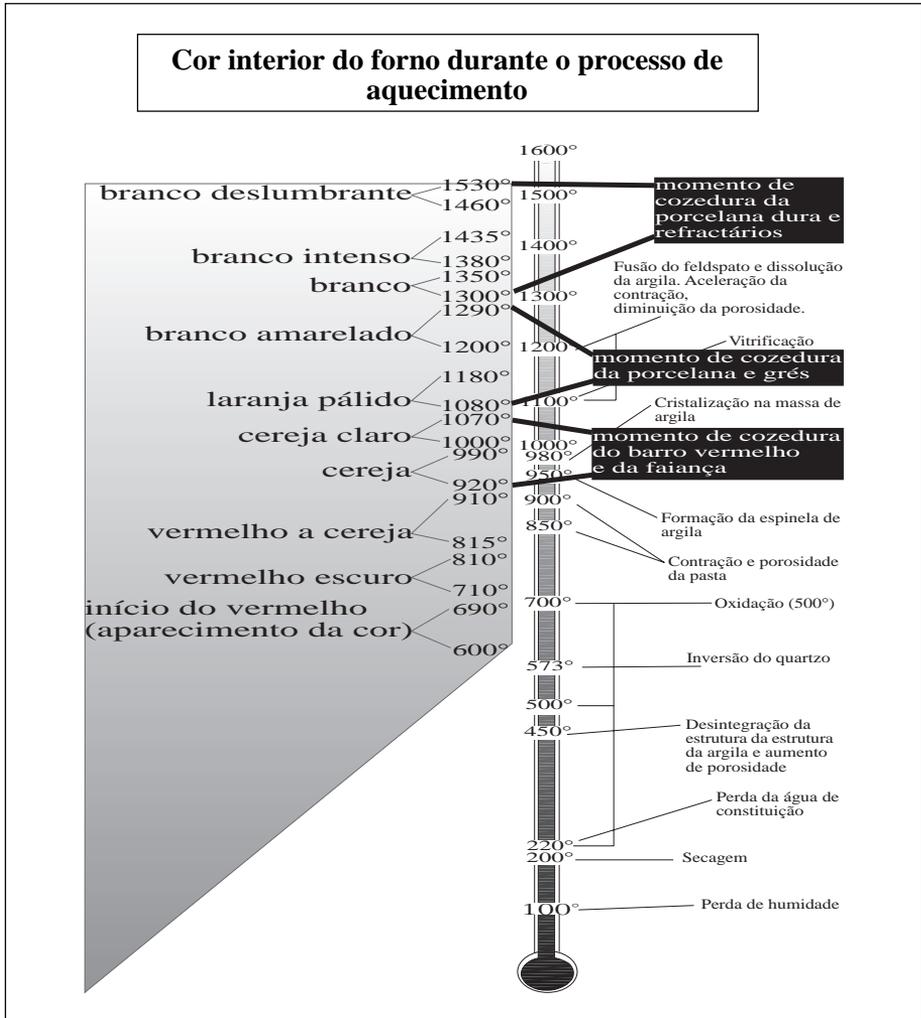


Figura 33 - Cor interior de um forno<sup>15</sup>

Só por volta dos 600°C é que começa a notar-se a cor no interior do forno fechado. Começa por uma cor vermelha muito escura que se transformará sucessivamente até atingir o branco deslumbrante por volta dos 1530°C (figura 33).

**Observação directa da cor interior do forno:**

Um ceramista com experiência tem a capacidade de contro-

lar a temperatura observando o interior do forno através da abertura da porta ou de uma outra abertura feita na parte superior do forno.

Como é evidente e apesar da experiência, o processo será sempre pouco fiável<sup>14</sup>. De seguida exponho a cor interior de um forno nas diversas temperaturas.

Sabendo a que temperatura coze a pasta que se utiliza ou mesmo o vidro, é possível através de uma observação atenta, determinar o término da cozedura. Não esquecer que a larga experiência é fundamental.

### 3.7.2 · Controle exacto da temperatura

Todos os fornos adquiridos comercialmente, têm controladores de temperatura<sup>16</sup>, designados de pirómetros. Não deixa de haver no entanto outros processos de medição que são tão exactos e fiáveis como os primeiros. Começo por descreve-los:

- **Pirómetros**<sup>17</sup> - é talvez o método mais preciso para determinar a temperatura no interior de qualquer tipo de forno. Como já referi, fazem parte do equipamento que acompanha os fornos comercializados. Há no entanto pirómetros autónomos, podendo ser adquiridos em casas da especialidade, e, servem para medir a temperatura com exactidão, em fornos artesanais ou fabricados na própria escola. Será sempre um bom investimento para os fornos que na parte final são projectados.

- **Pirómetro óptico ou de radiação**<sup>18</sup> - este aparelho é de uma grande funcionalidade, embora o seu preço seja um pouco proibitivo. Geralmente é utilizado na medição da temperatura dos fornos artesanais.. Nos pirómetros ópticos, também designados de “espectrais”, a cor da respectiva resistência aquecida, é comparável à cor do fogo no interior do forno (figura 33).

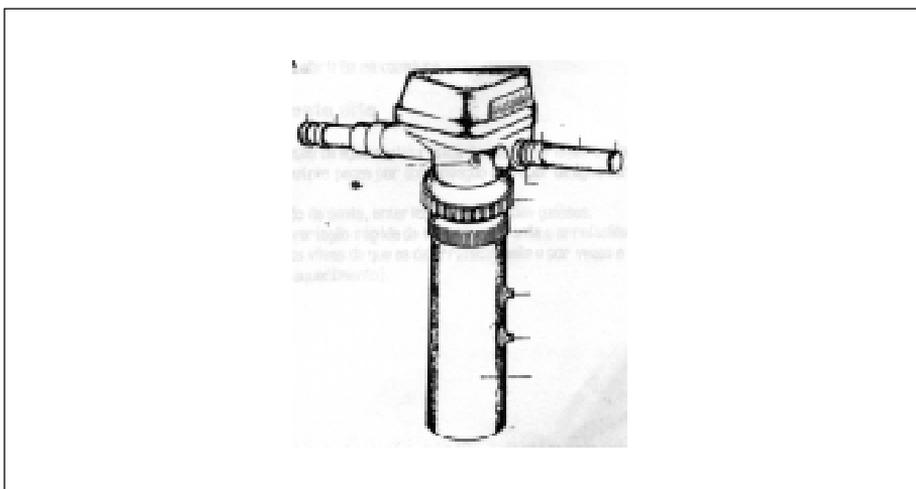


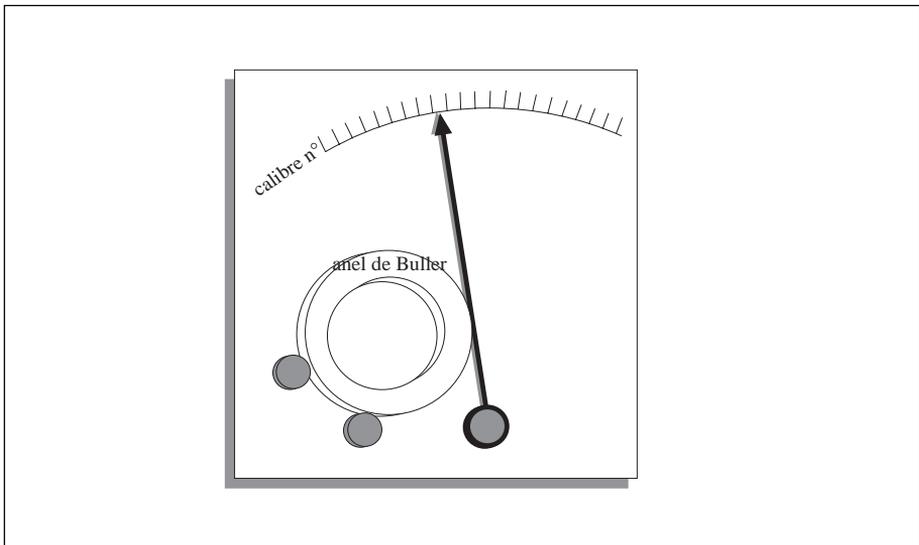
Figura 34 - Pirómetro óptico<sup>19</sup>

A electricidade gerada é convertida e traduzida ao observador em graus centígrados, através de um galvanómetro.

- **Anéis de Buller** <sup>20</sup> - Estes anéis fabricados em materiais cerâmicos refractários, encolhem conforme a temperatura. Geralmente são retirados do forno durante a cozedura (figura 35). Uma vez arrefecidos, colocam-se num indicador com um ponteiro que mede o encolhimento do anel. Para cada valor da escala corresponderá o valor em temperatura. Esta contracção medida, é convertida num valor que corresponde num gráfico (figura 36) a uma temperatura.

A gama de temperaturas que abrangem os anéis de Buller vai dos 960° aos 1440°, gama obtida através de quatro tipos de anéis de cor e composição diferentes:

anéis castanhos	n°55 - 960° aos 1100°C
anéis verdes	n°27 - 960° aos 1250°C
anéis beijos	n°72 - 960° aos 1320°C
anéis amarelos	n°73 - 1280° aos 1440°C



*Figura 35 - Princípio de medição dos anéis de Buller*

Temperatura em Graus Célsius	Temp. baixa Anel n°55 (castanho) Calibre n°	Temp. normal Anel n°27 (verde) Calibre n°	Temp. alta Anel n°72 (beije) Calibre n°	Temp. alta Anel n°73 (amarelo) Calibre n°
960	3	0	0	
970	7	1	1	
980	11	2 1/5	2	
990	15	4	3	
1000	18	5 1/2	4	
1010	21	7	5	
1020	24	8 1/2	6	
1030	27	10	7	
1040	30	11 1/2	8 1/2	
1050	32	13	10	
1060	34	14	11	
1070	36	15 1/2	12 1/2	
1080	37	17	14	
1090	38	18 1/2	15 1/2	
1100	39	20	17	
1110		21 1/2	18 1/2	
1120		23	20	
1130		24 1/2	21	
1140		26	22	
1150		27	23	
1160		28 1/2	24 1/2	
1170		30	26	
1180		31 1/2	27	
1190		33	28	
1200		34 1/2	29	
1210		36	30	
1220		37 1/2	31	
1230		38 1/2	32	
1240		40	33	
1250		41 1/2	34 1/2	
1260			36 1/2	
1270			38 1/2	
1280			40	29 1/2
1290			42	
1300			44	31
1320			46	34
1340			47	
1360				40 1/2
1380				44
1400				48
1420				51
1440				54

Figura 36 - Escala de medição dos anéis de Buller

### - Cones Pirométricos <sup>21</sup>

Este é, sem dúvida, o método mais popular para determinar a temperatura no interior de um forno que, não tem qualquer tipo de sistema de controle.

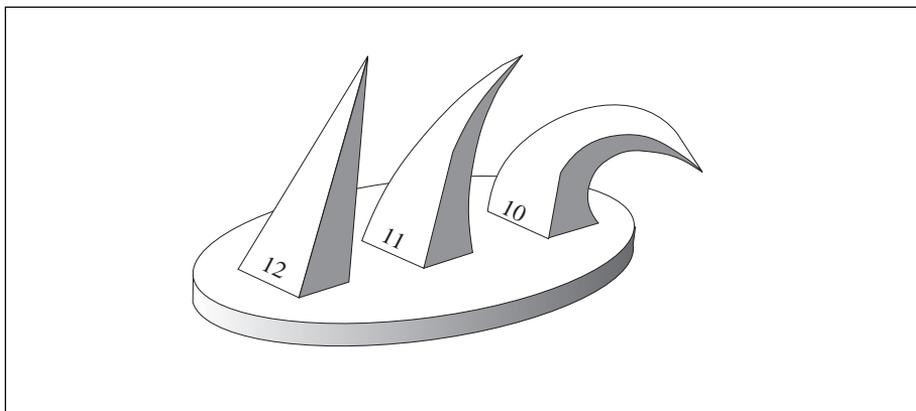


Figura 37 - Cones pirométricos

Estes cones pirométricos, são finas pirâmides triangulares, que possuem uma composição de cristais de baixa temperatura até à alumina pura. Como a composição é diferente de pirómetro para pirómetro, fundem a diferentes temperaturas.

Existem no mercado três tipos diferentes, conhecidos pelos nomes dos seus criadores: Cones Seger (utilizados na Europa), Cones Orton (utilizados nos Estados Unidos) e os Cones Staffordshire (utilizados na Grã-Bretanha)<sup>22</sup>.

O processo de utilização é extremamente simples, sendo o mais aconselhado nos fornos, que se irão projectar no final deste trabalho.

Depois de se optar pela temperatura que se pretende atingir, escolhe-se o cone correspondente a essa temperatura (estes cones vendidos comercialmente, têm uma numeração a que corresponde uma temperatura de fusão); colocando-se perto de uma abertura de observação do forno (figura 37).

A título de exemplo, supondo que pretendo executar uma fornada de peças em barro vermelho e sabendo que esta argila coze a 1.060°C, consulto a tabela acima referida.

Optando pelos Cones Seger, verifico através da tabela que tenho de adquirir o n° 02A (figura 38).

Depois de carregar o forno com peças cerâmicas, coloco o cone numa posição que seja visível do exterior durante a cozedura. Durante o período de cozedura, vou regularmente observando o comportamento desse cone até verificar que ele começa a dobrar.

n° cone	Stafford	Seeger	Orton	cor no interior forno	peças cozidas
022	600	600	585	começa a ficar vermelho	Dourado brilhante. Esmaltes brandos orientais. Esmalte de raku
022A	625	-	-		
021	650	650	602	vermelho escuro	Cores sobre vidrados. Brilhos. Vidrados brandos. Chacota de Porcela e Grés.
020	670	670	625		
019	690	690	668		
018	710	710	696		
017	730	730	727		
016	750	750	767		
015	790	-	790		
015A	-	790	-		
014	815	-	834		
014A	-	815	-		
013	835	-	869	vermelho a vermelho cereja	Artesanato. Majólica. Cerâmica branda porosa.
013A	-	835	-		
012	855	-	866		
012A	-	855	-		
011	880	-	866		
011A	-	880	-		
010	900	-	887		
010A	-	900	-		
09	920	-	915		
09A	-	920	-		
08	940	-	945	vermelho cereja	Artesanato. Majólica. Cerâmica branda porosa.
08A	950	940	-		
07	960	-	973		
07A	970	960	-		
06	980	-	991		
06A	990	980	-		
05	1000	-	1031		
05A	1010	1000	-		
04	1020	-	1050		
04A	1030	1020	-		
03	1040	-	1086	vermelho cereja claro	Cerâmica dura porosa. Porcelana frita. Porcelana de ossos. Grés. Porcelana branda oriental.
03A	1050	1040	-		
02	1060	-	1101		
02A	1070	1060	-		
01	1080	-	1117		
01A	1090	1080	-		
1	1100	-	1136		
1A	1110	1100	-		
2	1120	-	1142		
2A	1130	1120	-		
3	1140	-	1152	laranja ou laranja pálido	Cerâmica dura porosa. Porcelana frita. Porcelana de ossos. Grés. Porcelana branda oriental.
3A	1150	1140	-		
4	1160	-	1168		
4A	1170	1160	-		
5	1180	-	1177		
5A	1190	1180	-		
6	1200	-	1201		
6A	1215	1200	-		
7	1230	1230	1215		
7A	1240	-	-		
8	1250	1250	1236	branco amarelado	Porcelana dura. Produtos refractários.
8A	1260	-	-		
8B	1270	-	-		
9	1280	1280	1260		
9A	1290	-	-		
10	1300	1300	1285		
10A	1310	-	-		
11	1320	1320	1294		
12	1350	1350	1306		
13	1380	1380	1321		
14	1410	1410	1388	branco intenso	Porcelana dura. Produtos refractários.
15	1435	1435	1424		
16	1460	1460	1455	branco deslumbrante	Porcelana dura. Produtos refractários.
17	1480	1480	1477		
18	1500	1500	1500		
19	1520	1520	1520		
20	1530	1530	1542		

Figura 38 - Tabela de medição dos cones pirométricos<sup>23</sup>

Quando o seu vértice toca na base do seu suporte, significa que o forno alcançou a temperatura de 1.060°C.

Observando agora a figura 37 e para uma maior segurança e certeza, geralmente são utilizados três cones que se colocam em posição paralela dentro do forno e em local visível.

Os três cones têm números sucessivos, sendo a da temperatura desejada colocado no meio. No presente caso, como a temperatura pretendida era de 1.060°C, adquiria os seguintes números dos Cones Seger: 03A, 02A e 01A.

Não sendo matéria deste trabalho, o estudo das argilas e pastas, o respectivo manuseamento, secagem estudo de vidros e corantes e respectiva aplicação, acabei de fornecer a informação básica relativa ao processo da cozedura.

Independentemente do ceramista ser ou não industrial, técnico, professor ou artista, em qualquer dos casos, tem de conhecer perfeitamente o processo descrito.

O ser-se artista ou professor nunca será desculpa para se ignorar um profundo estudo do comportamento de um corpo cerâmico quando submetido ao aquecimento no interior do forno, seja chacota ou vidragem (figura 38).

O imprevisto é óptimo, por ser uma manifestação inerente à arte; no entanto, o erro é e será sempre condenado, sendo considerado fruto da ignorância. Embora o erro seja humano, quando sucede, deve desde logo, ser analisado e compreendido pelo ceramista. Fundamentalmente quero apenas analisar e identificar os principais defeitos que poderão aparecer numa deficiente chacotagem ou vidragem.

#### **Defeitos na cozedura da chacota (quadros 39 a 59)<sup>24</sup>**

- Rotura das peças, provocada pela extracção muito rápida da água da humidade na primeira etapa de cozedura.

- Peças manchadas, motivado pela condensação do vapor de água com impurezas, devido à rapidez de cozedura na primeira etapa.

- Aparecimento de rachas nos períodos de variação rápida de volume e durante o arrefecimento (transformação do quartzo). As rachas provocadas pelo aquecimento têm arestas menos vivas, sendo a superfície de fractura mais escura. As rachas provocadas pelo arrefecimento são mais vivas<sup>25</sup>.

#### **Defeitos na cozedura do vidro (quadros 39 a 59)<sup>26</sup>**

- Crateras; provocadas pela ausência do período de maturação do vidrado.
- “Escorrido”; por excesso de tempo no período de maturação.
- Colagem de peças por não estarem separadas em aproximadamente 1,5 cm.
- Colagem de peças às placas do forno; por não terem sido previamente limpas na base de contacto.

- “Craquelê” nas peças vidradas; por arrefecimento rápido no forno.
- Anulação da cor nos vidrados ou alteração; devido à existência de outros vidrados no forno que, por libertarem muitos gases, prejudicam os primeiros<sup>27</sup>.

Outros defeitos poderiam ser aqui contabilizados, observáveis só, após a chacota ou a vidragem. No entanto não são aqui mencionados já que têm a ver com a concepção das pastas cerâmicas, manuseamento, secagem e má formulação dos vidrados. Temática que não respeita a este trabalho.

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Inchamento</i></p> <p>Bolhas formadas dentro da pasta durante a cozedura</p> <p>1. Inchamento da pasta produzido pela pressão dos gases que estão comprimidos numa massa parcialmente fundida:</p> <p style="margin-left: 20px;">a) excesso de cozedura ou cozedura irregular.</p> <p style="margin-left: 20px;">b) carvão dentro de um pasta vítrea.</p> <p style="margin-left: 20px;">c) pasta com muitos fundentes</p> <p>1. a) reduzir a temperatura de cozedura.</p> <p style="margin-left: 20px;">b) cozer mais lentamente.</p> <p style="margin-left: 20px;">c) reduzir o conteúdo de fundentes na pasta ou aumentar a quantidade de chamote para “abrir” a pasta</p>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>“explosões”</i></p> <p>Crateras na pasta cozida</p> <p>1. Presença de impurezas nas argilas ou vidrados.</p> <p style="margin-left: 20px;">a) partículas de gesso da superfície dos moldes.</p> <p style="margin-left: 20px;">b) sulfatos e/ou carbonatos presentes na pasta</p> <p>1. Evitar possíveis contaminações.</p> <p style="margin-left: 20px;">a) retirar qualquer partícula de gesso que se tenha soltado do molde.</p> <p style="margin-left: 20px;">b) usar argilas mais purificadas</p>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Rachas</i></p> <p>Rachas nas peças cozidas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Secagem irregular ou muito rápida.</li> <li>2. Pasta com pouca plasticidade.</li> <li>3. Ferramentas de acabamentos rombas.</li> <li>4. Cozedura muito rápida até aos 300°C. 5. Pasta “cansada”</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Secar mais lentamente (inverter as peças pela boca).</li> <li>2. aumentar a plasticidade da pasta.</li> <li>3. Usar ferramentas afiadas.</li> <li>4. reduzir a velocidade de aquecimento inicial (2 a 4 horas).</li> <li>5. Reduzir o manuseamento durante a fabricação</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Enrolamento</i></p> <p>Zonas sem vidro na superfície das peças. Vidrado “enrolado” em pequenas “ilhas”</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manuseamento excessivo das peças chacotadas antes da cozedura.</li> <li>2. óleo, gordura, Pó, etc. sobre as peças chacoteadas antes de cozer.</li> <li>3. rachas na camada de vidrado durante a secagem antes da cozedura. Matéria coloidal em excesso (argila presente no vidrado).</li> <li>4. sais solúveis na pasta.</li> <li>5. camada de vidrado muito espessa</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Minimizar o manuseamento das peças de chacota antes de vidradas.</li> <li>2. Manter a chacota limpa.</li> <li>3. Manusear as peças vidradas com muito cuidado, reduzir o caulino no vidrado.</li> <li>4. adicionar carbonato de bário (1 a 2,5%) para precipitar os sais solúveis.</li> <li>5. reduzir a camada de vidrado</li> </ol>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Craquelê</i></p> <p>Rachas muito finas na superfície do vidrado</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diferenças de dilatação entre o vidrado e a pasta (a pasta deve ter uma dilatação superior para manter o vidrado em compressão).</li> <li>2. vidrado aplicado muito espesso.</li> <li>3. expansão por humidade da pasta.</li> <li>4. Deficiência de cozedura da pasta ou do vidrado</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.a) aumentar a dilatação da pasta:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) aumentar a quantidade de sílica na pasta</li> </ol>             Reduzir a dilatação do vidrado:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) adicionar sílica ou caulino ao vidrado.</li> <li>b) utilizar uma frita de bórax de baixa dilatação.</li> </ol> </li> <li>2. reduzir a espessura do vidrado.</li> <li>3. reduzir a porosidade da pasta</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Desvitrificação</i></p> <p>Vidrados que são muito brilhantes parecem mates. Aparecimento de zonas leitosas em vidrados transparentes (às vezes um rosa azulado sobre pastas de terracota)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Precipitação acontece durante o arrefecimento do vidrado.             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) aparecimento de pequenos cristais na superfície do vidrado (silicatos de alumínio e cálcio, etc.)</li> <li>b) precipitado leitoso (borato de cálcio)</li> </ol> </li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.a) Arrefecer mais rapidamente até aos 700°C.</li> <li>b) reduzir o conteúdo de cálcio no vidrado.</li> <li>c) adicionar caulino ao vidrado</li> <li>d) utilizar um vidrado de baixa solubilidade em vez de um vidrado sem chumbo</li> </ol>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Quebras por choque térmico</i></p> <p>Rachas em peças de cerâmica devidas à inversão da sílica (quando o vidrado escorre para dentro da racha, a quebra produziu-se durante o aquecimento; quando a racha tem esquina viva, então a ruptura produziu-se durante o arrefecimento)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arrefecimento e/ou aquecimento da pasta demasiado rápido especialmente na zona dos 573° (temperatura de inversão da sílica).</li> <li>2. pasta com elevado conteúdo de sílica.</li> <li>3. grandes variações na espessura das paredes do produto dando origem a gradientes térmicos.</li> <li>4. temperatura de cozedura da pasta muito alta</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cozer e arrefecer a pasta mais lentamente nos intervalos de temperatura onde as inversões da sílica têm lugar.</li> <li>2. reduzir a quantidade de sílica na pasta.</li> <li>3. ter muito cuidado com o desenho das peças.</li> <li>4. reduzir a temperatura de cozedura da pasta</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Descasque</i></p> <p>O vidrado solta-se da superfície da pasta (acontece principalmente nas beiras das peças tais como bocas de chávenas e asas)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vidrado com compressão excessiva.</li> <li>2. migração de sais solúveis para a superfície da pasta durante a secagem ou cozedura dando origem a uma aderência deficiente do vidrado</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduzir dilatação da pasta:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) reduzir a quantidade de sílica.</li> </ol> </li> <li>2. aumentar a dilatação do vidrado:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) adicionar fritas alcalinas de alta dilatação.</li> <li>b) reduzir a sílica e/ou alumina nos vidrados.</li> </ol> </li> <li>3. a) adicionar carbonato de bário (1 a 2,5%) à pasta para precipitar os sulfatos solúveis.             <ol style="list-style-type: none"> <li>b) esponjar as bocas das peças e asas antes da cozedura</li> </ol> </li> </ol>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Vidrado picado</i></p> <p>Pequenos furos no vidro depois de cozido</p> <p>1. Evolução de gases a partir da pasta ou do vidro durante a cozedura.</p> <p>a) pasta pouco cozida.</p> <p>b) ar dentro da pasta.</p> <p>c) excesso de espessura e cozedura em excesso nas cores sobre a chacota.</p> <p>d) sais solúveis (sulfatos) na pasta.</p> <p>e) excesso de carbonatos de cálcio no vidro.</p> <p>f) vidro mal cozido.</p> <p>g) vidro “queimado” dá origem à volatilização</p> <p>1. a) Cozer a pasta à temperatura recomendada.</p> <p>b) amassar muito bem a pasta plástica.</p> <p>c) reduzir a espessura das cores na pintura.</p> <p>d) adicionar 1 a 2,5% de carbonato de bário à pasta.</p> <p>e) reduzir a calcite no vidro.</p> <p>f) cozer o vidro à temperatura recomendada.</p> <p>g) reduzir a temperatura do vidro</p>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Sulfuração</i></p> <p>Zonas mates na superfície do vidro</p> <p>1. Gases de enxofre presentes na atmosfera do forno reagem com o vidro.</p> <p>a) sulfatos na pasta.</p> <p>b) enxofre presente nos gases do forno</p> <p>1. a) Ventilar o forno tanto quanto possível.</p> <p>b) cozer a chacota uma temperatura suficiente para libertar o carvão e enxofre</p>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p>	<p><i>Refervido</i></p> <p>Crateras grandes geralmente abertas no vidro</p> <p>1. Materiais gasosos produzidos durante a cozedura.</p> <p>a) vidro não totalmente cozido.</p> <p>b) vidro ou pasta “queimados”.</p>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<b>Soluções sugeridas</b>	<p>c) vidrado e pasta não compatíveis</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Cozer mais lentamente e/ou fazer patamar à temperatura máxima.</li> <li>2. reduzir o tempo de cozedura de patamar ou reduzir a temperatura.</li> <li>3. alterar a composição pasta/vidrado</li> </ol>
<b>Defeito</b> <b>Aspecto</b> <b>Causa</b> <b>Soluções sugeridas</b>	<p><i>Falhas de vidrado</i></p> <p>Zonas sem vidrado</p> <p>Vidrado caído ou raspado antes da cozedura</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manusear com mais cuidado e só quando esteja seco.</li> <li>2. adicionar um adesivo ao vidrado (1% de CMC)</li> </ol>
<b>Defeito</b> <b>Aspecto</b> <b>Causa</b> <b>Soluções sugeridas</b>	<p><i>Manchas mate</i></p> <p>Zonas mates</p> <p>Elementos voláteis dos vidrados são “chupados” da superfície pelos refractários dos fornos</p> <p>Evitar colocar peças vidradas perto dos refractários muito novos. Não cozer peças de chacota junto com peças vidradas</p>
<b>Defeito</b> <b>Aspecto</b> <b>Causa</b> <b>Soluções sugeridas</b>	<p><i>Peças pegadas</i></p> <p>Peças coladas entre si ou às placas do forno</p> <p>Peças encostadas durante a cozedura do vidrado ou vidrado que escorre sobre a placa do forno</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantir que as peças não estão encostadas na cozedura do vidrado.</li> <li>2. limpeza o vidrado na base das peças.</li> <li>3. usar um engobe nas placas</li> </ol>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Pontos negros</i></p> <p>Pintas escuras</p> <p>Contaminação. Geralmente originada em ferramentas oxidadas ou de partículas soltas de chacota e partículas de decoração que caem no vidrado durante a vidragem</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantir que todas as ferramentas e vasilhas estão limpas de ferrugem.</li> <li>2. garantir que as peças não contêm partículas soltas durante a vidragem.</li> <li>3. passar o vidrado ao peneiro regularmente</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Cores escorridas</i></p> <p>Contornos de cores indefinidos</p> <p>Elevada solubilidade dos óxidos corantes nos vidrados coloridos</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ensaiar com vidrado alternativo.</li> <li>2. adicionar caulino aos pigmentos.</li> <li>3. reduzir a temperatura de cozedura</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Excesso de temperatura (queimado)</i></p> <p>Cores desmaiadas ou a desaparecer</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Excesso de cozedura.</li> <li>2. cores carmesim podem “desmaiar” com vidrados ricos em ácido bórico</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cozer a temperatura mais baixa.</li> <li>2. usar um vidrado alternativo</li> </ol>
<p><b>Defeito</b></p> <p><b>Aspecto</b></p> <p><b>Causa</b></p> <p><b>Soluções sugeridas</b></p>	<p><i>Cores mates</i></p> <p>Textura mate</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desvitrificação normalmente devida à falta de cozedura</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ver desvitrificação.</li> <li>2. cozer temperatura mais alta ou utilizar pata</li> </ol>

<b>Quadros dos defeitos e possíveis soluções</b>	
<b>Defeito</b>	<i>Craquelê em cores de mufla</i>
<b>Aspecto</b>	Rachas finas nas superfícies das cores
<b>Causa</b>	Dilatação da cor não está de acordo com o vidrado sobre o qual está aplicada
<b>Soluções sugeridas</b>	Aplicar cores com menos espessura
<b>Defeito</b>	<i>Cor púrpura</i>
<b>Aspecto</b>	Cor púrpura em vez de ouro
<b>Causa</b>	1. Ouro aplicado muito fino. 2. utilização excessiva de diluentes
<b>Soluções sugeridas</b>	1. Aplicar outra camada. 2. utilizar menos diluente ou aplicação mais espessa
<b>Defeito</b>	<i>Descasque em lustrinas</i>
<b>Aspecto</b>	Lustrina a descascar
<b>Causa</b>	1. Peças mal limpas. 2. lustrina muito espessa. 3. cozedura muito rápida depois da aplicação
<b>Soluções sugeridas</b>	1. Limpar com água quente e detergente. 2. aplicar com mais espessura. 3. deixar secar completamente antes da cozedura

*Quadros 39 a 59* - Quadros de defeitos da cerâmica e soluções, retirado de uma publicação técnica da empresa CERAPASTA<sup>28</sup>



## 4 · Evolução do forno

---

A cerâmica pode ser cozida sem forno!

Embora esta declaração ponha em causa a razão deste trabalho, ela é verdadeira.

Tendo mais a ver com a cozedura nos tempos mais remotos da pré-história, ainda hoje é executada pelas mulheres africanas da Tanzânia. E não se julgue que se trata da concepção e cozedura de peças rudimentares. As mulheres ceramistas da Tanzânia executam belíssimas peças com dimensões razoáveis.

Independentemente da evolução, a cozedura tornou-se sempre num momento de ansiedade que termina só com a abertura do forno.

O aparecimento do forno eléctrico, prejudicou em muito, todo o imprevisto, o misticismo e a ansiedade que se provocava à volta da cozedura.

Reduzindo ao mínimo os riscos de acidente, também reduziu ao mínimo toda a felicidade em dominar o fogo.

É evidente que a cozedura a lenha ou a gás é bastante mais difícil de controlar do que a eléctrica. No entanto as possibilidades de se obter uma atmosfera reductora e também oxidante permite criar o verdadeiro trabalho artístico.

Conclua-se desde já que, no campo artístico, só o forno a gás possibilita o desenvolvimento da criatividade. Lamentavelmente,



*Figura 60 - Cozedura ao ar livre no Madagáscar<sup>1</sup>.*

além de ser exagerado do seu custo não pode ser usado sem um local e instalação adequados. Refira-se que estou a falar de fornos comerciais, já que o forno a lenha permite as mesmas atmosferas que o forno a gás e com mais qualidade artística. No entanto não se comercializam fornos a lenha.

Sob o ponto de vista evolutivo, muitos autores consideram os modelos antigos, gregos e romanos, orientais e os modernos como semelhantes. Apenas consideram que a única modificação teve a ver com a introdução de novos combustíveis como o fuel-oil, o gás e finalmente a electricidade.

Sob o ponto de vista formal, a produção em série obrigou à invenção do forno-túnel.

O forno mais primitivo, foi naturalmente a céu aberto, não podendo correctamente ser considerado como tal. O seu funcionamento é demasiadamente elementar. As peças são amontoadas com cuidado umas em cima das outras formando uma espécie de calote. Cobrem-se de seguida com ramos secos de reduzida grossura, sobre a qual se colocam excrementos de animal. Combustível e peças estão juntos, cozendo-se ao ar livre, fora de qualquer tipo de forno. Trata-se de um processo com possibilidades muito limitadas devido, à temperatura pouco elevada conseguida e à falta de uniformidade na cozedura das peças.

Da cozedura ao ar livre, o homem passou para a câmara de cozedura, sendo a mais frequente ao longo dos vários milénios, um forno com a câmara de combustão sobreposta à câmara de cozedura.

Actualmente, os japoneses e chineses, ainda utilizam um tipo de forno designado de “Nobori-gama”, que permite alcançar temperaturas muito elevadas. Este forno é basicamente constituído por uma série de câmaras de cozedura comunicantes, designadas de células, e, escalonadas, através das quais passam os gases de combustão até atingirem a chaminé. Neste tipo de forno, muito utilizado para a porcelana, as peças são colocadas no interior do forno dentro de receptáculos cilíndricos em grés refractário. Utilizando como combustível a madeira de pinho, a madeira que aconselho para fornos a lenha por produzir uma boa combustão e libertação de muitas calorias. Conseguem-se assim maravilhosos esmaltados já que, as cinzas se misturam com o vidro durante o seu ponto de fusão.

Na realidade, qualquer transformação, havida ao longo dos tempos, teve sempre a ver com a necessidade de fabricar em maior quantidade.

## 4.1 • Tipos de Fornos

### 4.1.1 • 1ª classificação industrial

Sob o ponto de vista térmico, a classificação dos fornos é ligeiramente diferente da atribuída à sucessão histórica. Havendo neste último caso uma subdivisão menos rigorosa.

Dado o título do trabalho, irei aceder às duas classificações começando pela primeira.

#### **Fornos Intermitentes:**

A classificação acima referida divide os fornos utilizados na cerâmica moderna em: Intermitentes e de túnel (figura 61).

Os fornos intermitentes também são designados de periódicos e utilizam-se geralmente em ateliers artísticos e pequenas unidades fabris.

As peças são colocadas quando o forno está frio, aquecidas à temperatura máxima desejada, depois de arrefecido são retiradas, voltando a estar preparado para uma nova cozedura. Os mais eficazes são aquecidos a gás com os queimadores distribuídos nas zonas anterior e posterior para uma melhor circulação do ar quente.

No caso dos fornos intermitentes eléctricos, são aquecidos por uma série de resistências eléctricas colocadas lateralmente, na porta e na base. Possuem uma abertura na parte superior, cuja designação não poderá ser de chaminé.

#### 4.1.2 · 1ª classificação industrial dos fornos

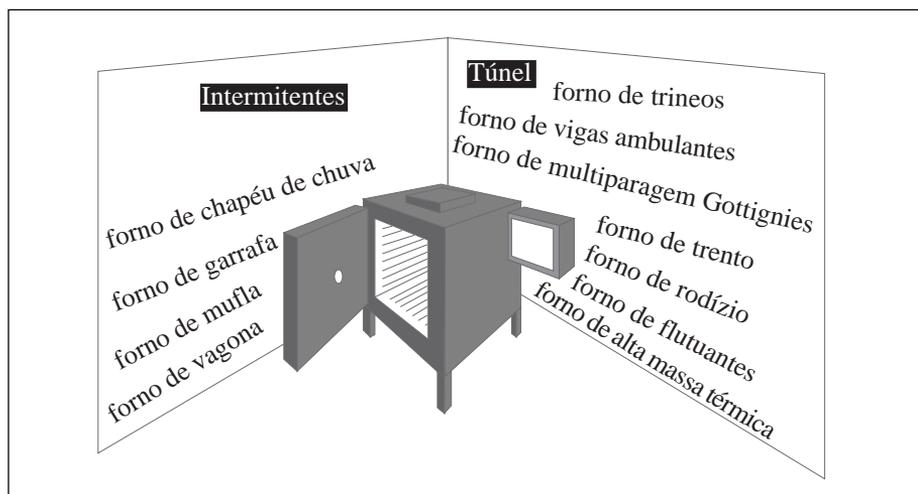


Figura 61 - forno de garrafa

Apesar de praticamente extintos, ainda hoje existem em algumas partes, representando o fim da construção de estruturas para a cozedura com combustíveis sólidos.

Os “Saggars”, recipientes de cerâmica refractária, onde eram colocadas as peças, eram empilhados. Alguns destes fornos chegavam a ter três pisos. Depois de acesos possibilitavam a passagem da chama e gases por entre os “Saggars”, antes de saírem pela chaminé.

A técnica de cozedura nestes fornos, era considerada como uma arte, só possível, por um enforador hábil e experiente. Estando dependente da direcção dos ventos e da temperatura do ar exterior, estes fornos são também designados de atmosféricos.

O trabalho com estes fornos muito sujo e desagradável, associado à sua pouca eficácia, determinaria o seu quase desaparecimento, já que são grandes poluidores do ar. A título de exemplo, na Grã-Bretanha, a cidade de Stoke-on-Trent no período anterior à 2ª guerra mundial, estava permanentemente envolvida numa densa neblina de fumo intransponível.

Ainda hoje na nossa região alentejana, podemos observar este tipo de forno em dimensões reduzidas.

#### **Forno de mufla**

Este tipo de forno foi o substituto do anterior. Trata-se de um forno constituído por um interior refractário designado de “mufla”, dentro do qual são colocadas as peças, fora do contacto directo de chamas e gases de combustão.

A sua utilização terminaria quando se substituiu o carvão pelo gás de cidade, como combustível eleito.

### **Forno de vagona**

Muito utilizado em ateliers e pequenas unidades cerâmicas, possui a base, assente num carrinho que, se desloca geralmente através de dois carris metálicos, para fora do forno. Geralmente é constituído por duas “vagonas”, (designação dos carrinhos).

Falando do seu funcionamento: Enquanto que uma vagona está no interior do forno com as peças a cozer, a outra é carregada no exterior com peças para uma nova cozedura. Terminada a cozedura e com o forno em arrefecimento, perto dos 300°C é retirada a 1ª vagona e introduzida a segunda que se encontrava no exterior em espera, aproveitando-se assim a energia que seria gasta no início da cozedura.

### **Forno de chapéu de chuva**

Trata-se de um forno normal, sem porta, constituído por uma parte fixa, que é a base, e por outra parte móvel, que é o resto do forno, levantado por intermédio de um guindaste. Existem duas bases fixas onde são colocadas as peças para cozer. Após ter terminado uma cozedura, o forno é levantado da base onde está assente e colocado por intermédio do guindaste sobre a outra base em espera. Trata-se de um sistema de poupança de energia semelhante ao anterior.

Fornos de Túnel:

O primeiro forno de túnel foi construído em 1751 por Hellot. Industrialmente começou a ser usado nos anos 20, para baixas temperaturas decorativas (750°C - 800°C).

### **Forno de túnel de alta massa térmica**

Neste tipo de forno, as peças são colocadas sobre carrinhos que se deslocam sobre carris ao longo do túnel. A sua maioria são rectilíneos, havendo também fornos deste tipo com uma arquitectura circular.

Neste tipo de forno a temperatura é constante em qualquer ponto do seu interior, não havendo desaproveitamento de calor, ao repetir o processo, como nos intermitentes.

### **Forno de gottignies**

Para poupar energia, foi concebido este forno de túnel duplo com os carros transportadores a deslocarem-se em direcções opostas.

### **Forno de trento**

Para serem evitadas as quebras constantes das placas refractárias (onde são assentes as peças nos transportadores), foi concebido este forno. São semelhantes a este forno, os de rodízio, de trineo, de vigas ambulantes e flutuantes.

Vários factores influem na opção de um forno intermitente ou na de túnel.

Analisando as vantagens e desvantagens, o forno de túnel é o que possibilita uma maior poupança de energia, menor manutenção, melhor qualidade dos objectos fabricados e possibilitando também a cozedura de qualquer tipo de peças. O forno intermitente, permite no

entanto uma maior flexibilidade, menos ocupação do espaço no local, menor investimento e uma maior aceitação social.

### 4.1.3 · 2ª classificação industrial

#### 4.1.3.1 · 2ª classificação industrial dos fornos

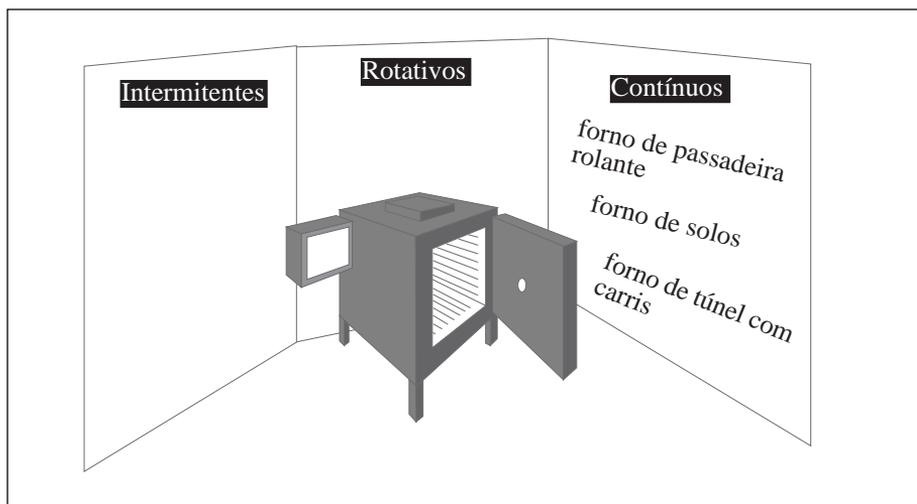


Figura 62 -

Uma outra classificação dos fornos modernos, é seguidamente exposta:

Independentemente da classificação, a cerâmica moderna, teve uma evolução permanente que seria iniciada com o desaparecimento do forno de garrafa.

A opção virou-se como é evidente, para os baixos custos de funcionamento, combustível e menor mão de obra necessária: os fornos de túnel.

Por terem um investimento inicial em termos de custo muito grande, não acessível a pequenas empresas, foram preferidos pelos intermitentes. Esta opção provocaria uma maior investigação térmica neste último tipo de fornos por parte dos fabricantes.

Estas melhorias iniciadas em França, permitiria um maior aperfeiçoamento dos fornos intermitentes ao nível da poupança de energia, melhor uniformidade da temperatura e cozedura mais rápida. Tudo isto foi devido à utilização da fibra cerâmica como revestimento interior, melhor qualidade dos queimadores e dos reguladores electrónicos de temperatura.

#### 4.1.3.2 · Classificação pelo combustível

Esta é a penúltima classificação de fornos cerâmicos. Não tendo por base qualquer perspectiva de ordenação industrial, apenas faz uma distinção através do combustível escolhido (figura 73).

Na realidade, é o tipo de combustível utilizado quem vai determinar a forma do forno, respectiva capacidade e possibilidades.

Parece-me a classificação mais real, relativamente ao fenómeno da cozedura, por coincidir ao mesmo tempo com uma possível evolução histórica.

#### Forno a Lenha

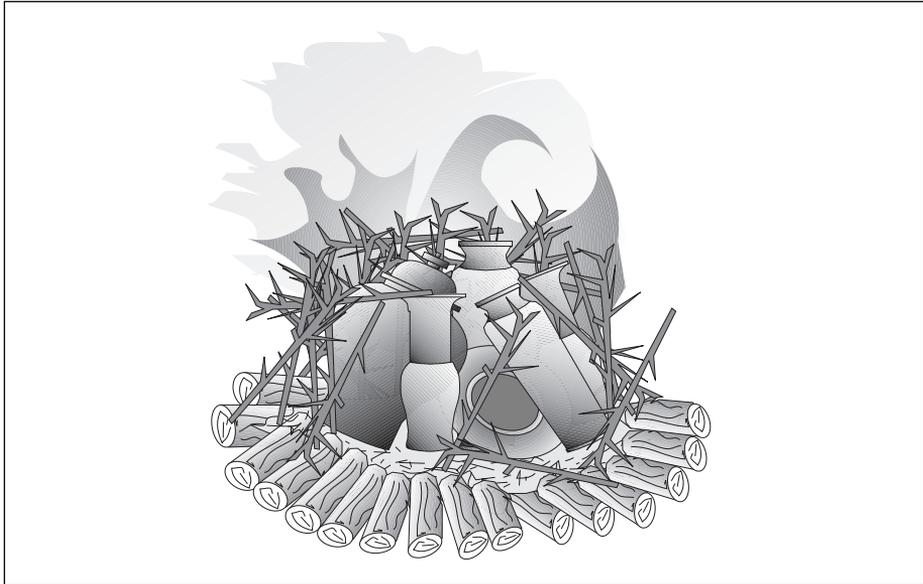


Figura 63 - Fogueira ao ar livre.

A lenha foi o primeiro combustível utilizado pelo homem, tendo grandes vantagens sobre os outros combustíveis fósseis (carvão e petróleo), já que não polui e permite altas temperaturas.

Existem grandes diferenças de eficácia na produção de energia entre os vários tipos de madeiras utilizadas, já que, enquanto umas queimam lentamente outras ardem com rapidez produzindo uma maior quantidade de calor.

A qualidade dos vidrados é muito realçada nos fornos a lenha, já que se obtêm formas com suavidade e madurez melhores, contributo que é dado pelos gases libertos da combustão e pela composição da lenha.

A cinza da madeira ao combinar-se com o vidrado ou a pasta, embora não vidre, produz um rico colorido.

Trata-se como já foi referido, da primeira forma que o homem encontrou para a cozedura das suas primeiras peças. Não se tratando de um forno por que as peças não são aquecidas num espaço fechado, é apenas uma simples fogueira, método que será posteriormente descrito quando da abordagem aos fornos ibéricos. Este tipo de cozedura ainda hoje é utilizada pelas mulheres ceramistas da Tanzânia e de Marrocos (figura 63).

Este sistema elementar, consiste em colocar numa 1ª fase as peças sem vidro, sobre uma cama de lenha miúda. Posteriormente cobertas com mais lenha e pequenos ramos. Muitas vezes os vasos para cozer são previamente aquecidos queimando-se folhas secas no seu interior.

### **Forno de fogueira coberta**

Este foi o segundo processo de cozedura inventado pelo homem e utilizado até ao início da civilização da Antiguidade Oriental (figura 64).



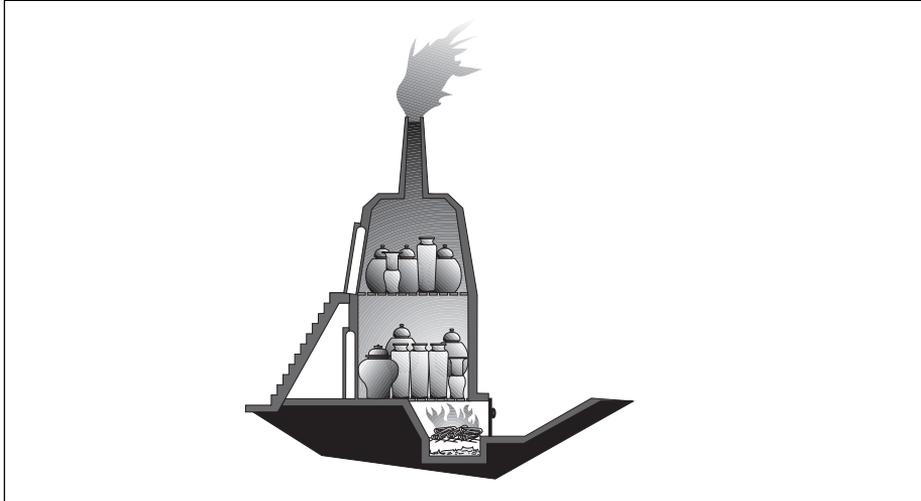
*Figura 64 - Forno de fogueira coberta.*

Tal como no anterior, os vasos são colocados sobre uma cama de pequenos ramos secos. As peças são então cobertas com ramos idênticos aos anteriores. Este volume é então coberto com barro misturado com folhas secas e pequenos ramos, tendo o cuidado de se deixar uma pequena abertura na parte superior por onde são atiradas brasas acesas que pegarão fogo à lenha. Numa cozedura deste tipo é possível atingir temperaturas na ordem dos 900°C.

### **Forno de garrafa**

Até ao aparecimento dos combustíveis a gás e electricidade, foi o forno mais utilizado desde a Antiguidade Oriental até ao século

XIX. Este forno tendo geralmente mais de um piso, possibilitava uma dupla utilidade: o primeiro piso era utilizado para a cozedura do vidro sendo o seguinte(s) para a chacota (figura 65).



*Figura 65 - Forno de garrafa.*

A cozedura da chacota tinha de ser no segundo piso por que a libertação dos gases provocada pela combustão da matéria orgânica da pasta afectaria o vidro.

No caso da cozedura da porcelana, neste tipo de forno, existe sempre um terceiro piso para o pré-aquecimento das “gazetas”. As gazetas como já foi referido, são os vasilhames em barro refractário onde se introduzem as peças em porcelana, evitando-se assim a alteração da sua cor devido aos gases da combustão.

Neste tipo de forno a lenha, também muito utilizado com carvão vegetal, a combustão é feita numa câmara inferior ou lateral, como no exemplo. As chamas ascendem até ao topo, penetrando de câmara para câmara.

Observam-se dois pisos neste tipo de forno com aplicações diferentes. No piso superior são colocadas as peças para a cozedura, enquanto que no piso inferior colocam-se as peças para vidrar. Deste modo, os gases da combustão das peças a chacotar (colocadas no piso superior), não atingirão o vidro, alterando a sua tonalidade e sujando-o.

#### **Forno de garrafa invertido**

Com os mesmos princípios e de construção semelhante ao anterior, as chamas ascendem desde a zona da câmara de combustão até à parte superior do forno, descendo de seguida até ao solo e escapando pela chaminé (figura 66).

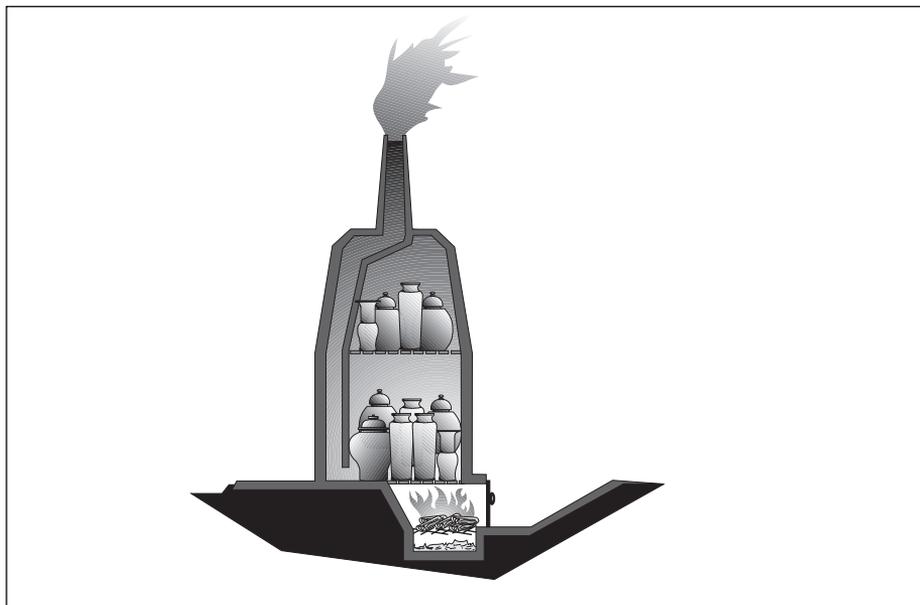


Figura 66 - Forno de garrafa invertida.

### Forno talude oriental

Este tipo de forno é caracteristicamente oriental e serve quase só para a cozedura da porcelana (figura 67). Ainda hoje é muito utilizado, possibilitando temperaturas superiores a 1.300°C.

A fogueira é executada na câmara de combustão, passando as chamas horizontalmente entre as peças amontoadas até à chaminé.

Geralmente executados nas encostas das montanhas japonesas, acesos durante a noite, permitem observar as chamas a sair pela chaminé, parecendo bocas de dragões a cuspir fogo<sup>2</sup>.

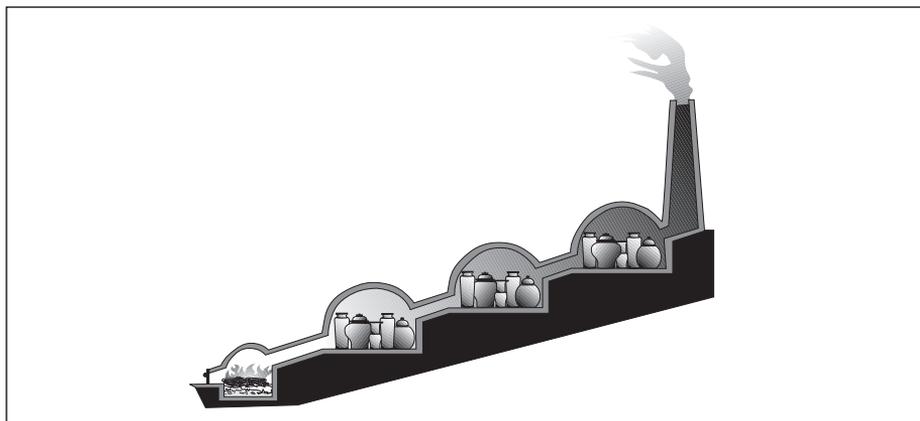


Figura 67 - Forno de talude oriental.

### Forno de cassel

Este tipo de forno horizontal, tal como o anterior, tem a câmara de combustão mais baixa do que a de cozedura, existindo no entanto uma separação entre as duas câmaras que impede as cinzas e possíveis impurezas de entrarem em contacto com as peças (figura 68).

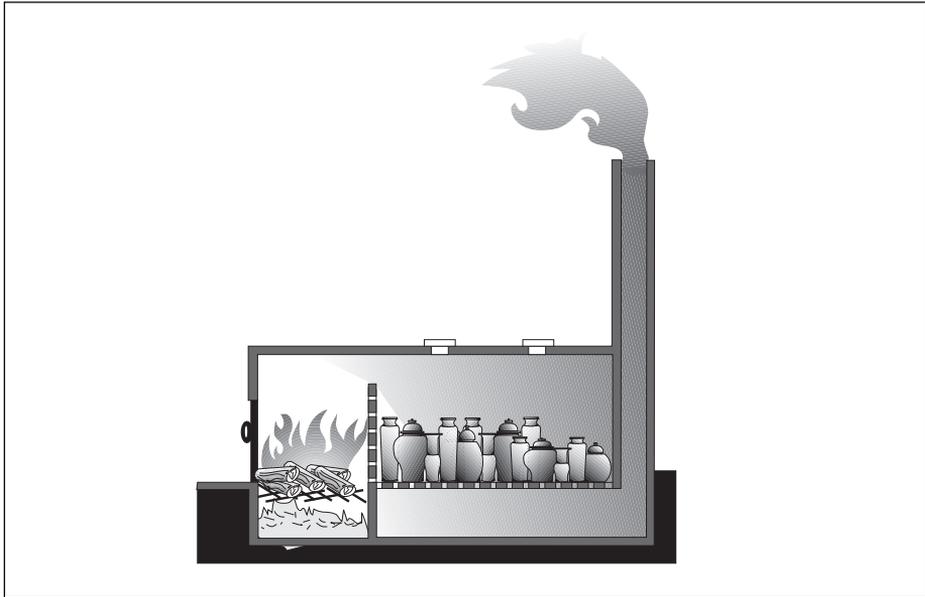


Figura 68 - Forno de cassel.

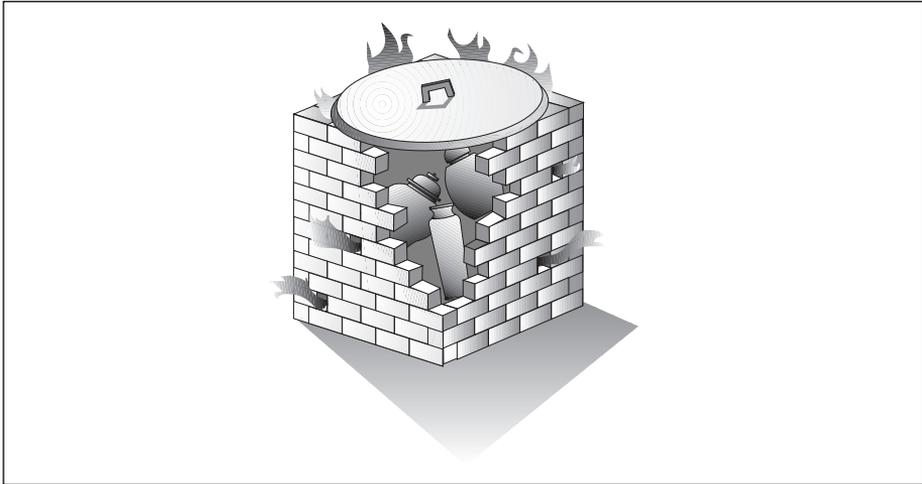
Uma vantagem deste tipo de forno resulta da possibilidade de uma maior homogeneidade na distribuição do calor<sup>3</sup>. As chamas fazem portanto, um percurso horizontal desde a câmara de combustão e passando por entre as peças. Neste tipo de forno pode-se também utilizar como combustível o carvão vegetal.

### Forno de serrim

Trata-se de um forno de concepção simples e moderna. Este último forno a lenha pode facilmente ser executado sendo geralmente utilizado, a título de experiência de descoberta nas escolas (figura 69).

Trata-se de uma estrutura cúbica com paredes em ladrilhos refractários, não cimentada e com uma tampa metálica. Neste tipo de forno as ranhuras entre os ladrilhos refractários são muito importantes para uma melhor combustão.

As peças são colocadas no seu interior e envolvidas em serrim. Aceso na parte superior, tem uma cozedura muito lenta, podendo durar até 24 horas, altura em que o serrim está completamente queimado<sup>4</sup>.



*Figura 69 - Forno de serrim.*

### **Forno de combustível sólido**

Há quem considere, na classificação destes fornos, os de combustão com serrim. No entanto, combustíveis sólidos serão o coque, o carvão, o carvão vegetal e a turfa.

Todos eles muito poluidores, estão quase por completo em desuso. No entanto no século passado, conforme já referi, na cidade de Stoke-on-Trent existiam inúmeros fornos de combustão sólida<sup>5</sup>.

Qualquer forno a lenha, mencionado anteriormente pode utilizar um destes combustíveis sólidos mencionados.

O carvão é desaconselhado por causa de problemas vários, entre os quais a formação de espuma seca na superfície da chacota e do vidrado, devido ao enxofre que liberta.

O serrim e a turfa, devido à grande lentidão quando ardem, são limitadores de temperaturas altas, embora artisticamente possam produzir alguns efeitos oxidantes, redutores e carbonizados. No caso do emprego da terracota, permitem um vermelho acetinado.

Também é possível utilizar esterco de vaca ou de burro como combustível. Este processo ainda hoje se pode observar em Marrocos na cozedura de peças ao ar livre.

No que respeita ao carvão vegetal, o seu preço proibitivo, impede que seja uma opção válida.

### **Forno de petróleo**

Muito pouco utilizados, são também fornos muito poluentes.

Pode-se utilizar desde o petróleo cru, ao óleo de automóvel, passando pelo de Kerosene. É evidente que outros produtos voláteis poderiam ser aqui designados como a Aguarrás, etc.

O funcionamento destes fornos baseia-se no ministro de combustível líquido gota a gota, pulverizado por uma boca de ar à pressão.



*Figura 70 - Forno de mufla.*

O combustível misturado com o ar produz chamas muito intensas e prolongadas. Por produzirem fumos intensos e negros, poderiam afectar as peças, pelo que devem estar completamente isoladas.

Este forno também se utiliza com gás como combustível (figura 70).

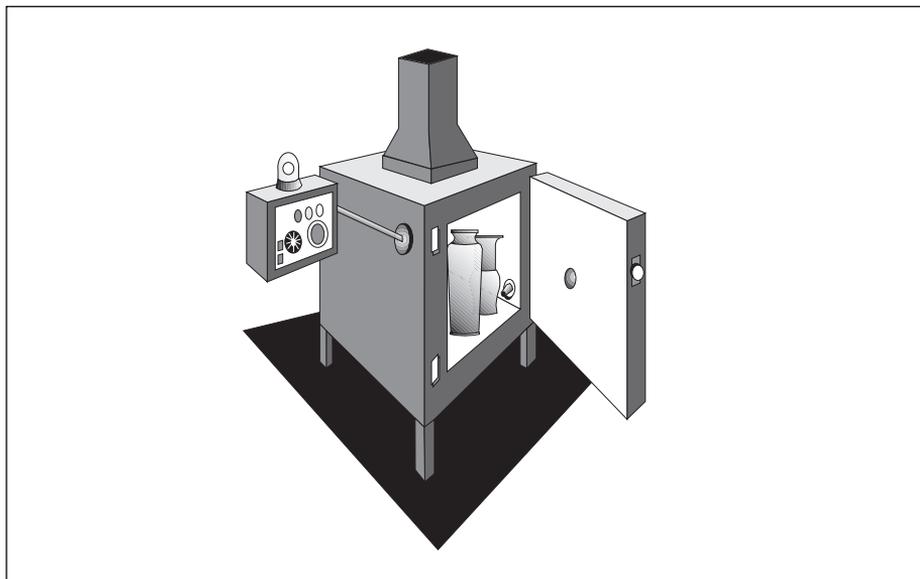
Trata-se de um forno em que as peças não entram em contacto directo com as chamas e fumos de combustível.

As peças estão encerradas numa câmara fechada no interior do forno, cujas chamas andam à sua volta.

O seu aspecto poluidor, tem feito com que as autoridades proibam a sua utilização, principalmente nos meios urbanos.

### **Forno a gás**

Tanto os fornos a gás como os eléctricos, são os mais utilizados hoje em dia. Deve-se esta opção, fundamentalmente ao seu aspecto prático e de facilidade de funcionamento.



*Figura 71 - Forno a gás.*

Além de suprimirem o efeito de uma chaminé poluente, a sua construção é menos volumosa.

O aspecto ligado à comercialização também é muito importante, já que estes fornos (a gás e eléctricos) são os únicos fabricados em série, podendo adquirir-se em qualquer casa da especialidade.

Hoje em dia estes fornos comercializados têm um isolamento em fibra cerâmica, o que os torna extremamente leves e perfeitamente isolados (figura 71).

Os fornos a gás podem ser alimentados por botijas de butano ou propano ou por intermédio do designado “gás de cidade”.

O uso do gás em botija permitiu o aparecimento de fornos portáteis de cozedura rápida e revestidos a fibra dentro de uma estrutura metálica. Como já foi referido, os fornos a gás permitem qualquer tipo de cozedura.

O acesso ao gás de cidade, permite a utilização de fornos a gás, de maior dimensão, no interior de qualquer espaço limitado. Contudo o espaço não deverá ser completamente ocupado já que um bom arejamento é importante devido a possíveis acumulação de gás não queimado.

A principal vantagem de um forno a gás comercializado, reside na facilidade de controle de temperatura, aumentando ou diminuindo a entrada de combustível. Outra vantagem é a situação dos seus queimadores que não atingem directamente as peças com a respectiva chama.

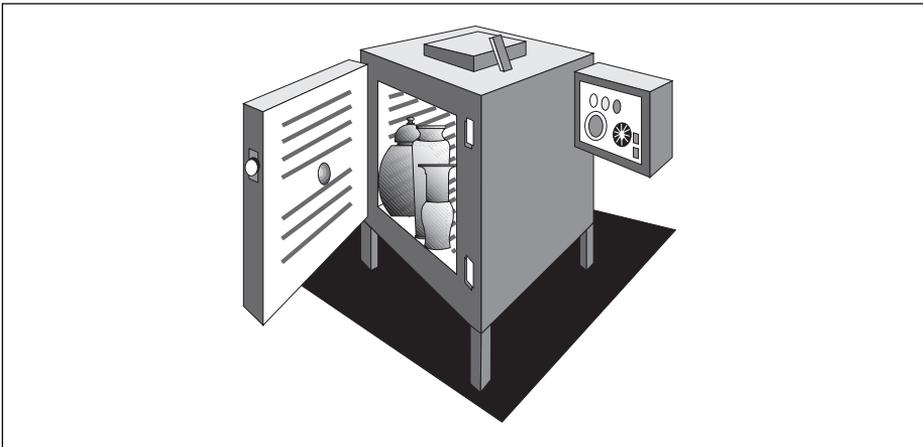
## Forno eléctrico

O forno eléctrico, como tenho vindo a referir, limita-se à cozedura numa atmosfera oxidante. Embora seja possível uma atmosfera redutora, é desaconselhada porque irá corroer prematuramente as resistências eléctricas (figura 72).

A sua maior vantagem reside no aspecto da segurança de utilização e de produzir uma combustão limpa, associado tudo isto a um fácil manuseamento, torna-o como a melhor opção para o principiante. Por outro lado é fácil a sua instalação e acessível a qualquer zona habitável, desde que as suas dimensões passem na porta.

Geralmente em fibra cerâmica e ladrilhos refractários, está revestido exteriormente em chapa metálica, numa armação em cantoneira. Os ladrilhos refractários sustêm no interior do forno as resistências eléctricas que se situam geralmente (num forno de médias dimensões) na base, lados e porta. As resistências de um forno eléctrico não resistem a temperaturas superiores a 1.300°C.

A cozedura da porcelana é prejudicada porque fica com uma tonalidade acinzentada.



*Figura 72 - Forno eléctrico.*

### 4.1.3.3 · Classificação na base da tiragem

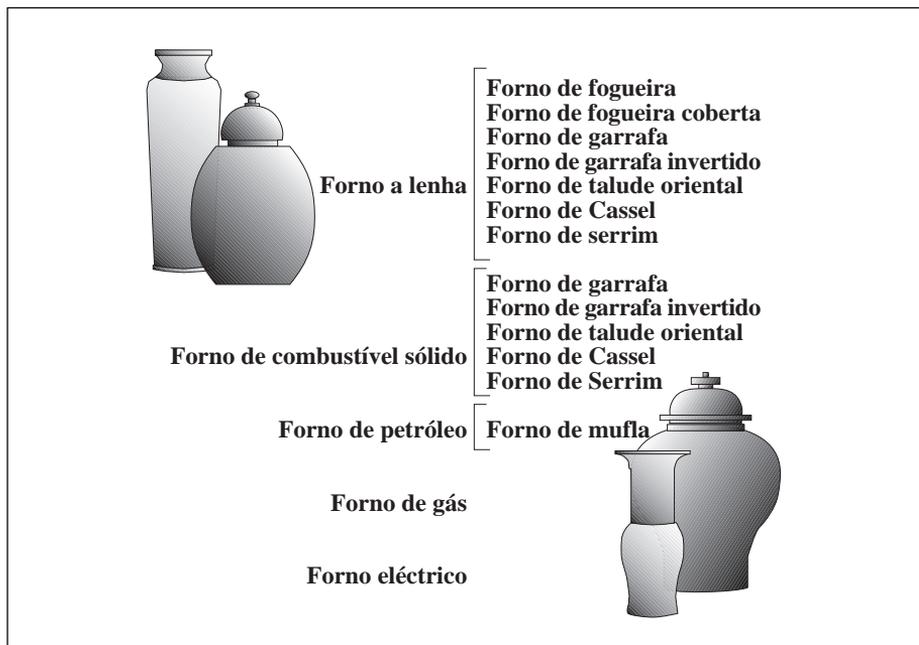


figura 73 - Classificação dos fornos na base do combustível

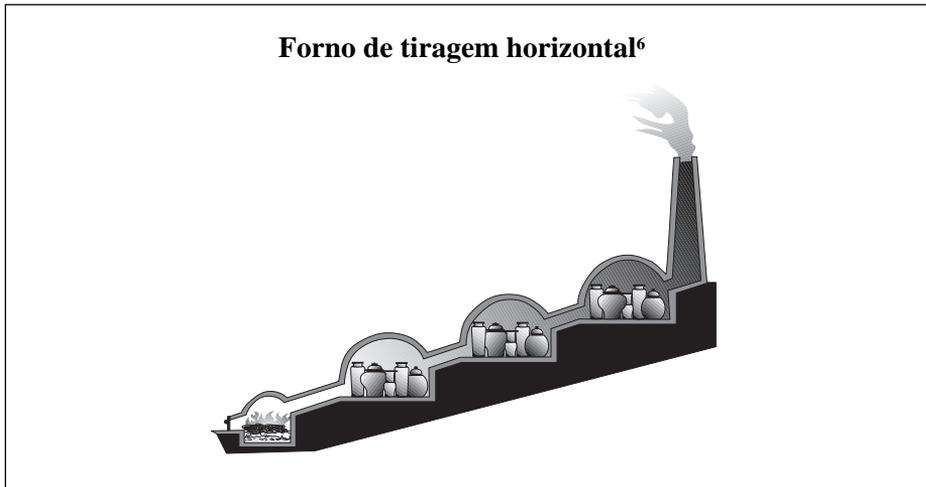
Também se podem dividir os fornos segundo o tipo de tiragem. Os casos referidos já foram apresentados na classificação anterior.



Figura 74 - Trata-se do tipo já designado como forno de fogueira coberta e de garrafa, apresentado na classificação anterior.



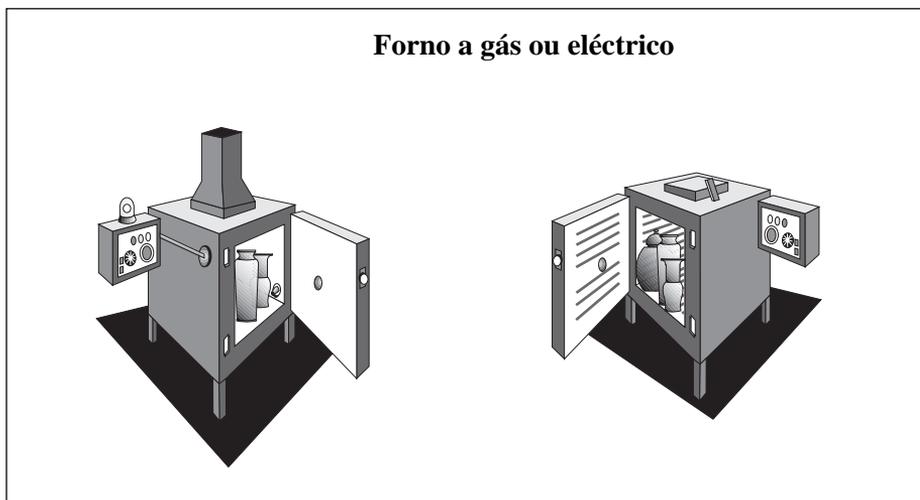
*Figura 75 - O exemplo do forno de garrafa, apresentado na classificação anterior.*



*Figura 76 - É o caso do forno “talude” oriental, apresentado na classificação anterior.*



*Figura 77 - Apresentado na classificação anterior com tiragem ascendente.*



*Figura 78 - Apresentados na classificação anterior com tiragem ascendente.*

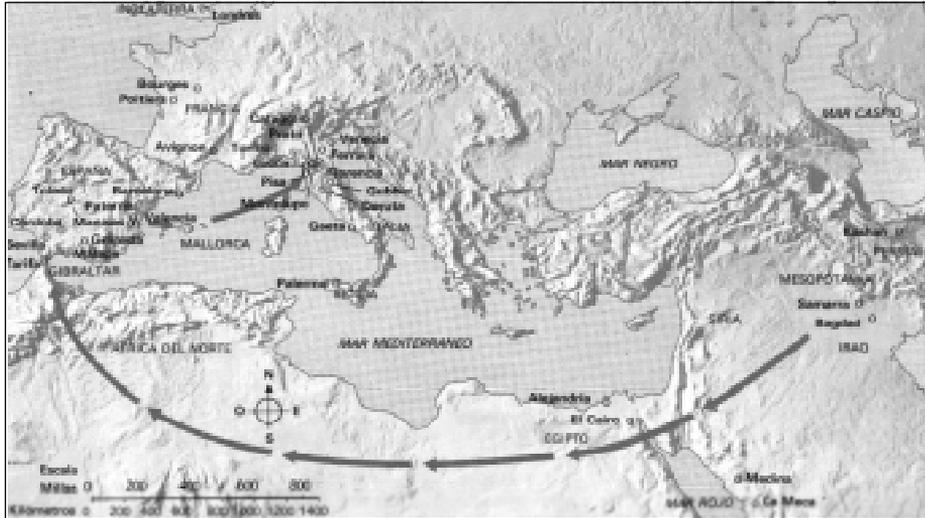


Figura 79 - Mapa da expansão da cerâmica desde a Mesopotâmia pelo Norte de África, Espanha e posteriormente Itália<sup>7</sup>.

#### 4.2 · Fornos peninsulares <sup>8</sup>



Figura 80 - Forno cilíndrico de tiragem vertical ainda hoje em utilização em Moveros, Alcañices, Zamora.

#### 4.2.1 • Resenha histórica

Os primeiros vestígios cerâmicos da península ibérica foram encontrados em Verdelpino - Cuenca - Espanha e datam de há 6.000 a.C. (figura 81)

Contudo só de há 5.000 a.C. foram encontrados os primeiros vasos produzidos no neolítico. Deste período existem dois tipos de cerâmica: A “cerâmica cardial”, denominação devido à sua decoração produzida com incisões de conchas “*cardium edule*” antes da cozedura e a “cerâmica almagra”, que era revestida exterior e interiormente por um engobe vermelho<sup>10</sup>.

Os primeiros vestígios cerâmicos da península ibérica foram encontrados em Verdelpino - Cuenca - Espanha e datam de há 6.000 a.C. (figura 81)

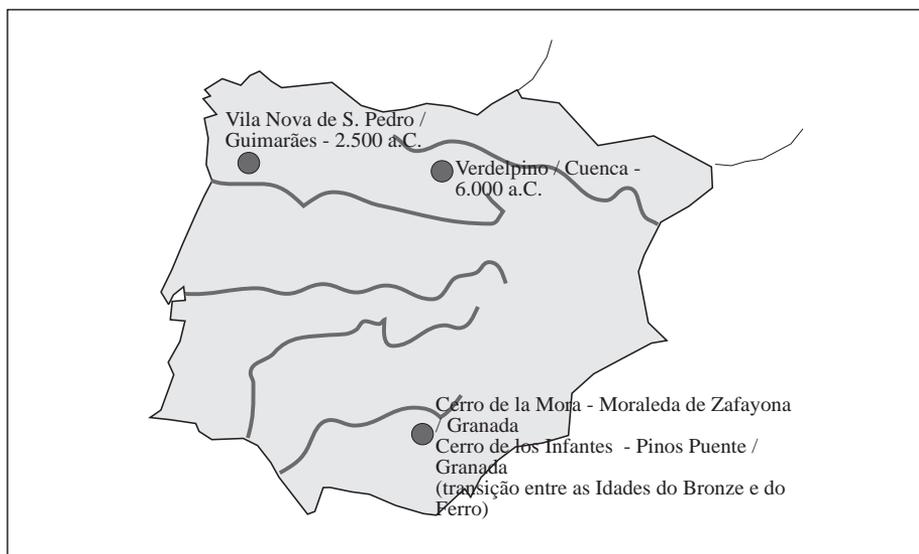


Figura 81 - Fornos peninsulares da pré-história<sup>9</sup>

Os mais recentes estudos relativos à descoberta de oficinas cerâmicas da Pré-História e Proto-história ibéricas, não deram possibilidade de referência a uma actividade organizada por zonas específicas<sup>11</sup>.

São portanto poucos os indícios encontrados quanto à existência de fornos na península, até ao período Calcolítico (2.500 a.C.)

É deste período que se pode datar o primeiro forno cerâmico encontrado na península ibérica, em Vila Nova de S. Pedro - Guimarães<sup>12</sup>. Trata-se de um forno a lenha de tiragem vertical, talvez de dupla câmara (câmara de cozedura sobreposta à câmara de combustão) com a parte superior na forma de abóbada.

O período de 3.500 a.C. situado portanto, entre Verdelpino e Vila Nova de S. Pedro, fica por estudar por falta de elementos.

Do período posterior ao forno de Vila Nova de S. Pedro, já existem vários achados que demonstram a existência de um tipo de indústria rudimentar.

A idade do bronze, através das culturas do interior da península descobertas, identificadas pelos historiadores com a designação de “Bronze da Meseta”, possibilitaram o aparecimento de uma maior quantidade de vestígios. São dessa época as oficinas de Cerro de la Mora (Moraleda de Zafayona - Granada) e de Cerro dos Infantes (Pino Puente - Granada), onde pela primeira vez se observa mais do que uma técnica cerâmica e a utilização do torno.

O avanço verdadeiro como indústria estável remonta aos primeiros tempos de ocupação romana na península ( séculos IV e III a.C.), existindo uma densidade notável na vertente setentrional do Douro, na parte alta do Ebro e nos cursos do Tejo e Sado.

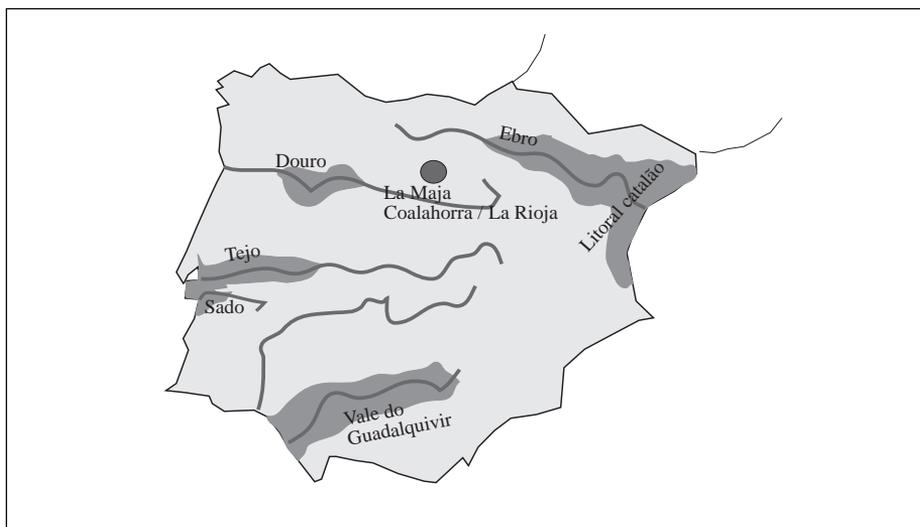


Figura 82 - Fornos peninsulares do período de ocupação romana<sup>13</sup>

Neste tipo de indústrias, concentradas nos locais indicados pelo mapa, produziram-se fundamentalmente ânforas e materiais de construção (ladrilhos). Os objectos encontrados revelam uma óptima qualidade de acabamento, o que demonstra terem sido executados por hábeis ceramistas, conhecedores da técnica de preparação das argilas e da respectiva cozedura<sup>14</sup>.

As ânforas foram os principais vasos executados, já que na época representavam os vasilhames próprios para guardar e transportar o azeite, vinho, peixe salgado, etc. Os ladrilhos eram empregues na construção civil da época do Império Romano<sup>15</sup>.

O centro ceramista mais especializado encontra-se em La Maja/Calahorra na região espanhola de La Rioja, onde foram encontradas peças pintadas com engobes e de paredes finas (figura 82)<sup>16</sup>.

As formas existentes até ao fim do Império Romano, foram executadas em materiais pouco nobres e pouco resistentes, pelo que os vestígios até ao momento encontrados são escassos.

O tipo de forno utilizado na época, é o de tiragem vertical com chama livre, descontínuo, de dupla câmara para separar os produtos cerâmicos da área de combustão.

Dos fornos encontrados, a câmara de cozedura é a que se encontra mais deteriorada pelo tempo, devendo-se também à pobreza dos materiais empregues na sua construção. Na maioria dos fornos, a câmara de combustão encontra-se enterrada para ser evitada a perda de calor e dar uma maior resistência à estrutura. As paredes são revestidas de barro e executadas em adobes crus, secos ao sol<sup>17</sup>.

### 4.3 • Forno peninsular de tiragem ascendente

Para o efeito deste estudo, optou-se pelo forno de Alcalá del Júcar<sup>18</sup>.

Até ao 1º milénio a.C. o torno era desconhecido na Península Ibérica, conhecimento que seria introduzido pelos fenícios.

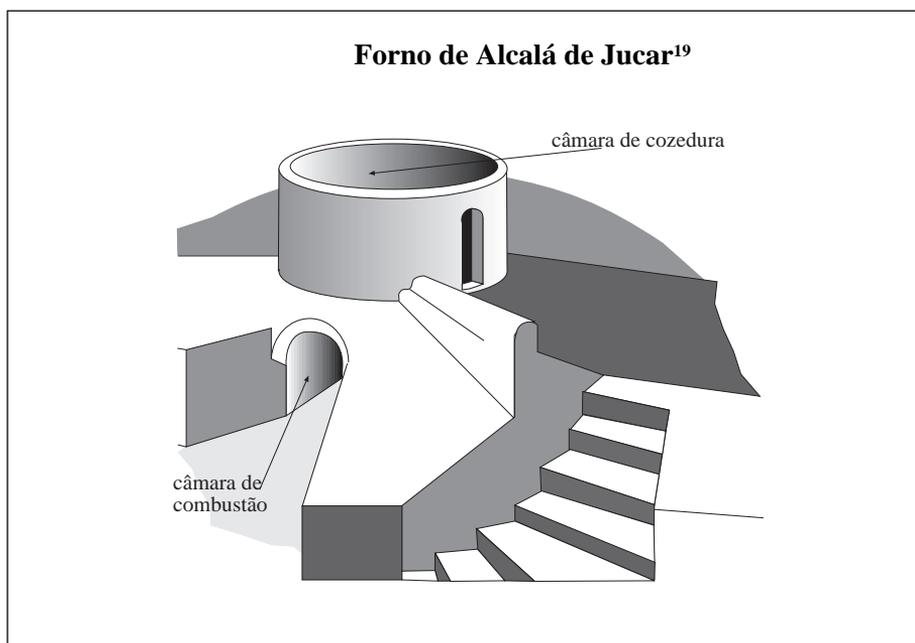


Figura 83 - Proposta de reconstrução por Jaime Coll Conesa.

Os fornos descobertos têm como característica comum, serem circulares e com a câmara de combustão enterrada no subsolo. Nesta câmara de combustão possuem um pilar central para sustentar a placa horizontal separadora da câmara de cozedura.

Esta característica é também comum ao forno que se irá estudar (Alcalá del Júcar), por ter sido até ao momento o encontrado em melhores condições. Ao redor desta descoberta, encontram-se vestígios de outros fornos, o que determina a existência de uma indústria florescente. Neste forno de estrutura cilíndrica foram encontradas figuras vermelhas, urnas e ânforas grandes.

De estrutura cilíndrica e dupla câmara, sendo a inferior de combustão e a superior de cozedura, estão separadas por uma placa perfurada sustentada por um pilar central.

A câmara de combustão circular tem aproximadamente 300 cm de diâmetro por 180 cm de altura, sendo escavada na terra. O pilar central tem uma secção de 160 x 70 cm, tendo sido construído em adobes. As paredes da câmara de combustão têm uma grossura de 50 cm, inclinando-se ligeiramente para o interior à medida que se aproximam da placa separadora, formando uma espécie de abóbada.

As paredes da câmara de combustão estão revestidas de uma camada de argila com 25 cm de grossura. A placa separadora entre as duas câmaras tem 53 furos concêntricos, para permitir a passagem dos gases de combustão.

A câmara de cozedura (situada sobre a câmara de combustão), tem uma parede feita em adobes com 36 cm de grossura e revestidos interiormente com uma camada de argila com 8 cm.

A câmara de cozedura, sendo circular, tem um diâmetro interior de aproximadamente 285 cm. A altura da câmara de cozedura julga-se ser de 70 cm, já que não existe nenhum achado que permita identificar o tipo de cobertura.

Se para alguns, a existência de uma porta na câmara de cozedura é a prova da existência de uma abóbada, hoje já destruída pelo tempo, os muros com apenas 36 cm de grossura são um argumento válido para a não existência de uma abóbada, já que nunca poderiam suportar tal peso.

A tese mais viável tem a ver com uma cobertura feita com bocados de vasos partidos depois de carregado o forno. Este processo, como se verá de seguida, ainda hoje é utilizado no nosso Alentejo.

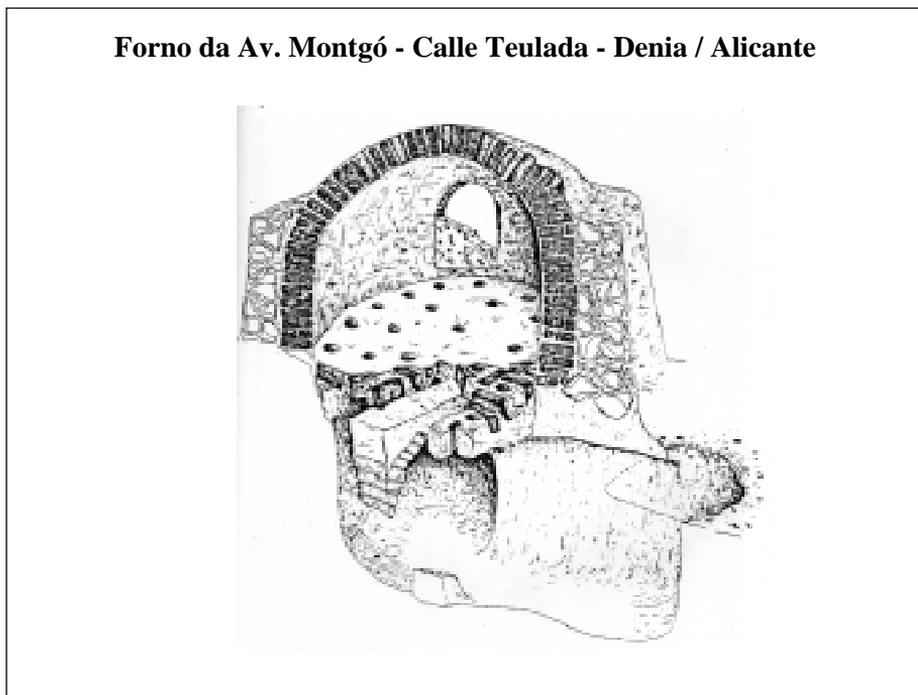
#### **4.4 • Forno peninsular islâmico de tiragem directa**

Abordado que foi o forno existente até à queda do Império Romano, apresento de seguida o forno utilizado durante a ocupação árabe da península.

Conforme se observa na figura, é um forno de tiragem directa, processo igual ao anterior, embora de menores dimensões.

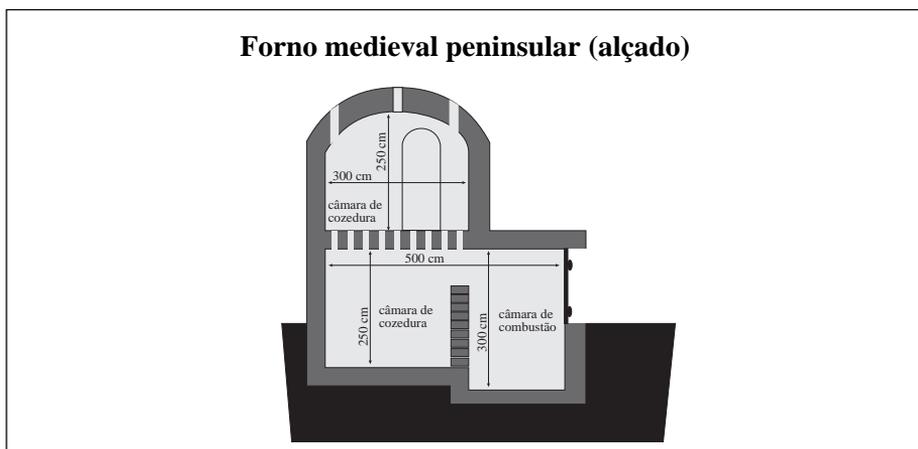
Possui uma planta ligeiramente oval sendo a sua câmara de

combustão também enterrada no solo. A câmara de cozedura é também oval e executada com adobes de argila e pedra, revestidos com uma cobertura espessa de argila<sup>20</sup>.



*Figura 84 - Proposta de reconstrução por Josep A. Gisbert*

#### 4.5 · Forno medieval peninsular



*Figura 85 - Proposta de reconstrução por Mercedes Mesquida García*

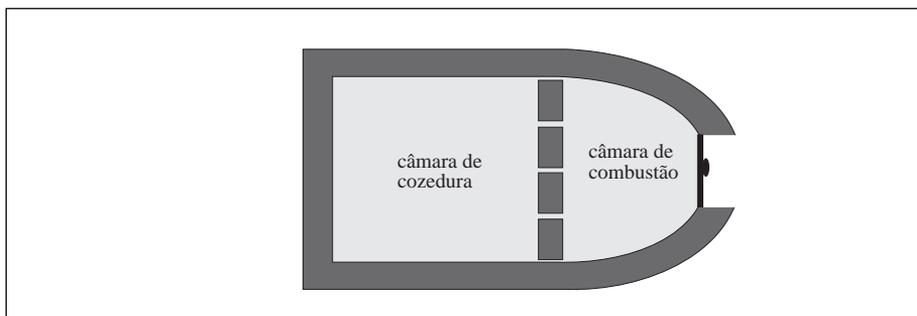


Figura 86 - Forno medieval peninsular (planta)

O forno característico desta época peninsular estudado, pertence ao século XIV, tendo sido encontrado em Testar del Moli<sup>21</sup>.

Este forno foi construído com adobes de argila e barro líquido. Possui duas câmaras de cozedura sobrepostas, situando-se a câmara de combustão ao lado da câmara de cozedura inferior.

Na sua planta, a zona reservada às duas câmaras de cozedura têm uma forma quadrangular, enquanto que a câmara de combustão é oval.

Sendo constituído por duas câmaras de cozedura, a primeira está quase enterrada no solo, excepto a altura que corresponde à altura da sua abertura que é de 100 cm. Esta câmara de cozedura de forma quadrangular, está ligada lateralmente à câmara de combustão que possui uma forma oval. Intimamente ligadas estas duas câmaras na parte inferior e enterradas na terra exceptuando-se 100 cm, tinha uma forma curiosa de enchimento.

Após o enchimento desta câmara de cozedura inferior, esta zona era separada da câmara de combustão através de uma parede não fixa que se construía e desmanchava, feita em adobes de argila. Como se depreende, evitava-se assim o contacto directo das chamas com as peças a cozer. Naturalmente que esta parede móvel tinha aberturas na parte superior e a várias alturas<sup>22</sup>.

Em cima da câmara de cozedura semi-enterrada estava situada a outra câmara de cozedura e separada da primeira através de uma placa furada 25 vezes.

Este forno de Testar de Moli, combina portanto processo de cozedura com tiragens lateral e ascendente. O calor das chamas atingia as peças colocadas lateralmente na 1ª câmara de cozedura, ao passar pela parede separadora móvel, passando de seguida para a câmara de cozedura superior através dos 25 buracos da placa separadora. O calor depois de alcançar e passar pela 2ª câmara de cozedura, saía através de pequenas aberturas situadas na abóbada do forno.

## 4.6 • Forno garrafa alentejano

Não se julgue que estes fornos foram à muito postos de parte. Ainda hoje e em diversos pontos da península ibérica são utilizados, como é o caso da nossa região alentejana.

Este forno de tiragem ascendente possui uma concepção semelhante ao de Alcalá del Júcar, já aqui estudado e pertencente ao 1º milénio a.C.

Por incrível que pareça, ainda hoje é utilizado na cerâmica produzida artesanalmente, o que demonstra a sua eficácia.

Execução e funcionamento:

Depois de ser cavado uma abertura rectangular no solo, são levantadas as paredes laterais em tijolos refractários unidos entre si com uma argamassa de características refractárias.

A altura mínima para a câmara de combustão está entre os valores de 50 e 60 cm. Com forma quadrangular este forno tem uma secção interna de aproximadamente 80 cm, igual para as duas câmaras. A altura da câmara de cozedura é geralmente de 150 cm.

A base da câmara de combustão também é revestida em tijolo refractário. Entre as câmaras de combustão e de cozedura existe uma placa formada por ladrilhos refractários perfurados.

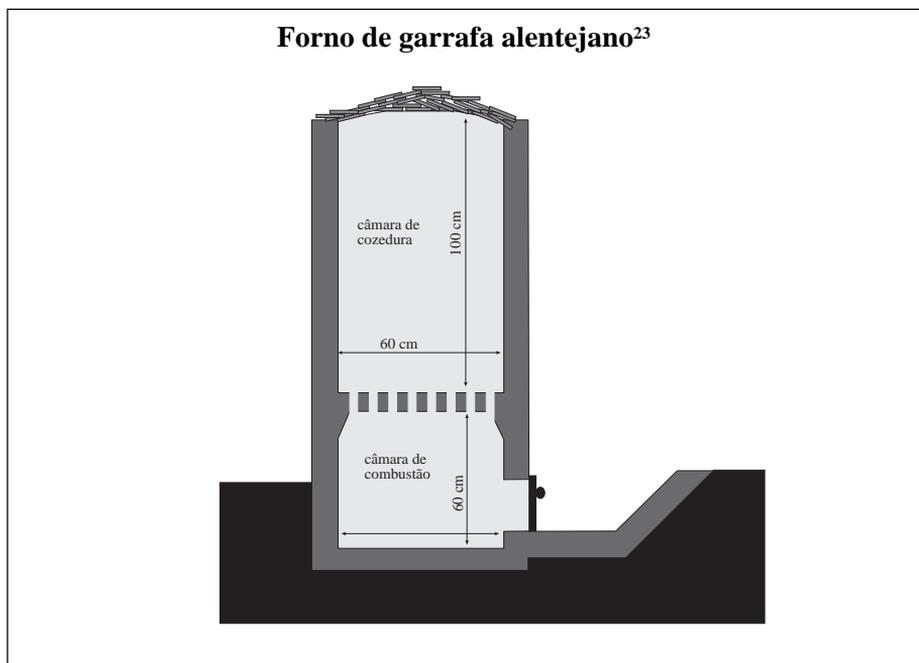


Figura 87

Após o enchimento da câmara de cozedura com as peças, o forno é coberto com várias camadas de telhas partidas. A cozedura neste tipo de forno é muito lenta no início e demora várias horas, não conseguindo atingir mais de 1.000°C.

A medição é feita visualmente através de um orifício na sua base por onde se pode observar a cor do interior do forno, traduzida em graus centígrados.

## 4.7 · Fornos do Norte de África

Este estudo refere-se aos fornos existentes em Marrocos, ainda em pleno estado de laboração.

A abordagem histórica e tecnológica aos fornos cerâmicos termina com uma análise a um estudo feito entre 1980 e 1987 pelo enólogo alemão Rüdiger Vossler.

A importância deste estudo reside no facto de ajudar a compreender a evolução do forno neste local próximo da península ibérica. Por outro lado, permite também compreender os processos de cozedura mais remotos, executados pelo homem, já que permanecem com a técnica de construção e utilização.

A primeira referência, tem a ver com a entrega desta actividade às mulheres, que no presente estudo pertencem às aldeias de Ifram Ali e de Slit, ambas situadas em Rif<sup>24</sup>.

Existem fundamentalmente três processos de cozedura, ainda hoje em plena actividade<sup>25</sup>.

O primeiro tipo de cozedura é realizado ao ar livre, a forma mais antiga utilizada pelo homem. A cozedura é executada num local perfeitamente plano, muitas vezes limitado por um círculo de pedras, sendo o diâmetro do círculo aumentado ou reduzido conforme o número de peças a cozer.

O segundo tipo de cozedura em pouco difere do primeiro, sendo executado num pequeno buraco aberto na terra que tem de profundidade entre os 25 cm e os 100 cm.

A terceira forma de cozedura é executada já em fornos, cujo princípio de funcionamento e concepção é semelhante ao ibérico.

Tal como no forno ibérico, a tiragem é ascendente, embora haja exemplares com duas câmaras sobrepostas, semelhante ao utilizado no Alentejo.

Nestes fornos marroquinos possuem paredes executadas em pedra havendo para separar as câmaras de cozedura e de combustão, uma grelha de ferro, sustentada na sua parte central por uma coluna de tijolos de argila da qual partem arcos em ferro, pedra ou tijolo.

A cúpula destes fornos tanto é executada no mesmo material das paredes e com várias aberturas, como com restos de peças.

Estes fornos cozem quase exclusivamente cântaros, havendo também paralelamente uma pequena produção de outros vasilhames de uso doméstico.

## 4.8 · Processo de cozedura no forno tipo

No caso da cozedura ao ar livre, as mulheres ceramistas, começam por abrir uma concavidade na terra, geralmente com a profundidade de 10 cm onde colocam pequenos ramos de arbustos cobertos com esterco de mula seco.

Seguidamente colocam-se as peças, umas por cima das outras, formando uma calote que não ultrapassa os 70 cm de altura. As peças são então tapadas com placas de esterco de mula.

A cozedura inicia-se acendendo a fogueira em três ou quatro pontos com a ajuda de palha. As chamas, lentamente irão atingir as peças, servindo o esterco de mula como cobertura e combustível para uma queima lenta.

Por incrível que pareça, a cozedura só dura aproximadamente 60 minutos, atingindo perto de 860°C sendo as roturas nas peças quase nulas<sup>26</sup>.

Utilizando o forno, a cozedura demora muito mais tempo. O exemplo de forno dado tem uma forma semelhante ao da cozedura de pão; é côncavo e com uma abertura na cúpula. Tem geralmente 200 cm de diâmetro por 150 cm de altura, com duas aberturas laterais.

Este forno é executado em vários materiais (barro, pedras, restos de peças), servindo também para a cozedura do pão.

A cozedura inicia-se pelo trabalho prévio de fazer uma cama com ramos de madeira na base do forno. Depois de colocadas as peças, pela parte traseira do forno, não se deixando nenhum espaço interior livre, colocam-se ramos finos entre as peças que servirão também para tapar a abertura superior do forno.

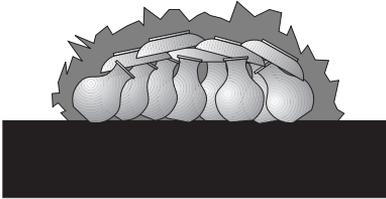
Aceso o forno na entrada, as chamas vão-se lentamente estendendo para o interior, ao mesmo tempo que do exterior se vai alimentando com madeira tendo o cuidado de não fazer muito lume.

Esta cozedura dura geralmente 120 minutos e é composta por algumas dezenas de peças variadas. O número de peças com roturas é insignificante.

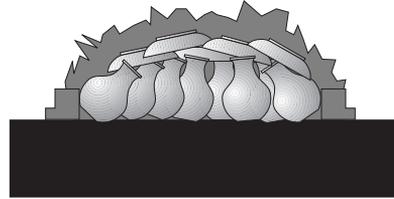
## 4.9 • Tipologia da cozedura

Segundo o estudo do etnólogo alemão Rüdiger Vossler.

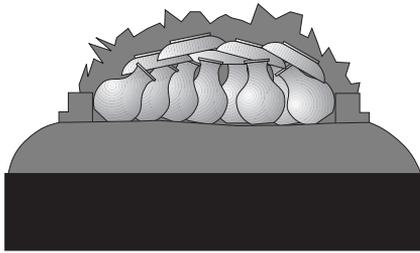
### Cozedura ao ar livre:



*figura 88*  
*Plano sem delimitação lateral*

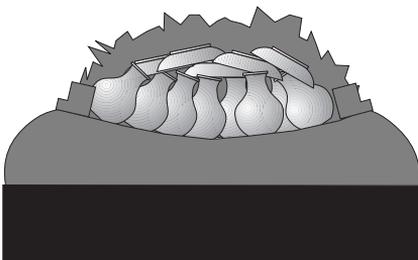


*figura 89*  
*Plano com delimitação lateral*

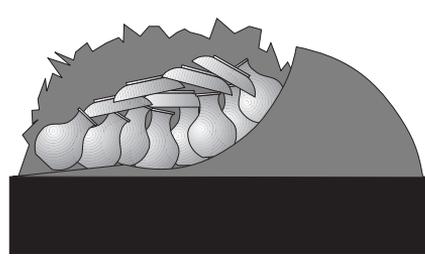


*figura 90 - Plano elevado em cima de cinzas com delimitação lateral*

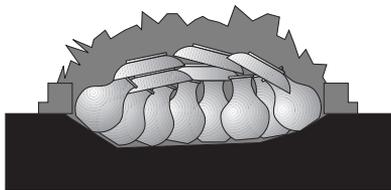
### Cozedura num buraco do solo:



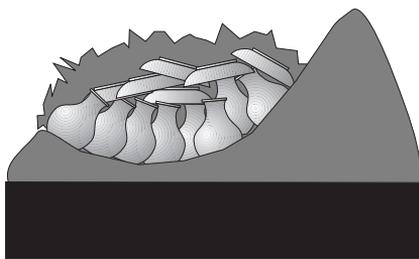
*figura 91*  
*Em cima de cinzas*  
*com delimitação lateral*



*figura 92*  
*Em cima de cinzas*  
*com rampa*

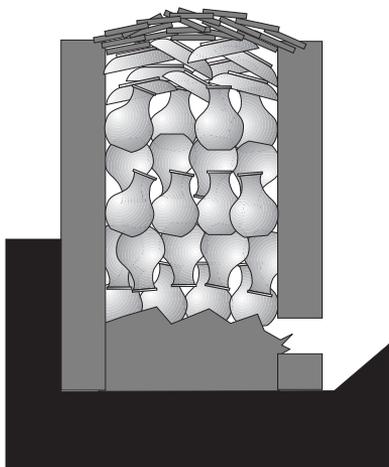


*figura 93*  
*Num buraco na terra*  
*cinzas em encosta*

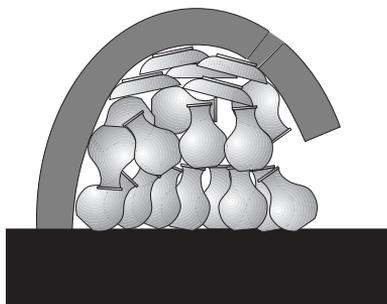


*figura 94*  
*Num buraco nas com*  
*delimitação lateral*

**Cozedura num forno de uma câmara:**

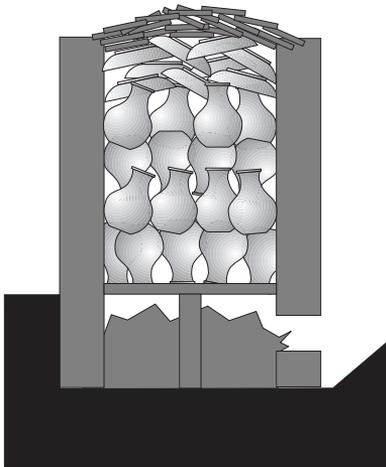


*figura 95*  
*Forno descoberto*

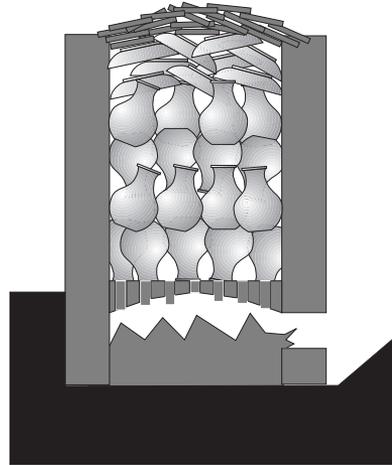


*figura 96*  
*Forno coberto com cúpula*  
*(tipo do pão)*

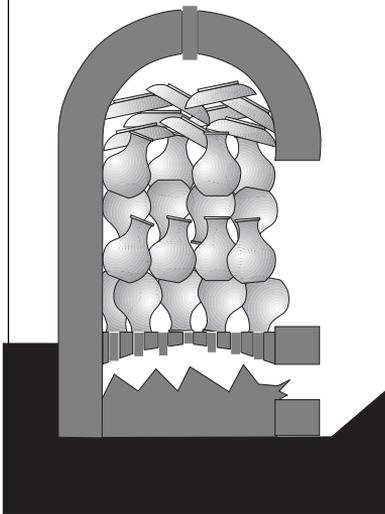
**Cozedura num forno de duas câmaras:**



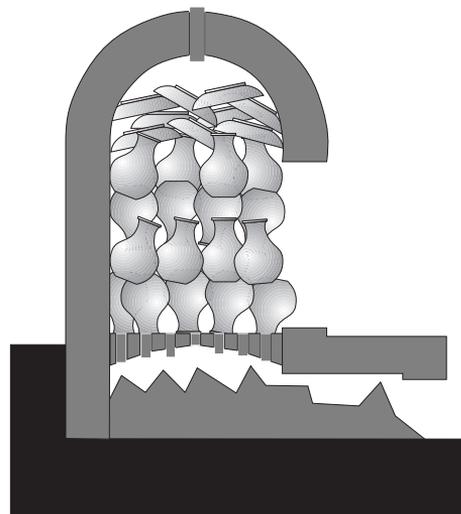
*figura 97*  
*Forno descoberto com*  
*central*



*figura 98*  
*Forno descoberto com coluna*  
*abóbada sem coluna central*



*figura 99*  
*Forno coberto com abóbada,*  
*sendo a câmara de cozedura*  
*sobreposta à de combustão*



*figura 100*  
*Forno coberto com abóbada,*  
*sendo a câmara de cozedura*  
*sobreposta à de combustão, que por sua vez*  
*é alargada para o exterior*



## 5 · Materiais para a construção de fornos

---

Com este capítulo, entra-se definitivamente na concepção de fornos.

Como é natural, antes de serem abordados alguns exemplos



*Figura 101 - Cozedura ao ar livre em Slit, Marrocos.*

*As peças e a lenha fina são cobertas com placas de excremento de mula. O excremento dos animais serve para proteger a cozedura e também como combustível'.*



práticos já construídos e testados com êxito, convém falar sobre alguns aspectos que poderão ao leigo parecer secundários, contudo determinantes para um bom resultado.

Assim sendo, começarei por abordar questões relacionadas com o isolamento térmico conseguido através de materiais refractários e fibras cerâmicas, suportes e acessórios, tamanho e formato dos fornos e finalmente, o cálculo em litros do volume interno.

## 5.1 · Isolamento térmico

O isolamento térmico de um forno (qualquer que seja o tipo já identificado), é possível através do tijolo refractário ou pela fibra cerâmica (produto recente).

A designada “resistência ao choque térmico” tem de ser posta em evidência já que o isolamento de um forno irá ser submetido centenas de vezes a aquecimentos e arrefecimentos. Daqui, já se pode depreender a importância da utilização de materiais inalteráveis a estas diferenças de temperatura. Significa que o investimento só pode ser realizado com materiais cerâmicos de qualidade.

Principais produtos usados na elaboração dos isolamentos térmicos:

- Aluminossilicatos. A cianite natural ( $Al_2O_3SiO_2$ ) e a mulita sintética ( $3AlO_3 \cdot 2SiO_2$ ) utilizam-se mais na execução de mobiliário interno de forno.
- Alumina ( $Al_2O_3$ ).
- Combinações mulita / cordierite ( $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ ). O mais eficaz na execução de mobiliário interno de forno.
- Carbonato de silício (SiC). É o produto mais resistente ao choque térmico sendo utilizado nos fornos para porcelana dura.
- Zircónio. O silicato de Zircónio ( $ZrO_2 \cdot 2SiO_2$ ).

Deixando de momento a abordagem às fibras cerâmicas, vou falar do isolamento térmico possível de concretizar na escola e com custos insignificantes. Estou portanto a falar de refractários.

Os melhores refractários são feitos de argila branca e de caulino designando-se por aluminosos. No que diz respeito a qualquer tipo de argila vermelha, as suas propriedades tornam-na num péssimo elemento para isolamento dos fornos.

Portanto, o que vai determinar se um isolamento refractário possibilita altas temperaturas ou não é a aluminosidade das argilas.

Um processo de conseguir que uma argila se torne mais refractária, consiste em aumentar a quantidade de alumina branca pura, que é comercializada debaixo da denominação de Hidróxido de alumínio.

### **Refractariedade e isolamento térmico:**

Designa-se por refractariedade à propriedade de qualquer argila, caulino, ladrilho, placa, etc, em resistir ao calor. Esta propriedade é atributo de materiais capazes de suportar inúmeras vezes altas temperaturas sem escurecer, vitrificar, rachar, deformar ou fundir.

Um óptimo corpo cerâmico refractário poderá resistir a temperaturas na ordem dos 1.500° c. Para tal, a sua composição deve ter aproximadamente 60% de alumina.

Isolamento térmico é outra propriedade de um corpo cerâmico refractário que consiste em impedir que o calor se transmita. Um bom ladrilho refractário quase não conduz calor de uma face para a outra. Faz com que o calor se acumule na sua massa e o irradie para dentro.

Para que um tijolo refractário seja um bom isolante também tem de ser poroso.

Querendo fabricar-se os próprios tijolos refractários, existe um processo simples de se conseguir a porosidade. Basta acrescentar à pasta preparada e antes de secar, serrim em pó. O serrim durante a cozedura será queimado deixando os poros.

Geralmente é acrescentada à composição, a quantidade de 60% de serrim fino, devendo previamente passar por uma rede de malha nº20.

O acordo perfeito na elaboração de um tijolo refractário, será sempre entre a percentagem de porosidade e a sua resistência mecânica, sabendo de antemão que uma maior porosidade corresponderá sempre a uma inferior resistência mecânica.

Sendo a porosidade uma propriedade óptima para os ladrilhos isolantes do interior de um forno, não o será no entanto para as placas que suportam os objectos.

A porosidade de um ladrilho refractário isolante deve ser de 60% a 70% para ser eficaz em isolar a temperatura evitando a dissipação térmica para o exterior.

É possível determinar a porosidade de um ladrilho refractário isolante através da seguinte operação:

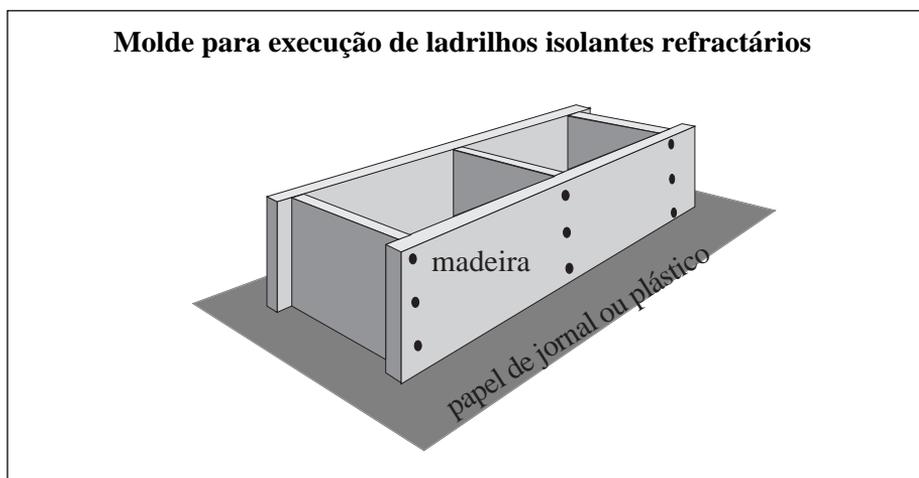
1º - em seco é pesado.

2º - mergulha-se na água durante algumas horas para o pesar de seguida húmido. Utiliza-se então a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{peso húmido} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100 = \% \text{ de porosidade ou absorção}$$

## 5.2 · Fórmulas de pastas refractárias

Já referi por várias vezes que este trabalho tem como objectivo demonstrar que é possível a prática de uma cerâmica criativa nas nossas escolas a baixos custos.



*Figura 102 - Proposta de reconstrução por Mercedes Mesquida García*

As receitas que vou fornecer, já foram testadas. Para uma maior facilidade de leitura, as quantidades são dadas em peso, excepto a quantidade de serrim que será dada em volume.

A imagem de página anterior, explica visualmente o processo de execução de um molde em madeira para fabricar ladrilhos isolantes refractários.

Uma questão crucial, tem a ver com a grossura necessária de cada ladrilho isolante refractário.

A eficácia de um forno de cerâmica está extremamente dependente do seu isolamento térmico. Significa isto que as paredes devem pecar pelo excesso de grossura e não de finura.

Não tendo este factor como preocupação, o forno poderá chegar aos 900°C, contudo nunca mais ultrapassará esta temperatura. Geralmente este facto acontece porque as paredes construídas são

demasiadamente delgadas, provocando uma grande dissipação de calor para o exterior e pouca acumulação.

A grossura da parede depende no entanto da temperatura para que o forno é fabricado, e também do poder calórico do combustível.

Como medida média, e para um forno de baixas temperaturas, a grossura deverá ser no mínimo entre 11 cm e 14 cm para a parede exterior e de 5 cm para a interior.

Para um forno de 1.280°C, a grossura deverá ser no mínimo de 17 cm para a parede exterior e de 7 cm para a interior. Temperaturas superiores a 1.280°C, a grossura deverá ser no mínimo de 20 cm para a parede exterior e de 10 cm para a interior. Naturalmente que a grossura da parede depende também do tipo de refractário primário.

O tecto do forno é sempre a parte mais débil, já que ao longo do uso do forno, observar-se-á o aparecimento de gretas que possibilitam a saída de calor. A grossura do tecto deveria portanto ser maior.

#### **Receita de placas para o forno (mobiliário interno):**

##### **fórmula para resistir a 1.230°C**

**caulino triple lavado ..... 50**

**chamote média aluminoso ..... 50**

##### **fórmula para resistir a 1.350°C**

**caulino triple lavado aluminoso ..... 50**

**chamote média aluminoso ..... 50**

**alumina calcinada de grão médio ..... 20**

Para ser conseguida uma boa pasta com a plasticidade necessária para introduzir nos moldes de madeira, deverá ter cerca de 50% de água.

Chamo também a atenção para possíveis exageros quanto ao aumento da quantidade de alumina na composição dos ladrilhos isolantes refractários. Ficarão demasiadamente frágeis.

Independentemente do tipo de pasta, os ladrilhos isolantes refractários depois de executados devem secar muito bem. Só então serão cozidos a uma temperatura um pouco superior ao limite a que serão submetidos quando fizerem parte do forno. Para esta operação aconselho que se acrescente 100°C.

Vou agora dar as receitas necessárias para a execução manual dos ladrilhos isolantes refractários de um forno cerâmico.

#### **Receita de ladrilhos isolantes refractários para o forno:**

##### **fórmula para resistir a 1.250°C**

**argila branca pura ..... 30**

**caulino lavado ..... 30**

**chamote média aluminoso ..... 40**  
**serrim ..... 60% a 70%**

**fórmula para resistir a 1.300°c**

**caulino triple lavado ..... 50**  
**chamote média aluminoso ..... 50**  
**serrim ..... 60% a 70%**

**fórmula para resistir a 1.350°c**

**caulino triple lavado ..... 50**  
**chamote média aluminoso ..... 50**  
**alumina calcinada malha 40 ..... 20**  
**serrim ..... 60% a 70%**

No que respeita à execução de tampas superiores de fornos rudimentares, como o proposto a partir de um tambor metálico de 200 litros, é necessário ter especial cuidado. A parte superior do forno com é submetida a grandes temperaturas, exige uma tampa com 20 cm de grossura no mínimo. Seguidamente revelo uma possível fórmula:

#### **Receita de tampa isolante refractária para o forno:**

**fórmula para resistir a 1.250°c**

**argila branca pura ..... 30**  
**caulino lavado ..... 30**  
**chamote média aluminoso ..... 40**

Quando se pretende fabricar ladrilhos isolantes refractários para temperaturas superiores a 1.350°c, vai-se aumentando a percentagem de alumina até um limite estabelecido de 50%.

Como se sabe, o chamote na composição tem a função de dar uma maior resistência aos tijolos refractários.

Como se observará posteriormente, um forno cerâmico executado com ladrilhos isolantes refractários possui paredes duplas.

A parede que está em contacto com o exterior é designada de parede secundária, enquanto que a parede que está em contacto com o interior é designada de parede primária.

A **parede primária** construída em ladrilhos isolantes refractários primários, é a que isola o interior e portanto, está em contacto com o calor gerado directamente.

A **parede secundária** construída em ladrilhos isolantes refractários secundários, é a que isola o exterior e portanto, não está

em contacto com o calor gerado. Estes *ladrilhos isolantes refractários secundários*, nunca serão submetidos a temperaturas superiores a 600°C, pelo que poderão ser menos refractários, sendo assim, também são mais resistentes a possíveis impactos no exterior.

Abordadas algumas fórmulas para *ladrilhos isolantes refractários primários*, vou agora fornecer a receita do cimento para os unir quando da execução das paredes. Este cimento serve para unir os ladrilhos isolantes refractários durante a construção do forno e posteriormente para pequenas reparações. A sua fórmula tem de ser igual à dos ladrilhos isolantes refractários.

### 5.3 • Fibra cerâmica

Nesta breve abordagem à fibra cerâmica, começo por advertir o leitor para o perigo da utilização descuidada deste material isolante.

A fibra cerâmica é um produto com o aspecto de uma fibra sintética qualquer, sendo produzida a partir de vários materiais cerâmicos como a alumina, o quartzo, o caulino, etc. Também outros elementos estabilizadores como o óxido de zircónio, cromo, etc.

A fibra cerâmica, ao ser um mau absorvente de calor, permite cozeduras muito rápidas, o que se torna negativo para os vidrados.

O perigo para a saúde reside no facto das suas fibras serem de um diminuto diâmetro: 1 a 3 microns (1 a 3 milésimas de mm). Estas fibras que são agulhas pontiagudas que penetram com facilidade na mucosa da garganta, no nariz, brônquios e pulmões.

O seu uso contínuo provocará problemas pulmonares conhecidos, havendo casos extremos de cancro.



## 6 · Arquitectura do forno

---

No capítulo anterior, ao abordar a questão relacionada com o isolamento interno dos fornos cerâmicos, identifiquei os materiais que o compunham.

Relativamente ao ladrilho refractário isolante primário, referi a necessidade de estabelecer uma composição estável, já que a temperatura pretendida a isso obrigava. Formularam-se, portanto, várias receitas de ladrilhos refractários isolantes primários para diferentes temperaturas e cimentos com a mesma composição, para a sua união. Este capítulo irá abordar questões elementares de carácter arquitectónico, para a execução de um forno cerâmico.

Vou começar por referir o forno eléctrico.

Um bom forno, como se sabe, deve possibilitar as já identificadas atmosferas oxidante e redutora, permitindo a regulação da intensidade de cada uma delas: redução suave, média e intensa. Deve também permitir a introdução de sal e óxidos durante a fase final da cozedura e conseguir que a porcelana não fique cinzenta.

Estas características enunciadas, excepto a possibilidade de oxidação (atmosfera), não fazem lamentavelmente parte dos atributos do forno eléctrico.

Por outro lado, o forno eléctrico nunca ultrapassará os 1.300°C apesar da qualidade das resistências. A partir desta temperatura fundiriam. O desgaste constante das resistências eléctricas de um



*Figura 103 - Forno primitivo construído com paredes de barro e restos de peças partidas em Ifrane Ali, Marrocos<sup>1</sup>.*

forno eléctrico também faz com que a sua duração não ultrapasse as 1.000 horas de vida útil, necessitando de substituição. Este tipo de reparação é geralmente muito dispendiosa.

O forno eléctrico nasceu na Alemanha em 1938, vindo a permitir a existência de um número razoável de ceramistas e o desenvolvimento desta actividade artística nas nossas escolas.

Na realidade o forno eléctrico comercializado, adquire-se em todos os tamanhos, o que permite executar cerâmica de forma limpa e no andar de qualquer prédio.

Julgo que este aspecto, relacionado com esta abertura e possibilidade de utilização de um maior número de artistas e estudantes, ultrapassa em muito as suas limitações.

A criatividade existe sempre e em qualquer circunstância limitativa. No entanto, a abordagem à construção de fornos eléctricos não é tema deste trabalho.

## **6.1 • Dimensões e formato**

A dimensão de um forno que se pretende construir, não tem a ver com qualquer tipo de opção estética.

Em primeiro lugar há que observar a quantidade de cerâmica que se produz ou que se pretende produzir. Para o efeito o volume

do forno é sempre calculado para comportar uma produção semanal que seja necessário ligá-lo duas vezes.

Imagine-se a frustração de construir um forno de grandes dimensões e então esperar semanas e semanas até ter peças para o encher.

Há que reflectir nos seguintes pormenores:

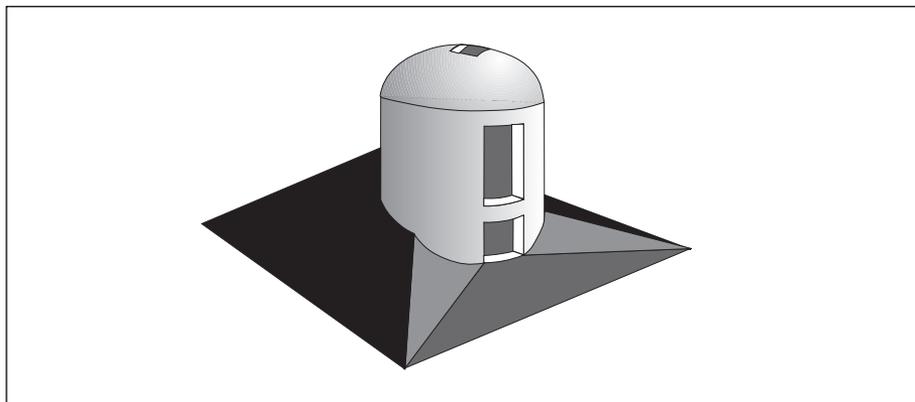
Como exemplo, vou dar dois fornos iguais mas de capacidade diferente (o primeiro com uma capacidade de  $1/4$  m<sup>3</sup> e o segundo com 1 m<sup>3</sup>).

- No caso de um forno eléctrico de  $1/4$  m<sup>3</sup> e outro de 1 m<sup>3</sup>, fica mais dispendioso executar quatro cozeduras no primeiro do que uma no segundo.
- No que respeita ao preço do forno de  $1/4$  m<sup>3</sup>, trata-se de um investimento bem menor que o de 1 m<sup>3</sup>.
- No que respeita ao espaço e dadas as limitações de uma grande cidade, há que estudar o espaço disponível antes de se adquirir o forno.
- Outro aspecto que embora seja fundamental, é desconsiderado no início da aquisição tem a ver com a potência instalada. Um forno de 1 m<sup>3</sup> necessita de uma potência de 53 KW/h. Uma casa nunca tem esta potência instalada (tem na generalidade cerca de 6 KW/h). A diferença solicitada à empresa distribuidora de electricidade ficará num preço exorbitante. Também e além deste custo inicial, o aluguer de potência será um imposto mensal que só será viável se o forno estiver em constante funcionamento.
- Muitas vezes o espaço de trabalho poderá não corresponder à dimensão do forno. O local de trabalho necessita de espaço para a execução e secagem das peças e ainda para o diferente mobiliário e equipamento, espaço para as matérias primas, peças vidradas por cozer, peças já acabadas, etc. Um forno de 1 m<sup>3</sup> nunca poderá depender de um espaço de trabalho com menos de 250 m<sup>2</sup>.
- No que respeita aos fornos a lenha e a gás, nunca pensar na sua utilização numa habitação normal. é necessário um espaço maior e arejado.
- Relativamente ao forno a lenha, só num espaço exterior.

#### **Formato óptimo:**

O formato óptimo de um forno é o circular. Quando falo de circular, refiro-me à forma cilíndrica.

Tudo o que é bom condutor na natureza tem a forma cilíndrica (artérias animais, os vasos lenhosos das plantas, os fios condutores eléctricos, etc.)



*Figura 104 - Fornos cilíndricos*

Um forno cilíndrico começa por provocar uma melhor tiragem do ar com maior pressão e velocidade, oferecendo uma menor resistência.

Igual característica não é comum aos formatos quadrados. Estes últimos ao possuírem esquinas rectas, fazem com que se produza um choque de fluido circulante contra as paredes, diminuindo a tiragem e a velocidade de circulação do calor no interior do forno.

No que diz respeito aos fornos eléctricos, este pormenor formal não é importante por que o calor não circula, já que é irradiado.

Os fornos a combustível, ao funcionarem através do princípio do ar quente em circulação ficam limitados se possuírem paredes rectas.

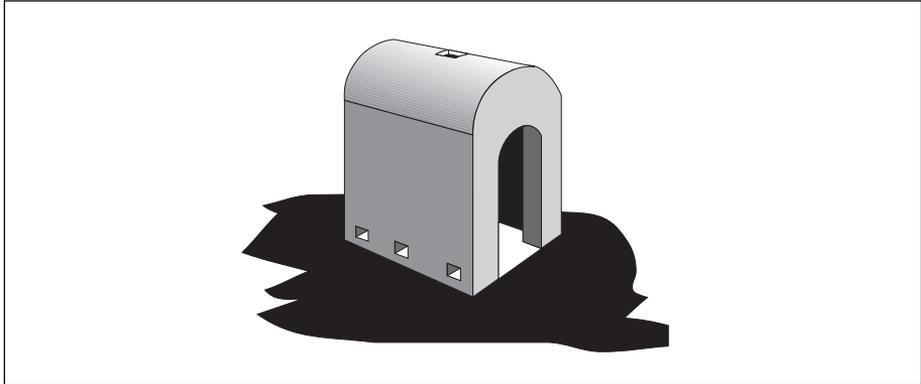
O formato quadrado é uma opção moderna, já que nas culturas antigas (africana, americana, asiática e oriental), sempre se optou pelos formatos cilíndricos e ovais.

De qualquer modo, a opção por um forno quadrado tem uma condicionante. A sua eficácia só é possível quando a câmara de cozedura tiver uma capacidade superior a 0,5 m<sup>3</sup>. Contudo, outro forno cilíndrico e de 0,5 m<sup>3</sup>, será sempre mais eficaz e de mais fácil manuseamento.

No forno cilíndrico a relação entre a tiragem, transferência térmica, isolamento e ritmo de subida de temperatura faz com que seja mais económico, mais rápido, de controle simples das atmosferas e totalmente homogéneo na sua temperatura interior.

## **6.2 • Regras elementares para a execução de um forno**

A deficiente execução de um forno, impede em primeiro lugar que atinja a temperatura desejada. Daí que se aconselha o cumprimento com rigor das normas já referidas.



*Figura 105 - Capacidade mínima de um forno de faces rectas*

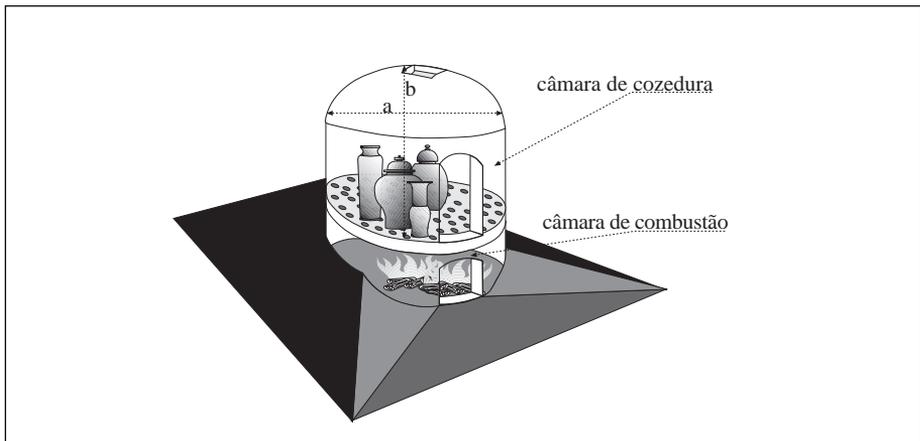
Quando se pretende construir um forno, em primeiro lugar há que optar pelo local ideal já que será sempre definitivo porque os fornos construídos não se deslocam.

Logo à partida o local deve ser arejado, coberto e sem elementos combustíveis por perto.

Na escola ou em outro local, o forno deve ser feito no exterior e debaixo de uma cobertura para estar protegido do tempo. O arejamento do local permitirá evitar a acumulação de gases tóxicos da combustão como o anidrido carbónico, monóxido de carbono, do carvão, vapores sulfurosos, flúor, fumo da redução, sais voláteis, etc.

Uma conduta metálica poderá em muitos casos resolver esta questão, se o forno está instalado num local menos arejado.

A chaminé é uma peça obrigatoriamente imposta pelos fornos quadrados e rectangulares de tiragem descendente.



*Figura 106 - Divisão de um forno*

No caso dos fornos cilíndricos, não existe a necessidade de recorrer a uma chaminé para uma melhor tiragem.

A secção da chaminé tem a ver com as dimensões das aberturas do forno, como se irá verificar de seguida. Independentemente da secção da chaminé, nunca se devem fazer curvas. Contudo se houver necessidade, esta não pode ter um ângulo de  $90^\circ$ . A abertura do ângulo não poderá ser menor de  $140^\circ$ .

A sua longitude deverá ser sempre superior a 200 cm. Quanto mais alta for a chaminé, maior será a sua força de sucção.

Já aqui referi e por várias vezes que o forno cerâmico mais eficaz deve ter a forma cilíndrica. Contudo é possível obter bons resultados em fornos quadrados com uma capacidade nunca inferior a  $0,5 \text{ m}^3$ .

Qualquer forno é constituído por duas zonas autónomas: a câmara de combustão onde se produz a energia e a câmara de cozedura, onde se situam as peças a cozer. Este pormenor é mais visível nos fornos de combustível sólidos, em que as duas câmaras estão separadas por uma placa perfurada para não haver contacto directo das peças com as chamas.

É regra generalizada nos fornos, executar a câmara de cozedura com o diâmetro igual à altura, o que permite uma uniformização e perfeita transferência de calor (conforme a figura anterior em que  $a = b$ ).

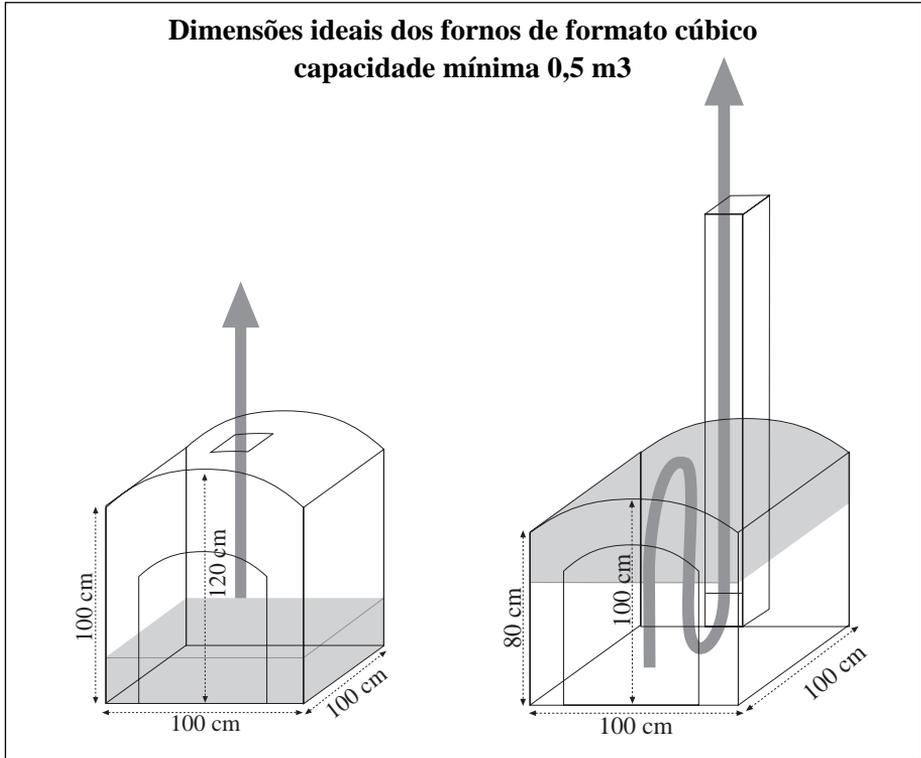
O forno de tiragem descendente obriga o calor a circular para cima, depois para baixo, local onde se situa a abertura inferior da chaminé do forno. O forno de tiragem ascendente permite que o calor suba com a maior das facilidades para depois sair pela abertura superior quando aberta. Como a tiragem é fácil, a altura interior num forno de tiragem ascendente pode ser ultrapassada em mais 50% relativamente à largura.

Estas dimensões ideais são no forno, apenas a referência para a câmara de cozedura.

Neste tipo de forno a câmara de cozedura tem de ser cúbica, ou seja, a altura deve ser igual à largura. Neste tipo de forno, a temperatura é mais alta na zona do tecto.

Muita atenção aos formatos demasiadamente verticais ou horizontais. Jamais serão eficazes. No caso de um forno com uma altura exagerada relativamente à sua largura, transformar-se-á numa autêntica chaminé com um excesso de tiragem, sem homogeneidade de calor no seu interior, tendo a zona superior muito mais fria do que a inferior.

Uma boa tiragem também corresponde a um maior consumo de combustível.



*Figuras 107*

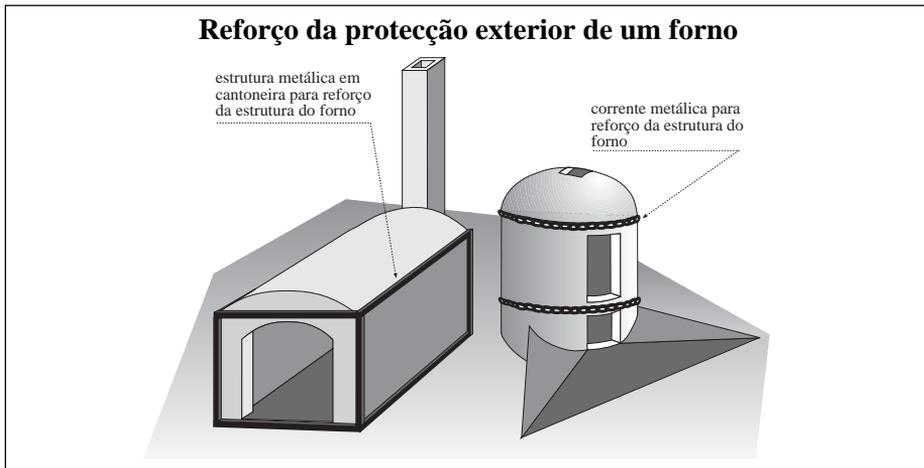
e

*108*

Forno de tiragem ascendente

Forno de tiragem descendente

*Este tipo de forno não necessita que a sua altura seja igual à largura. A altura pode mesmo ultrapassar 50% a medida da sua largura. Neste tipo de forno, a temperatura é mais alta na base.*



*Figura 109*

Os melhores fornos são sem dúvida os de tiragem ascendente. Mais simples de construir, controlam-se com facilidade, principalmente em atmosfera redutora. Não necessitam de chaminé sendo de forma cilíndrica.

a única desvantagem reside no facto de possuírem uma temperatura superior na zona da sua base. Será possível estabelecer uma boa uniformidade de calor em todo o seu interior, fechando a sua abertura superior, nas últimas fases de cozedura.

Os fornos de tiragem descendente permitem uma diferença muito grande de calor entre a base e o tecto. Esta última zona tem sempre uma temperatura elevada. Outra desvantagem reside no menor espaço útil para utilização.

Escusado será portanto referir que o êxito do forno construído dependerá sempre da qualidade dos materiais empregues e do formato.

Como se trata de um volume de dimensões razoáveis sujeito a grandes variações de temperatura, necessita com já foi referido atrás, de uma parede dupla de ladrilhos refractários secundários e primários.

É no entanto conveniente proteger toda esta estrutura em ladrilhos com cantoneira metálica, correntes de ferro ou colunas de ferro com cimento.

As armações observáveis na figura acima, permitem sustentar com eficácia os ladrilhos mantendo-os dentro da estrutura fixa.

Evidentemente que os fornos aqui propostos para construção não se destinam a fins comerciais. Necessitam no entanto de ser protegidos com uma estrutura rígida. Aconselho executar uma armação de cantoneira em L soldada, para os fornos de formato cúbico ou quadrangular. No caso de um forno cilíndrico, podem-se utilizar correntes de ferro à sua volta em três pontos: base, parte central e parte superior.

Em qualquer dos casos, a estrutura nunca poderá ficar totalmente apertada. é necessária uma folga para que o forno dilate durante a cozedura.

### **Dimensão da abertura superior do forno:**

Um forno de tiragem ascendente não necessita de chaminé, o mesmo não acontecendo com o forno de tiragem descendente. Em qualquer dos casos ambos têm uma abertura superior para o necessário escape dos gases da combustão.

Em qualquer tipo de forno, a abertura superior tem de estar tapada nas fases finais da cozedura. A melhor tampa é sempre uma placa refractária.

O problema que se coloca ao executante de um forno de qualquer tipo, é saber qual a dimensão da abertura superior no forno de tiragem ascendente e a da abertura da chaminé no forno de tiragem descendente.

Esta questão será mais importante nos fornos a gás. Como

se sabe, num forno a gás, os queimadores cospem a sua chama para dentro do forno por intermédio de aberturas cujo número corresponde ao dos queimadores.

A regra é universal e repete-se para cada tipo de forno. O espaço de entrada de ar tem de ser igual ao da saída para que a tiragem seja correcta.

Cerca de 80% do ar que um forno necessita para a cozedura entra pela(s) abertura(s) da câmara de combustão (forno a lenha) ou dos queimador(es) (forno a gás).

O formato das aberturas tem de ser sempre de forma quadrangular. Aberturas redondas não são eficazes.

Portanto, a superfície quadrada da abertura superior ou da chaminé de um forno, corresponde à soma de todas as aberturas dos queimadores utilizados.

A título de exemplo, tendo um forno com seis queimadores cujas aberturas do forno são no mesmo número e com a dimensão de 11 X 11 cm, a abertura superior ou a secção da chaminé (conforme o tipo de forno se é ascendente ou descendente) é igual à soma de todas as aberturas, ou seja:

área de abertura de cada queimador  $11 \times 11 \text{ cm} = 121 \text{ cm}^2$

$121 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ queimadores} = 726 \text{ cm}^2$  (área da abertura superior)

Poderia ter portanto uma abertura de 22 x 33 cm.

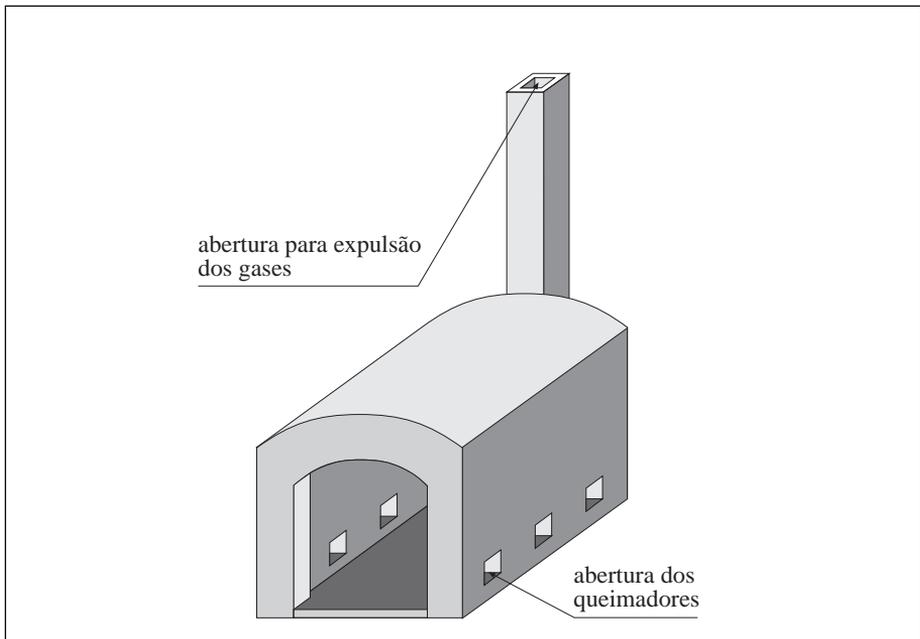


Figura 110 - Relação abertura superior / entradas de ar em forno a gás

As aberturas num forno a gás não servem só para a introdução da chama dos queimadores. Permitem também a saída de gases residuais da combustão, pelo que se necessita de uma abertura maior do que a necessária à introdução dos queimadores.

No entanto refira-se que aberturas demasiadamente grandes, impedirão o alcance das temperaturas desejadas, além do gasto desnecessário de combustível.

As aberturas das entradas para os queimadores a gás têm de estar colocadas em posição oposta e serão sempre de secção quadrada conforme já referido.

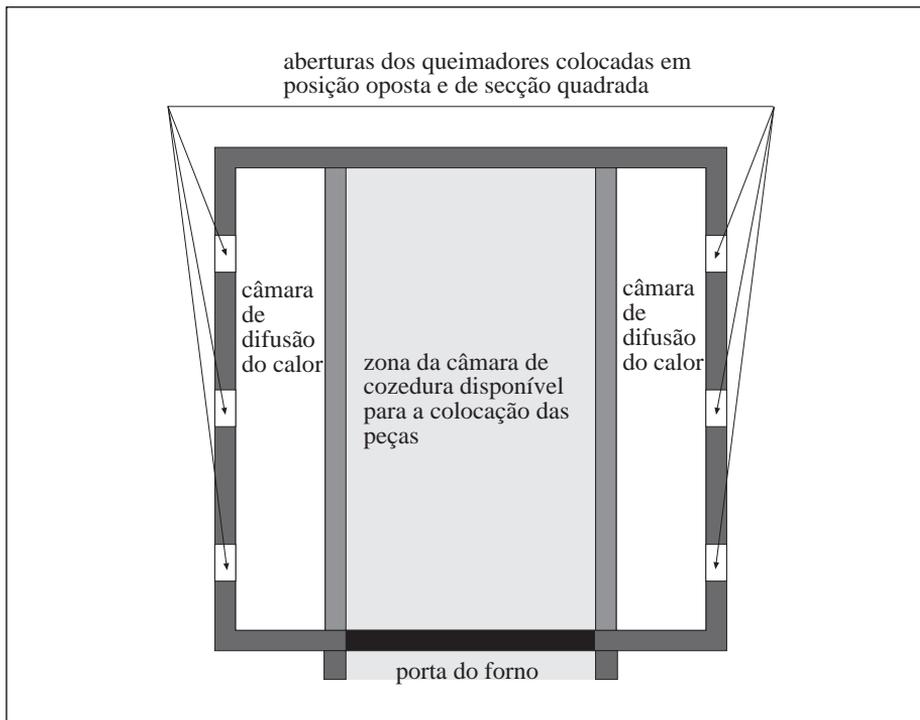
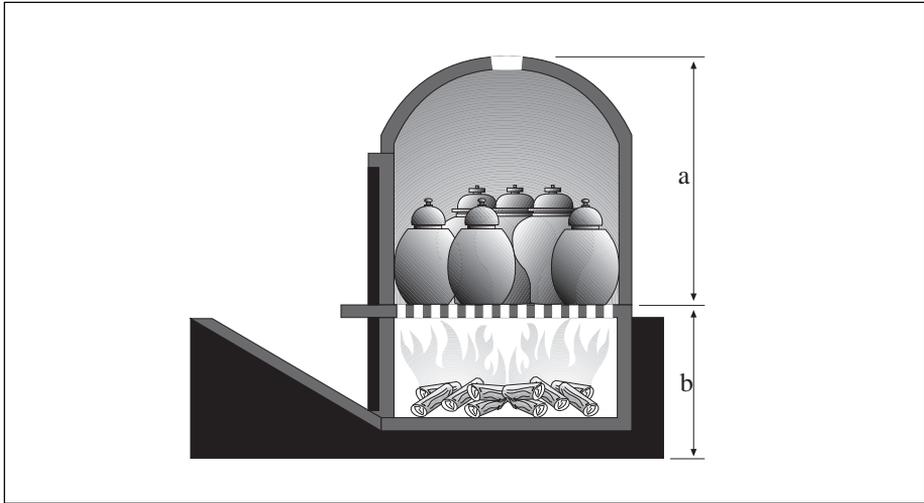


Figura 111 - Colocação das entradas de ar em forno a gás

Utilizando agora a lenha ou outro qualquer combustível sólido, o problema coloca-se de forma diferente. Deixam de existir as aberturas para os queimadores para termos uma abertura por onde se introduz a lenha para a câmara de combustão. O princípio será sempre este: a abertura da porta da câmara de combustão é sempre o dobro da superfície da abertura superior da câmara de cozedura.

Num forno de tiragem ascendente, a altura da câmara de combustão (b) não tem relação directa com a altura da câmara de cozedura (a), conforme a figura seguinte.

Esta relação depende sempre das dimensões do forno. Sendo a câmara de combustão muito pequena, não produzirá calor suficiente. De qualquer modo, estabeleceu-se como regra e só para fornos grandes a seguinte proporção de 1:6 (a câmara de cozedura é seis vezes maior que a câmara de combustão). Trata-se de uma questão difícil de traduzir em valores exactos, sendo cada forno um caso específico. Num forno a lenha de pequenas dimensões a proporção poderia ser de 1:1 entre as duas câmaras.



*Figura 112 - Relação entre alturas em forno a lenha*

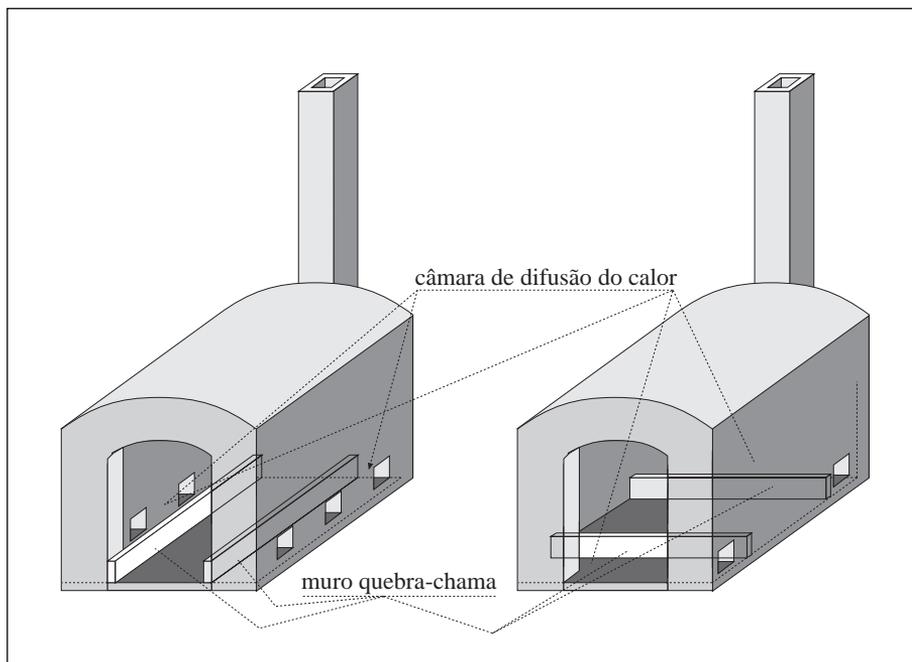
### **Dimensão das câmaras de difusão do calor em forno a gás:**

Evita-se este pormenor executando paredes à frente da chama dos queimadores como na figura, para evitar o contacto nefasto. Recomenda-se que este pequeno muro esteja situado a um mínimo de 12 cm da parede lateral onde são situadas as aberturas. Estes muros estão sempre em paralelismo com as paredes.

Em cima da zona ocupada pela câmara difusora de calor não se podem colocar peças. A zona tem de estar livre para que o calor circule livremente. Obtemos assim no interior de um forno a gás, uma câmara de cozedura e outra de difusão de calor que ocupará normalmente 20% do espaço interno do forno.

O cálculo da largura ocupada pelo muro quebra-chamas é simples. Tendo em conta que se necessita de 12 cm para a projecção das chamas no interior do forno, somando 6 cm da largura da parede quebra-chamas, obtemos um total de 18 cm para cada lado.

No caso da utilização de combustíveis líquidos, a parede quebra-chamas situa-se a 20 cm de distância.



*Figura 113 - Câmaras de difusão do calor num forno a gás*

A chaminé não é necessária para os fornos de tiragem ascendente, conforme já se verificou. Só os fornos de tiragem descendente necessitam da chaminé e aqui coloca-se novamente a necessidade de cumprir regras estabelecidas e já testadas, que permitem o êxito da cozedura.

As duas imagens que se seguem (Figura 114) representam através da letra [A], uma porta na chaminé de dois fornos de tiragem descendente, a lenha e a gás. Qualquer forno de tiragem descendente, deve ter uma porta [A] na base da chaminé. Também facilmente se verifica que a chaminé num forno deste tipo é sempre colocada no lado oposto ao da porta.

Novamente, a secção da abertura que liga a câmara de cozedura à chaminé é em área a soma das aberturas das entradas dos queimadores, no caso do forno a gás. No caso do forno a lenha, já se sabe que a abertura da porta de entrada do combustível é em superfície o dobro da abertura que liga a câmara de cozedura à chaminé.

A altura da chaminé [a] é sempre o dobro da altura do forno [b].

A medida da secção interna da chaminé do forno é ligeiramente maior do que a abertura que a separa da câmara de cozedura<sup>2</sup>.

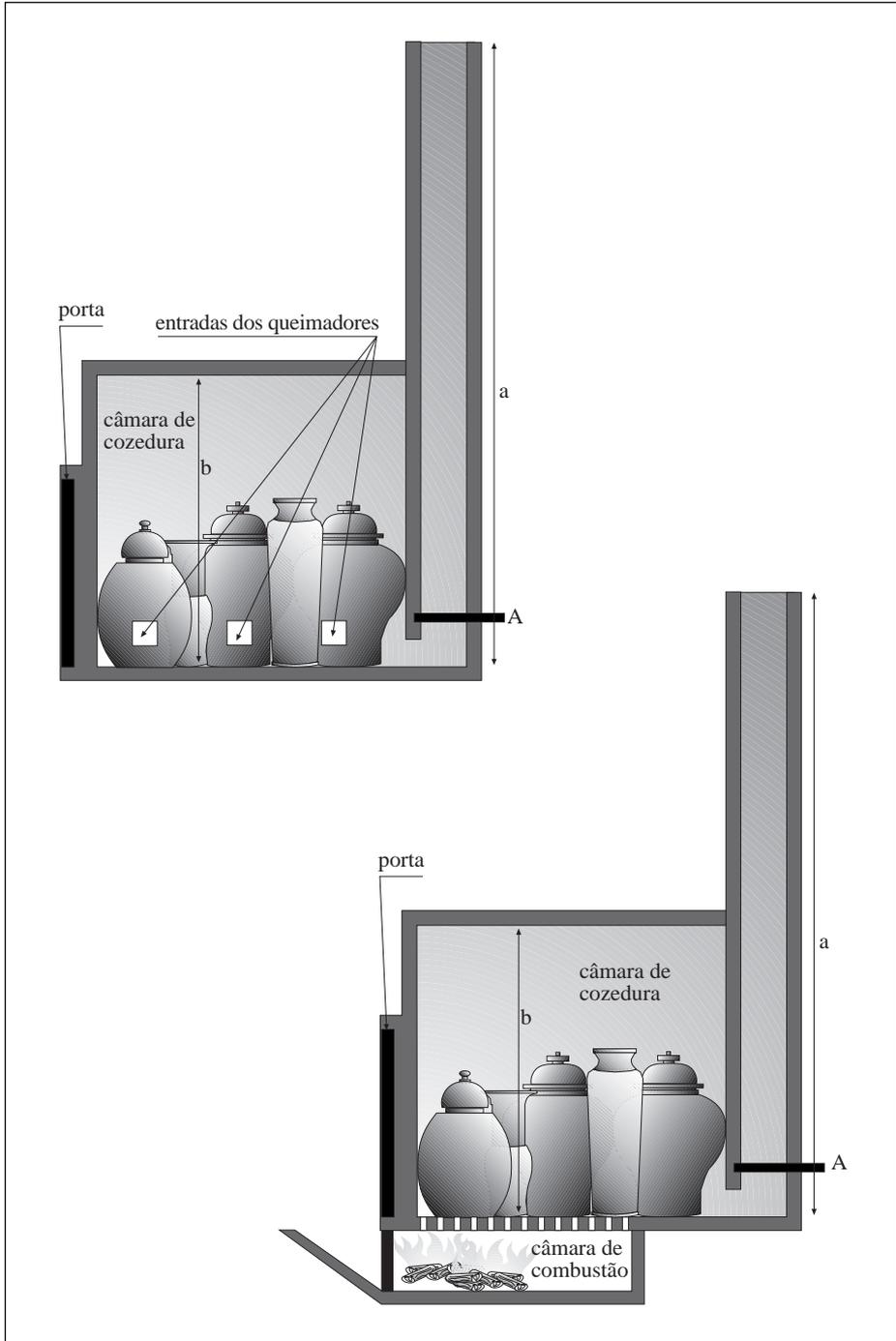


Figura 114 - Dimensão da chaminé no forno cerâmico

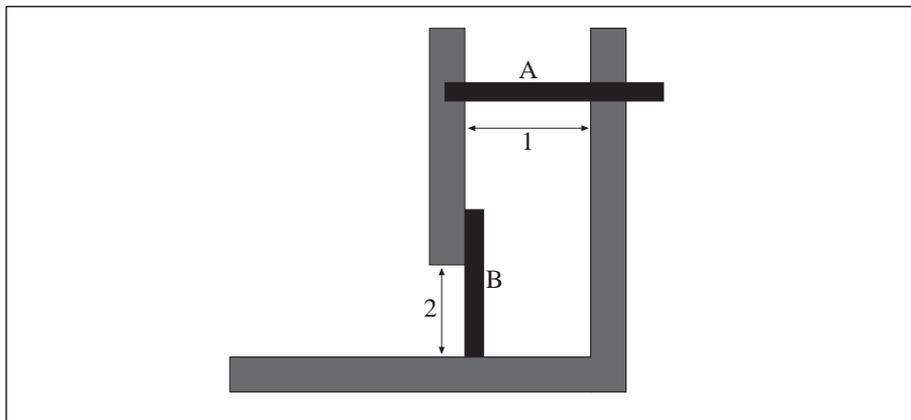


Figura 115 - Proporção da chaminé do forno cerâmico

Como regra deve-se estabelecer um aumento de 25% da secção interna da chaminé [1] do forno relativamente à secção da abertura que liga à câmara de cozedura [2].

A secção quadrada numa chaminé resulta bem, embora uma secção redonda permita uma melhor tiragem, apesar de ser difícil de construir.

A porta [A] serve para o corte de ar, permitindo reduzir ou aumentar a tiragem durante as diferentes fases da cozedura. Quando termina a cozedura é encerrada. Dada a sua proximidade da câmara de cozedura, é submetida a altas temperaturas pelo que tem de ser executada numa placa refractária.

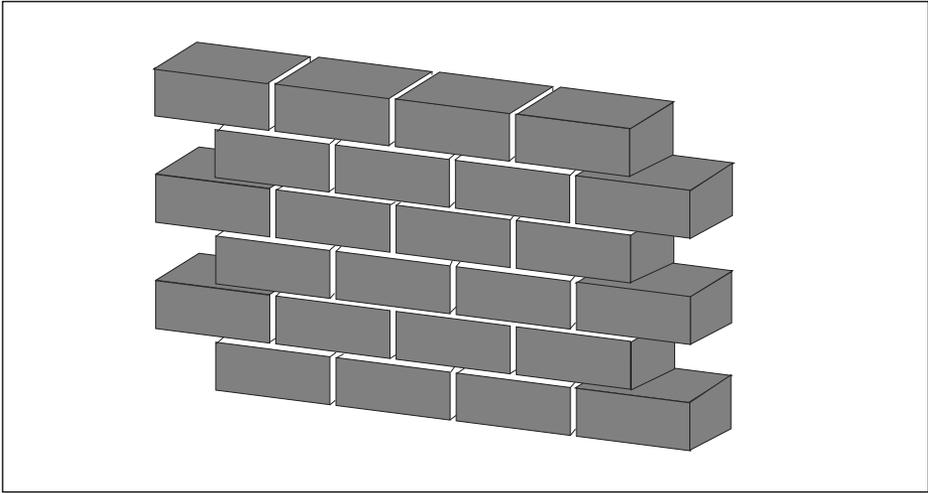
No caso de se pretender que o forno seja utilizado para a vidragem com sal, é necessária uma segunda porta [B], colocada verticalmente. Impede-se assim que os vapores salinos se escapem pela chaminé.

### 6.3 • Construção do forno

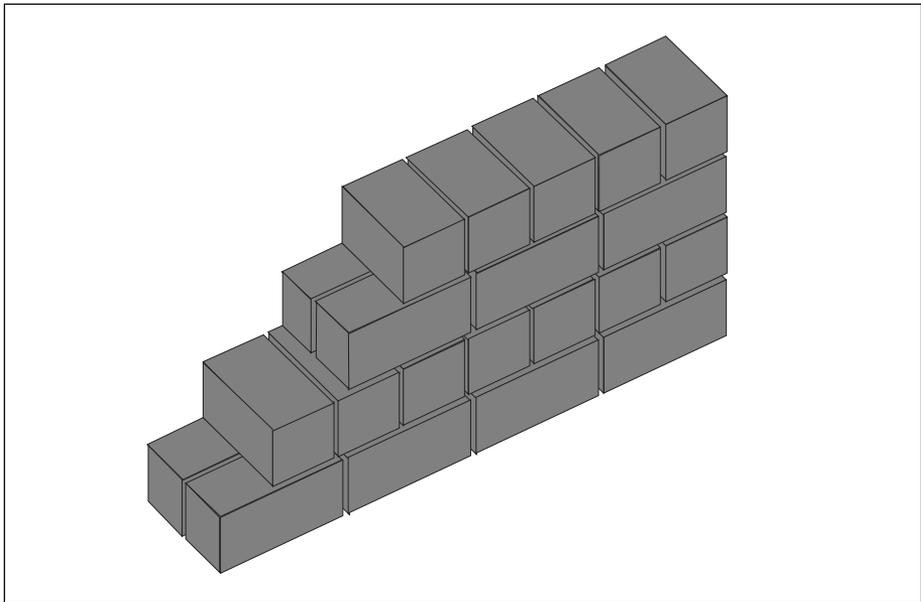
O princípio para a elevação das paredes de um forno é o mesmo utilizado pelos pedreiros de construção civil.

Como em qualquer parede construída, é necessário travar os ladrilhos refractários isolantes, conforme se observa na figura abaixo. Significa que as filas de ladrilhos sobrepostos, a união entre os da primeira fila não coincide com os da segunda e assim sucessivamente<sup>3</sup>.

As paredes devem ser levantadas com a ajuda de um fio de prumo. Quando se ultrapassam os 100 cm de altura das paredes, o travamento das paredes deve ser reforçado e executado conforme a figura abaixo.



*Figura 116 - Travamento dos ladrilhos*



*Figura 117 - Travamento ideal dos ladrilhos*

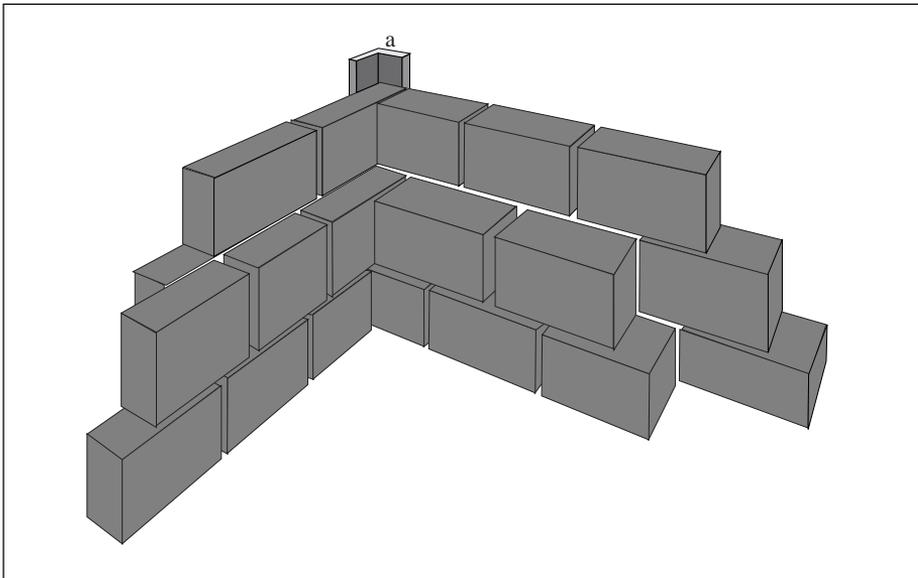
No caso da construção de paredes curvas, é possível a sua execução segundo o esquema da figura que se segue.

Não esquecer que a grossura das paredes, nunca é demais e mesmo quando peca pelo excesso, aumenta ao mesmo tempo a resistência.

Depois de construído o forno na sua totalidade, é então necessário o seu reforço. Em primeiro lugar constrói-se a parede exterior do forno em ladrilho refractário isolante secundário, que embora não necessite de resistir a mais de 400°C, é bastante mais resistente à água exterior e a possíveis pancadas. Pela parte de dentro e encostada à parede exterior que se vai construindo, levanta-se a parede nos ladrilhos refractários isolantes primários.

Como já foi dito, a parede de ladrilhos refractários isolantes primários é a que isola o interior do forno, portanto a mais porosa e resistente às altas temperaturas. A parede de ladrilhos refractários isolantes secundários serve para reforçar e proteger a primeira do exterior, não necessitando de resistir a altas temperaturas.

Como foi dito, em primeiro lugar constrói-se a parede de ladrilhos refractários isolantes secundários (exterior) e só depois e que se constrói a parede de ladrilhos refractários isolantes primários (interior). Contudo e penso que correctamente há quem considere que as duas paredes em ladrilhos secundários e primários devem ser erguidas ao mesmo tempo<sup>4</sup>.



*Figura 118 - Paredes primária e secundária*

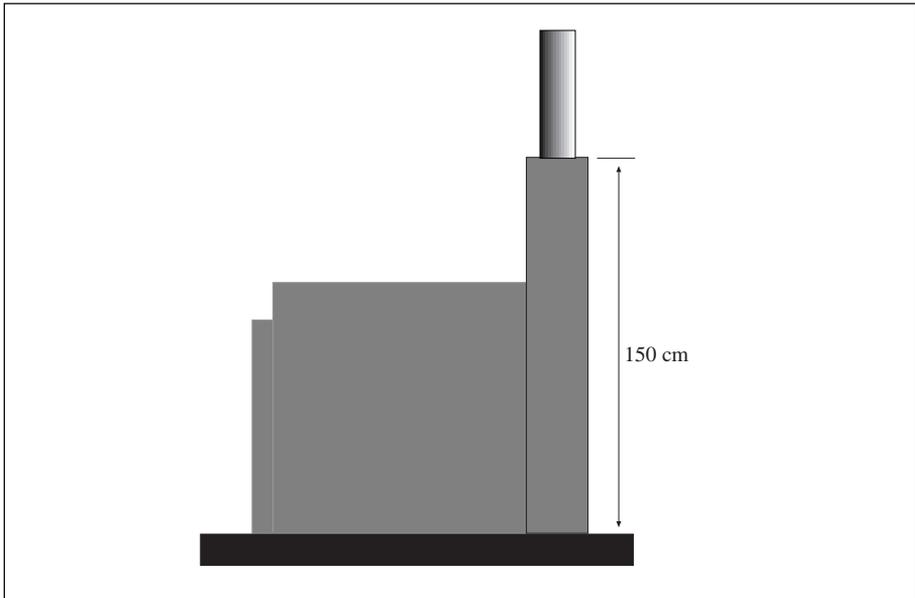
No caso de o forno ser construído no exterior, é necessário recorrer a uma cobertura para o proteger da intempérie. Sugiro uma estrutura simples em losalite. Contudo seria conveniente executar sempre o forno, logo debaixo de um qualquer coberto<sup>5</sup>.

O trabalho de execução do forno só termina com a execução da estrutura de protecção em cantoneira, assinalada na figura pela letra

[a]. Nunca esquecer que devido à dilatação do forno durante a cozadura a estrutura de ferro deve ter uma folga de alguns milímetros.

A dilatação só se torna evidente a partir dos 1.050°C. É também possível executar uma estrutura de protecção com quatro pilares de cimento e verguinha, unidos entre si na parte superior e na base por vigas executadas no mesmo material.

No caso dos fornos cilíndricos, três correntes de ferro colocadas à volta do forno e a diferentes alturas, darão a resistência necessária.



*Figura 119 - Composição da chaminé do forno*

No que respeita à arquitectura da chaminé do forno (para os fornos de tiragem descendente), não será necessário construí-la na totalidade em ladrilho refractário isolante<sup>6</sup>.

Só é necessário erguer a chaminé em ladrilhos até uma altura de 150 cm. Não esquecer que a altura da chaminé corresponde ao dobro da altura do forno. A partir da altura de 150 cm a temperatura já será suficientemente baixa para se poder introduzir um tubo de ferro, economizando assim tempo e dinheiro.

Para ser facilitada a execução da chaminé, aconselho a que sua secção seja quadrada.

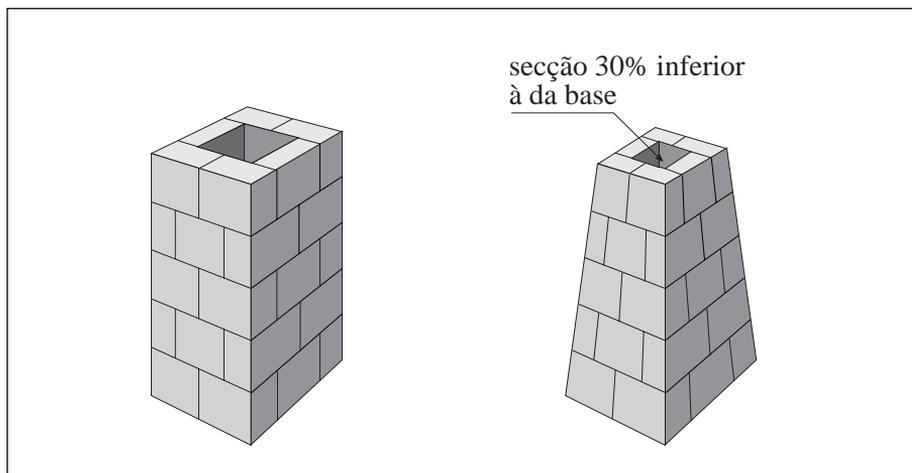


Figura 120 - Formato ideal da chaminé do forno

Pretendendo uma melhor tiragem, a chaminé deve com o seu crescimento em altura, diminuir regularmente de secção interna. A chaminé deve ter uma secção na sua boca 30% inferior em tamanho em relação à sua base.

Em qualquer dos casos, a construção da chaminé começa por ser provisória. A sua altura que corresponde ao dobro da altura do forno, não é lei. Muitas vezes é necessário aumentar a sua altura porque a tiragem é insuficiente e o forno não atinge a temperatura desejada. Outros casos há em que é necessário diminuir a sua altura porque o forno tem uma tiragem excessiva traduzida por um gasto excessivo de energia e aquecimento demasiadamente rápido.

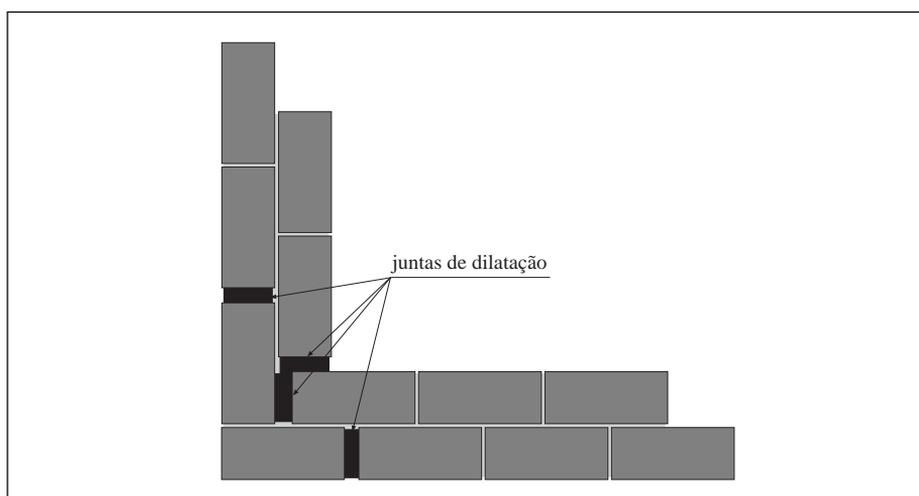


Figura 121 - Juntas de dilatação

Já aqui falei em dilatação, quando me referi que o forno devia ser protegido exteriormente por uma estrutura metálica de cantoneira. Referi a necessidade de existir uma pequena folga em milímetros.

Embora no tijolo refractário a dilatação real só se produza a partir dos 1.050°C, chegando a um valor máximo de 2% nas altas temperaturas. Significa isto que um forno com paredes com a largura de 100 cm, sofrerão uma dilatação de 2 cm.

Não havendo as designadas “juntas de dilatação”, as paredes racharão provocando a saída do calor e o arrefecimento rapidíssimo do forno.

Uma junta de dilatação é por definição um espaço livre entre os ladrilhos refractários isolantes sem cimento algum. As juntas de dilatação num forno de faces planas, são sempre feitas nas arestas, conforme se observa na figura anterior, numa perspectiva vista de cima.

No caso de um forno cilíndrico, os espaços em [V], entre os ladrilhos refractários isolantes, absorvem perfeitamente a dilatação. Neste formato de forno a dilatação não é notória, sendo uniforme porque o forno não tem qualquer esquina.

Para permitir a dilatação, não se devem fazer estruturas demasiadamente rígidas e compactas com os tijolos refractários isolantes.

Conclui-se que a dilatação só é crítica em fornos com arestas.

As zonas mais difíceis de executar são os arcos das portas, as abóbadas e as cúpulas do forno.

Na figura que se segue, revela-se o arco de mais simples execução para uma porta do forno.

O processo mais correcto para construir o arco de uma porta, necessita de recorrer a um molde de madeira feito previamente. O mesmo acontece relativamente à abóbada do forno.

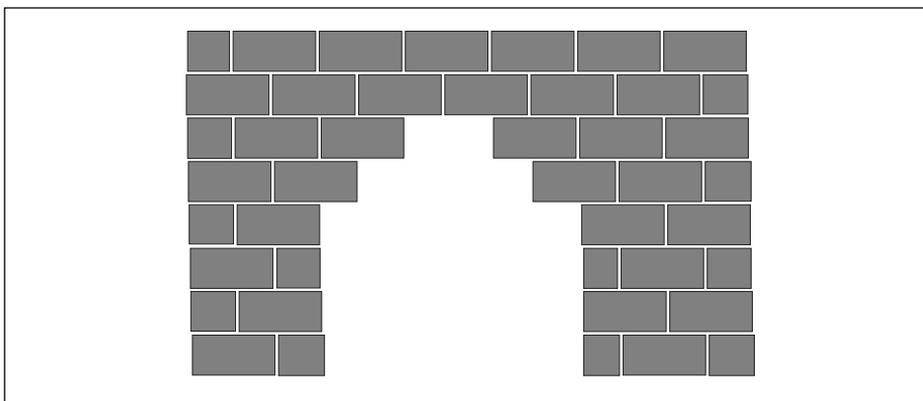
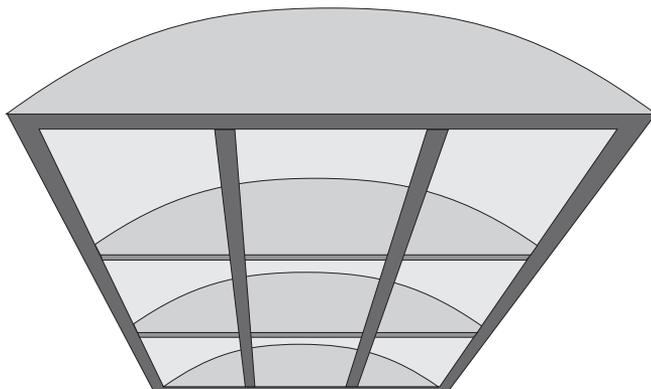
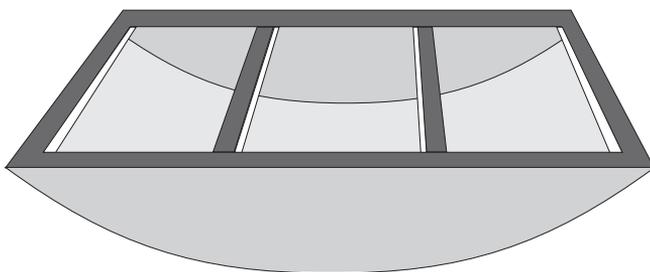


Figura 122 - Esquema de arco simples para porta de forno

**Esquema de moldes para fornos**

*Figura 123 - Molde em madeira para a execução da abóbada do forno.*

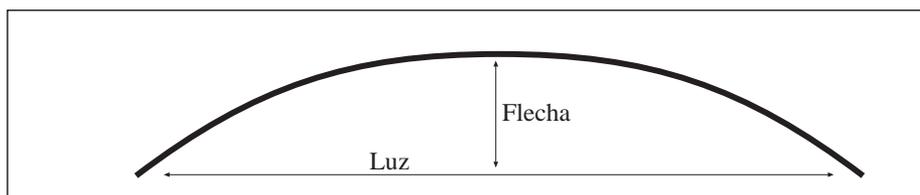


*Figura 124 - Molde em madeira para a execução da abóbada da porta do forno.*

O recurso ao molde em madeira justifica-se porque os arcos construídos num forno são sempre pouco acentuados.

O arco de um forno está estabelecido através de duas dimensões, referidas na figura seguinte: a **flecha** que é a altura do arco e a **luz** que corresponde à largura desse arco.

Também para esta construção existe uma proporção considerada óptima para os fornos cerâmicos: 1:6, ou seja, 1 flecha : 6 luz.



*Figura 125 - Luz e flecha num arco de um forno*

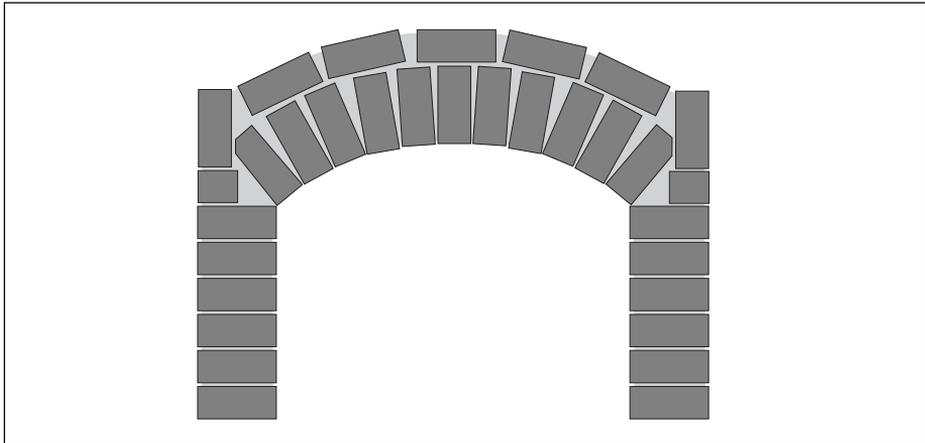
As zonas abertas em [V] dos arcos, serão preenchidas com cimento refractário. Durante a execução de uma abóbada e nos fornos de tiragem ascendente, nunca se deve esquecer da abertura superior para o escape dos gases, que deverá ser central.

Sendo um forno de secção cilíndrica, o tecto será executado sob a forma de uma cúpula.

A sua construção é conseguida através da montagem prévia de uma estrutura em madeira que sustrará os ladrilhos refractários isolantes até à secagem do cimento que os une.

Uma cúpula equivale a  $1/2$  da esfera, embora no caso dos fornos cerâmicos tenha de ser rebaixada até uma abertura correspondente à proporção do arco da porta ( relação 1 flecha : 6 luz).

Nunca deixar de executar a abertura superior do forno na cúpula para o escape dos gases.



*Figura 126 - Cúpula para fornos cilíndricos*



## 7 · Combustíveis

---



*Figura 127 - Introdução das peças com engobe para cozer num forno no Peru<sup>1</sup>.*

Qualquer tipo de combustível (sólido, líquido, gasoso e electricidade), pode com êxito ser utilizado na cerâmica.

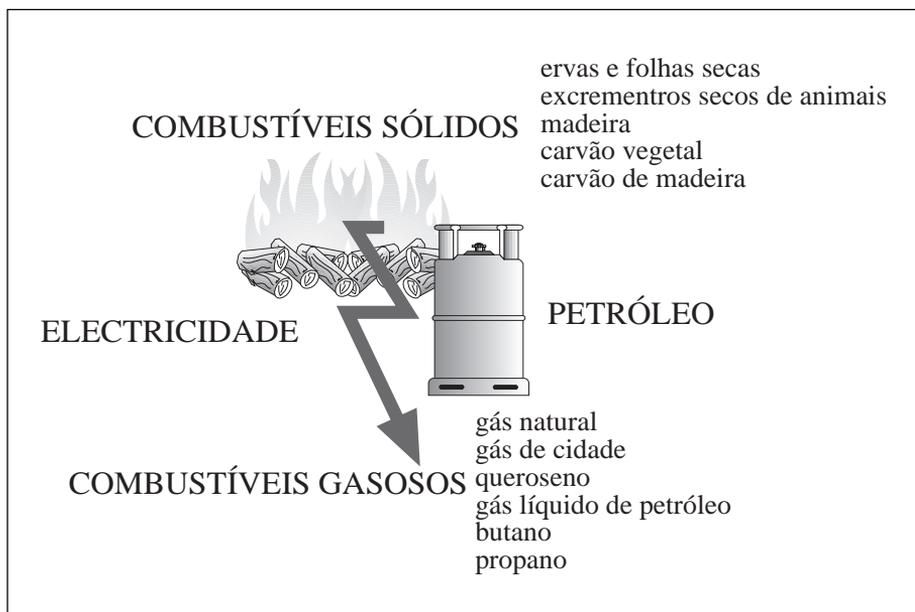


Figura 128 - Tipos de combustíveis

Desde finos ramos com folhas secas a ervas, quase tudo o que arde foi utilizado como combustível sólido desde os tempos mais remotos, desde que a cerâmica existe (Figura 128).

Ainda hoje e como já referi, utilizam-se excrementos secos de animais herbívoros como combustível na cozedura cerâmica, já que está provado que são um material que garante uma combustão uniforme e lenta.

Contudo são a madeira, o carvão obtido da combustão fechada da madeira e o carvão vegetal, os combustíveis sólidos eleitos nos dias de hoje.

Na realidade certos efeitos artísticos, só são possíveis com combustível sólido. Colocando de parte as questões artísticas e indo para o meio industrial, a madeira seria colocada de parte nos finais do século XVIII e substituída pelo carvão vegetal. Combustível que dominaria até aos anos 50 do nosso século. A partir daqui, o desenvolvimento técnico no campo da cerâmica permitiu a utilização do gás e posteriormente da electricidade, com os benéficos efeitos para a protecção da natureza.

Por uma questão ecológica, há que evitar o carvão vegetal como combustível sólido a utilizar.

No que respeita aos combustíveis gasosos, a sua opção depende fundamentalmente da sua facilidade de aquisição. Assim na Grã-Bretanha, o gás natural muito abundante no Mar do Norte, fez com que a indústria deste país optasse por este combustível gasoso. O mesmo aconteceu com a França e a Holanda. O gás natural tem uma grande desvantagem: necessita de um ventilador eléctrico, devido à sua baixa pressão.

Países como o nosso, ao não possuírem gás natural, têm de optar pelo conhecido gás de cidade. Este gás é prejudicial à cerâmica porque contém sulfuro. O sulfuro provoca defeitos nos vidrados como por exemplo o aparecimento de pequenas picadelas após a sua cozedura.

O sulfuro está no entanto ausente nos combustíveis sólidos assim como nos gasosos (querosene, os gases líquidos de petróleo, o butano e propano).

O butano é para toda a população, acessível através de garrafas metálicas de 13 Kg, enquanto que o propano é distribuído em garrafas de 11 e 45 Kg. O butano é o gás utilizado nas nossas casas.

O petróleo, embora não pertencente à classe dos combustíveis sólidos e gasosos, por possuir muitas impurezas é raramente utilizado, a não ser no seu estado refinado.

Finalmente, a electricidade demonstra ser o combustível mais limpo, prático e acessível, utilizado em cerâmica. Tem no entanto a grande limitação de produzir apenas uma atmosfera oxidante. Outro contra será a limitação de temperatura (1.300°C) e o preço proibitivo da energia eléctrica.

Esta forma de energia é desde logo rejeitada pelos ceramistas mais fundamentalistas pelo facto de não possibilitar a atmosfera oxidante. Até à temperatura de 1.100°C, são utilizadas resistências de cromo-níquel. A partir desta temperatura e até aos 1.300°C, opta-se por resistências de “kanthal”, composto de alumínio, cobalto e ferro, associados ao níquel e crómio.

Para os campos artístico e educativo, a opção pelo combustível deveria determinar o tipo de forno. Assim e logo à partida, o forno eléctrico deveria ser posto de parte. A criatividade depende em muito de combustíveis como a lenha, o gás e o carvão, já que permitem cozeduras reductoras e oxidantes. De qualquer modo, a cozedura com lenha permite muitas mais possibilidades que o gás, principalmente na elaboração de cores.

Como já se observou, todos os combustíveis oferecem vantagens e desvantagens, contudo e no campo educativo, eu pessoalmente egeria como combustível a lenha, e como opção em segundo lugar, o gás<sup>2</sup>.

Mesmo optando definitivamente pelo gás como combustível, qualquer ceramista deveria em primeiro lugar passar pela experiência riquíssima que é manusear um forno a lenha.

Hoje em dia, qualquer tipo de fruta ou hortaliça é transpor-

tado em caixas de madeira. Em qualquer hipermercado, mercearia de bairro ou mesmo na praça pública, é possível arranjar caixas de madeira que serão deitadas ao lixo. Estas caixas depois de partidas resultam no melhor combustível a lenha possível de arranjar. Também em qualquer carpintaria ou serração de madeiras, existem inúmeras tiras de madeira que sobram da plaina ou da serra eléctrica.

As madeiras resinosas são as melhores para a combustão. Em Portugal com a existência de tantos pinhais, podemos dizer que estamos privilegiados em conseguir tão bom combustível gratuito ou quase.

Sendo a opção o forno a gás, o combustível gasoso que aconselho é o G.P.L. (o normal Gás Líquido de Petróleo).

Utilizado nas nossas casas e cada vez mais nos automóveis, devido à sua facilidade de aquisição e preço. Sem falar das vantagens ecológicas que advêm da sua utilização. Não produz cheiro, fumo ou barulho porque o queimador é atmosférico (não necessita de um ventilador barulhento). Também a vantagem de conseguir atingir com facilidade altas temperaturas, é motivo para a eleição deste combustível na escola e no campo artístico.

## 7.1 • Poder calórico

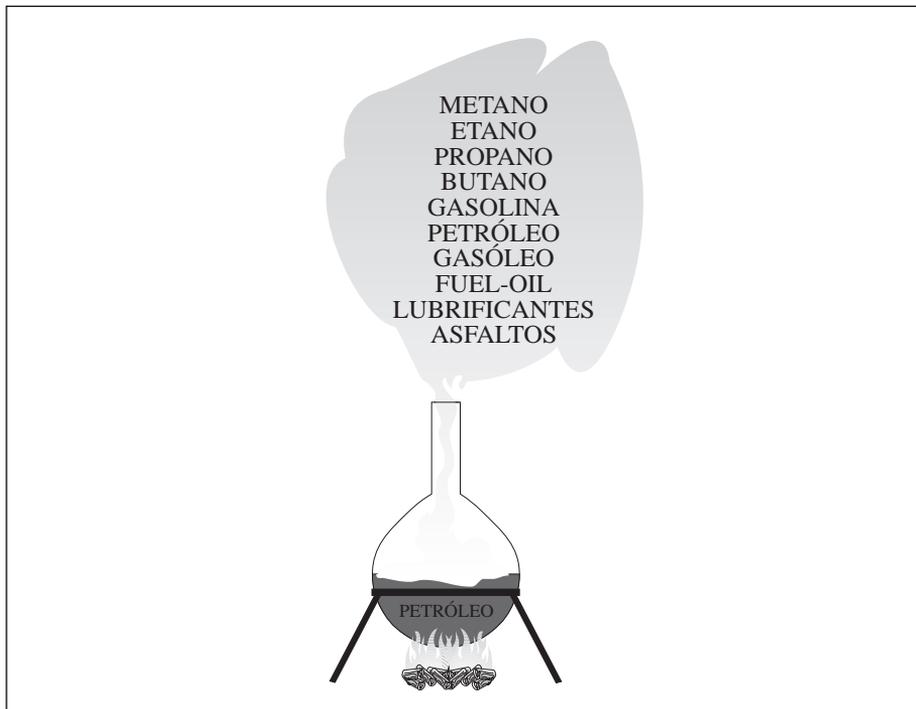


Figura 129 - Os hidrocarbonetos

A refinação do petróleo bruto, permite separar os diferentes hidrocarbonetos por destilação, identificados na figura.

O gás (G.P.L.) que aconselho a utilizar, é um produto derivado do petróleo.

O petróleo bruto, depois de refinado permite separar os diferentes hidrocarbonetos por destilação, identificados na figura anterior.

Os produtos da figura, têm diferentes pontos de ebulição e por isso é possível a sua separação através da destilação (Figura 129).

Quando se aquece o petróleo, o primeiro hidrocarboneto a separar-se é o metano. Com o aumento da temperatura liberta-se sucessivamente o etano, o propano, etc.

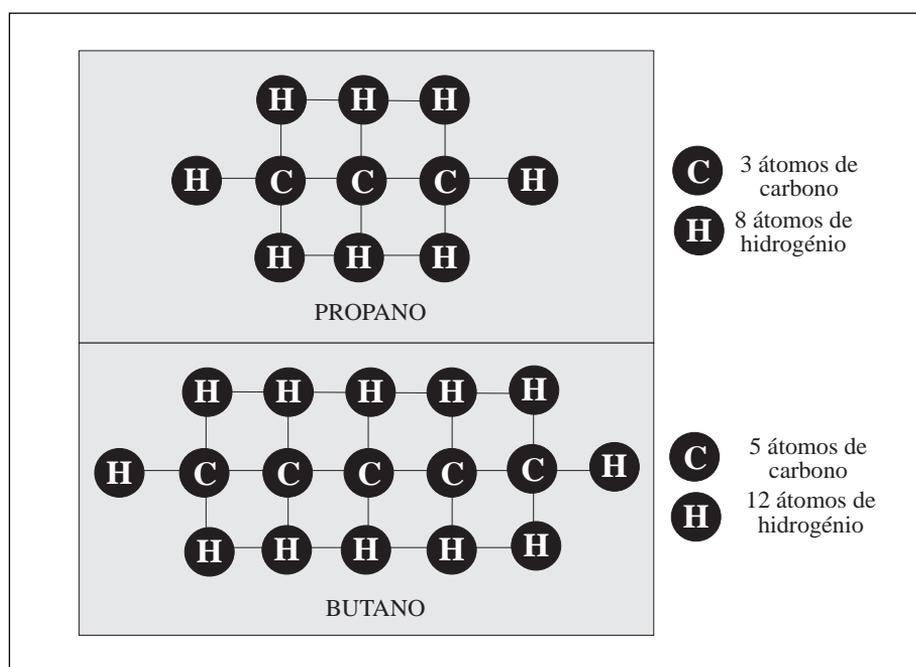


Figura 130 - Composição química do propano e butano

O gás natural também é constituído por hidrocarbonetos, embora seja dominante o metano.

Ao ceramista interessa fundamentalmente conhecer o gás butano e o propano (Figura 130), por serem de fácil aquisição e de grande eficácia.

Designados simbolicamente por [G.P.L.], são armazenados no estado líquido. Sob o ponto de vista químico são constituídos por carbono e hidrogénio (hidrocarbonetos).

Os vapores de G.P.L. não são venenosos e sendo mais

pesados que o ar ( o propano é 1,54 vezes mais pesado que o ar enquanto que o butano é 2,07 vezes), em caso de fuga, espalham-se pelo chão escapando-se por baixo de portas e aberturas no solo. Será portanto conveniente para anular este problema, colocar o forno a gás em local arejado.

Para se identificar a unidade “Poder Calórico” é necessário em primeiro lugar definir Quilocaloria [Kcal]. Trata-se da quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1Kg de água.

1 Quilocaloria [Kcal] = 1.000 calorias

Definida a unidade é necessário identificar agora a noção de “Poder Calorífico”. O poder calorífico de uma qualquer substância é a quantidade de calor que liberta na combustão, uma unidade de massa dessa substância.

De seguida é indicado o poder calorífico de alguns combustíveis:

<b>MADEIRA</b>	<b>2.000 a 4.000 Kcal/kg</b>
<b>carvão</b>	<b>6.000 a 7.500 Kcal/kg</b>
<b>petróleo</b>	<b>8.700 a 11.100 Kcal/kg</b>
<b>gasolina</b>	<b>8.100 a 11.300 Kcal/kg</b>
<b>gás de cidade</b>	<b>4.200 Kcal/m<sup>3</sup></b>
<b>gás natural</b>	<b>8.000 a 10.000 Kcal/m<sup>3</sup></b>
<b>electricidade</b>	<b>860 Kcal/kwh</b>
<b>PROPANO</b>	<b>11.900 Kcal/kg ou 22.000 Kcal/m<sup>3</sup></b>
<b>BUTANO</b>	<b>11.800 Kcal/kg ou 28.300 Kcal/m<sup>3</sup></b>

Estes valores significam em termos práticos que um quilograma de Propano ou butano podem considerar-se equivalentes a:

- 3 a 6 kg de madeira
- 1,5 a 2 kg de carvão
- 1,4 l de petróleo
- 1,5 l de gasolina
- 1,1 Kg de gasóleo
- 2,8 m<sup>3</sup> de gás de cidade
- 1,2 a 1,5 m<sup>3</sup> de gás natural
- 14 Kwh de electricidade

Perante estes valores e sob o ponto de vista calorífico, rendimento, qualidade, economia e limpeza, é fácil verificar que a opção a fazer se dirige com grande vantagem para o Butano e o Propano.

Seguidamente exponho um quadro comparativo das características destes dois G.P.L. (Figura 131):

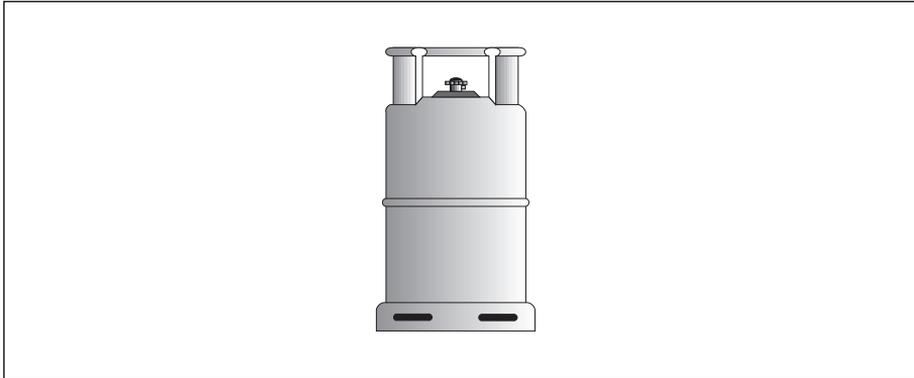
Características		BUTANO	PROPANO
fórmula		C4H10	C3H8
temperatura de ebulição (pressão atmosférica)		0°C	-40°C
tensão de vapor (kg/cm2) a:	5°C	0,8	5,2
	10°C	1,3	6,7
	15°C	1,7	7,5
	20°C	2,3	9,2
	30°C	3,4	12,4
	40°C	4,7	16,0
	50°C	6,7	20,3
densidade (ar = 1)		2,07	1,54
peso específico do líquido (15°C) (kg/l)		0,58	0,51
peso de 1 m3 de gás (15°C, pressão atmosférica) (kg)		2,44	1,85
litros de líquido por kg de líquido		1,7	1,94
litros de gás por kg de líquido		395	505
litros de gás por litros de líquido		235	270
temperatura da chama (°C)	com ar	2008	1985
	com oxigénio	2800	2730
velocidade de combustão /cm/s)		80	80
temperatura de auto-inflamação no ar (°C)		525	535
limites de inflamabilidade em % de gás no ar		1,8 - 8,8	2,4 - 9,3
ar necessário à combustão (m3 de ar por cada m3 de gás)		31	24
poder calorífico superior	kcal por kg	11.800	11.900
	Kcal por m3	28.300	22.000

Figura 131 - Quadro comparativo dos G.P.L.

designação comercial	riscos específicos
<b>PROPANO</b> <b>C3H8</b>	 gás liquefeito extremamente inflamável
estado físico a 20° c : gasoso cor : incolor odor : característico poder calorífico : 11.900 Kcal / Kg ou 22.000 Kcal /m3	

designação comercial	riscos específicos
<b>BUTANO</b> <b>C4H10</b>	 gás liquefeito extremamente inflamável
estado físico a 20° c : gasoso cor : incolor odor : característico poder calorífico : 11.800 Kcal / Kg ou 28.300 Kcal /m3	

Figura 132 - Quadros identificativos dos G.P.L.



*Figura 133 - Embalagem vulgar dos G.P.L.. O gás propano e butano são distribuídos ao público em garrafas de 13 Kg (butano) e de 11 a 45 Kg (propano)<sup>3</sup>*

Conhecendo o poder calórico do combustível eleito, é fácil determinar o poder calórico necessário para uma cozedura.

Em primeiro lugar, será necessário determinar o volume interior do forno, para então ser calculado o poder calórico necessário para que a temperatura possa ser elevada<sup>4</sup>.

Valor simbólico:

**Um forno normal necessita aproximadamente de 370 Kcal/h por cada litro de capacidade interna, para que possa atingir uma alta temperatura.**

Exemplo de cálculo das necessidades calóricas de um determinado forno:

Tenho um forno com 500 litros de capacidade interna. Pretendo saber qual o poder calórico necessário para atingir os 1.280°C.

Começo por multiplicar o valor de 370 Kcal/h pela capacidade interna do forno.

$$370 \text{ Kcal/h} \times 500 \text{ l} = 185.000 \text{ Kcal/h.}$$

Necessito de 185.000 Kcal/h. para alimentar o forno com 500 litros de capacidade interna.

Como o forno não deve funcionar com um só queimador, necessito de 2 com a capacidade individual de gerar 100.000 Kcal/h ou 4 com capacidade individual de gerar 50.000 Kcal/h.

Optando pelo gás butano como combustível, sendo o seu valor calórico 28.300 Kcal/m<sup>3</sup> por Kg. As garrafas são comercializadas com a quantidade de 13 Kg, pelo que se consegue tirar partido de 367.900 Kcal/m<sup>3</sup>, resultado da multiplicação do valor calórico pelos 13 Kg que contém a garrafa:

$28.300 \text{ Kcal/m}^3 \times 13 \text{ Kg da garrafa} = 367.900 \text{ Kcal/m}^3$

Teoricamente, uma garrafa de butano daria facilmente para uma hora de cozedura, já que o forno gasta  $185.000 \text{ Kcal/h}$  e a garrafa possui  $367.900 \text{ Kcal/m}^3$ . Trata-se de um cálculo pouco preciso, já que a garrafa nunca será esvaziada por completo, e ainda porque o gás tem dificuldade em sair quando a pressão é pequena.

Além da pressão ir diminuindo, ficará sempre cerca de 15%. Também a temperatura exterior é fundamental para que a pressão do gás não se altere. No Inverno a pressão diminui dentro da garrafa devido à contracção do gás no seu interior.

Estas dificuldades têm no entanto uma solução; utilizando-se quatro garrafas ligadas em série para cada queimador.

Esta ligação nunca deverá ser executada por algum curioso. Existem no mercado ligações deste tipo perfeitamente seguras.

Contudo, esclareça-se que uma garrafa de 45 Kg nunca poderá substituir três de 15 Kg. Não se trata de ter em conta a quantidade de gás disponível, mas tão só a pressão.

## 7.2 • Queimadores

O queimador é um instrumento de concepção muito simples, onde se mistura o gás (que sai sob pressão da garrafa) com o ar, permitindo a combustão (Figura 135).

Existem queimadores para os diferentes tipos de combustíveis líquidos e gasosos. No entanto, como o combustível eleito é o gás, o queimador terá de ser necessariamente atmosférico<sup>5</sup>.

Um queimador atmosférico aproveita o ar existente para produzir a combustão. Trata-se do tipo de queimador mais perfeito e económico, já que não necessita de ventilador.

O gás (observar a figura com o esquema de um queimador atmosférico) sujeito a uma grande pressão no interior da garrafa, ao sair arrasta e rationa o ar necessário à combustão que contém cerca de 22% de oxigénio.

Quanto maior for a quantidade de combustível oxidado, mais será o calor gerado.

Continuando a observar o esquema descrito, a peça chave é o tubo “venturi” bicónico que produz um efeito de sucção devido à sua forma, com o consequente aumento de pressão.

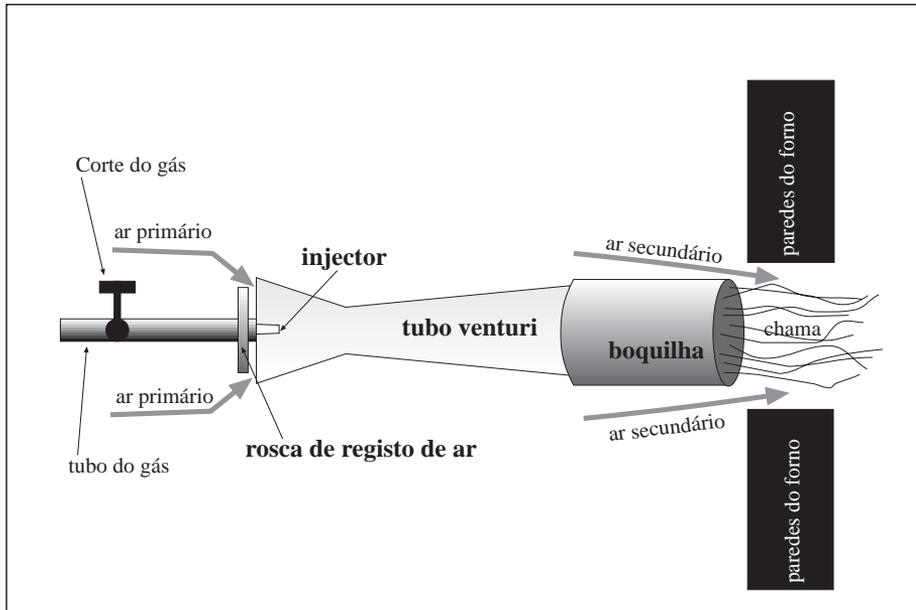


Figura 134 - Modelo de queimador atmosférico normal

O processo de funcionamento deste queimador é simples. O ar primário é sugado para o interior de tubo “venturi” pelo gás que sai à pressão do injetor, devendo ser forte e constante.

O diâmetro interno do injetor deve ser o adequado para que não saia gás em excesso. Sendo grande a abertura, provocará uma atmosfera redutora, o contrário impedirá a saída de gás necessário.

O ar primário que entra pela parte de trás do injetor através do tubo “venturi”, mistura-se no seu interior com o gás. A quantidade de ar primário pode ser regulada através de um rosca. O excesso de ar primário faz diminuir a temperatura da chama.

A quantidade de ar primário é determinante numa cozedura que já permite a existência das atmosferas oxidante, redutora e neutra. O ar primário regula também a propagação da chama.

No princípio da cozedura o ar primário deve estar quase fechado para que a chama não provoque explosão.

O ar secundário também exerce influência na combustão do gás. Pouco ar secundário, não permitirá a necessária subida de temperatura. Como se observa ainda na mesma figura, penetra pela abertura do forno, sendo sugado para o interior devido à tiragem produzida pela chaminé.

O forno funciona portanto como um aparelho de sucção de ar. Pouco ar secundário tornará a combustão fraca e gasto inútil de gás.

A dimensão das aberturas do forno onde estão ligados os

queimadores, é determinante para uma boa combustão. O queimador deve portanto, estar a cerca de uma polegada de distância, da abertura do forno. Esta abertura deve ser de secção quadrada ou rectangular, nunca redonda.

De seguida está estabelecida uma tabela de medidas da abertura para a entrada da chama do queimador atmosférico.

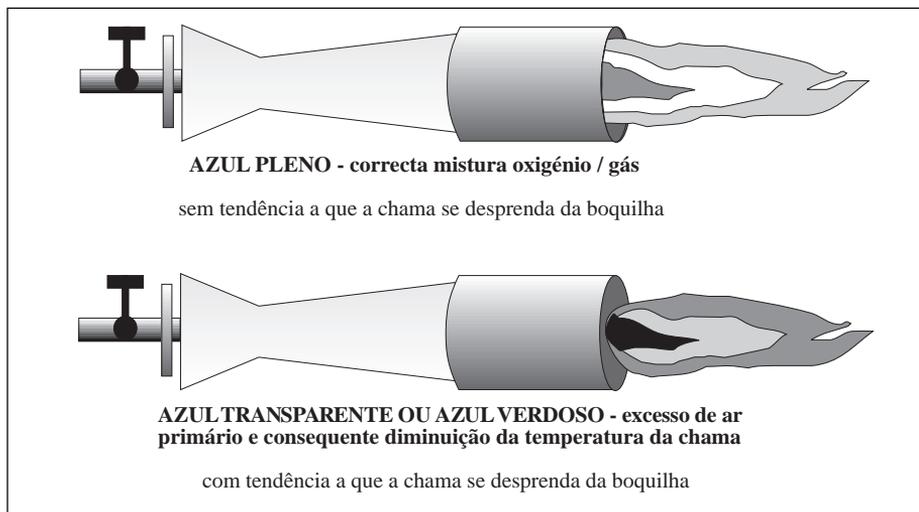
Kcal do queimador	abertura em cm <sup>2</sup>	medida quadrada
10.000	64	8 x 8 cm
30.000	81	9 x 9 cm
50.000	121	11 x 11 cm
60.000	144	12 x 12 cm
70.000	169	13 x 13 cm
80.000	196	14 x 14 cm
90.000	225	15 x 15 cm
100.000	256	16 x 16 cm
110.000	272	16,5 x 16,5 cm
120.000	289	17 x 17 cm
135.000	234	18 x 18 cm
150.000	361	19 x 19 cm
170.000	400	20 x 20 cm
180.000	441	21 x 21 cm
200.000	484	22 x 22 cm
250.000	625	25 x 25 cm
300.000	729	27 x 27 cm

*Figura 135 - Tabela de dimensões das entradas de ar e capacidade dos queimadores*

A chaminé bem regulada é também outro factor que determinará uma boa cozedura. Aberta de mais, haverá um excesso de tiragem e não será possível atingir a temperatura desejada.

Contudo a questão fundamental é saber e reconhecer o momento para regular o ar primário nos queimadores atmosféricos, o secundário e a tiragem através da chaminé.

O ceramista treinado reconhece estas três necessidades através da cor da chama:

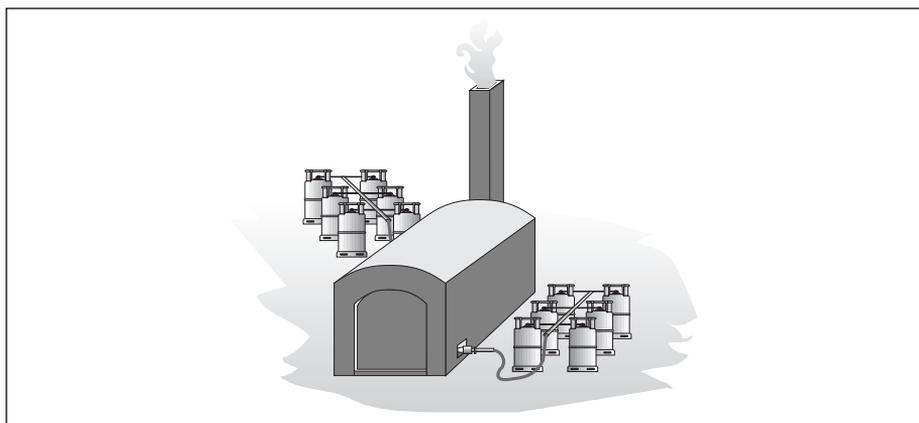


*Figura 136 - Regulação através da cor da chama*

Como já referi, para ser mantida constante e ao mesmo tempo homogénea, a pressão do gás, para cada queimador atmosférico devem ser acopladas quatro botijas.

Para tal é feita uma ligação em paralelo entre as quatro, em tubo de cobre. A colocação de um manómetro antes do queimador, será sempre uma boa ideia já que permite saber durante a cozedura, a pressão existente. Quando baixar até às três atmosferas, dever-se-ão substituir as garrafas.

O gás que ficou no seu interior, que ainda será muito, será posteriormente disponibilizado para o início de outra cozedura.



*Figura 137 - Planta de esquema de ligação de botijas de gás a um queimador atmosférico. A figura mostra um esquema para a combustão com gás G.P.L. Verifica-se a alimentação de cada queimador por seis garrafas.*

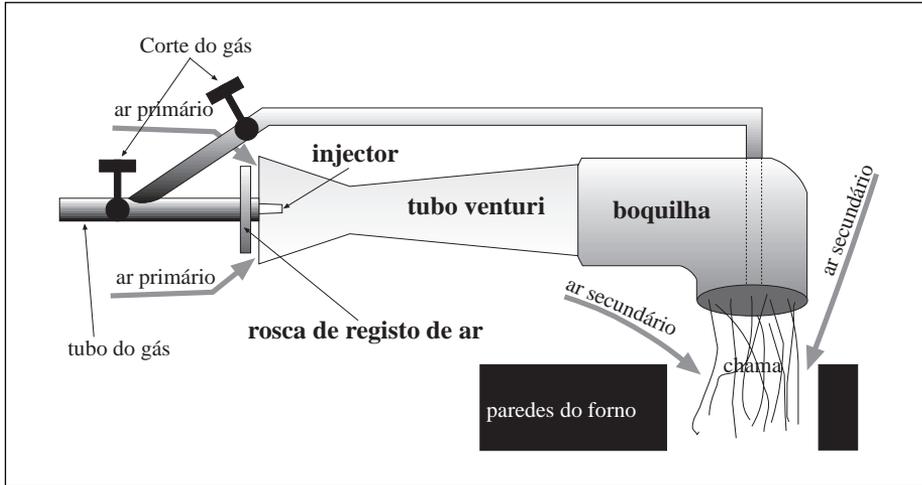


Figura 138 - Modelo de queimador atmosférico normal para atmosfera redutora

Na figura acima, mostra-se outro tipo de queimador atmosférico (Figura 137).

Este tipo de queimador permite a obtenção de uma redução intensa na parte final da cozedura, com a abertura para a passagem de gás do tubo de redução.

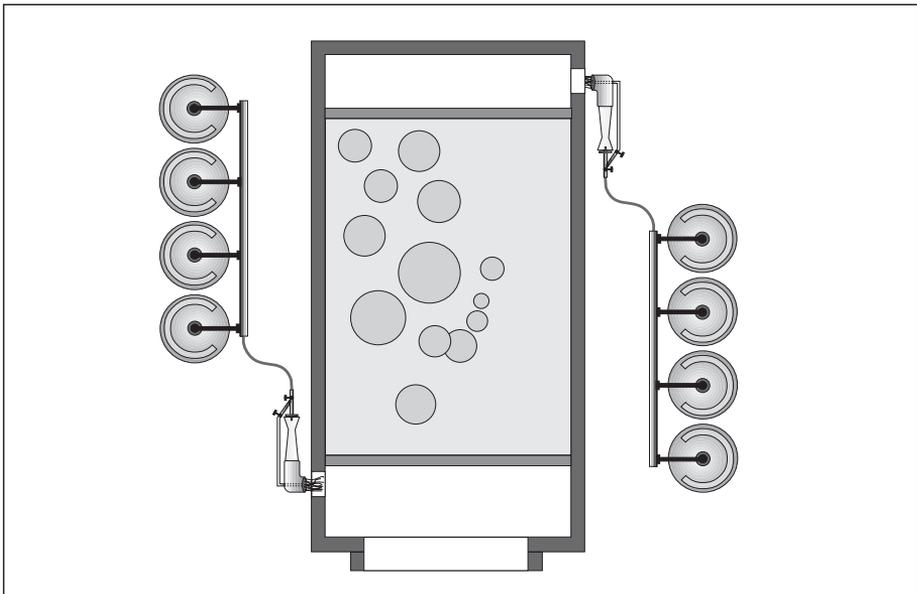


Figura 139 - Planta de forno com esquema de colocação dos queimadores

O processo de funcionamento deste queimador é idêntico ao anterior, embora permita tirar melhor partido das atmosferas do que ele.

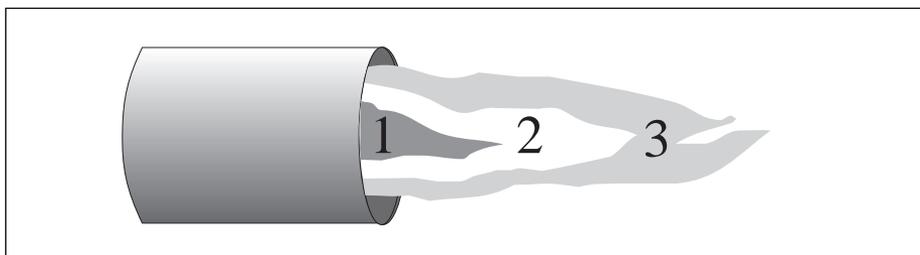
Como no anterior, a cozedura tem o seu início com a abertura das garrafas de gás, ao mesmo tempo que se acende o queimador com a rosca do “ar directo” quase encerrada.

Até cerca dos 850°C, a quantidade de ar directo deve ser mínima para permitir a existência de uma atmosfera oxidante no interior do forno. Pouco a pouco deve-se abrir gradualmente a chave do gás para aumentar a temperatura.

Aumentando a quantidade de gás libertado, deve-se compensar com a abertura da rosca do ar directo. Contudo, este oxigénio em excesso dá origem a uma chama ruidosa e muito azul.

Quando se atinge a temperatura desejada, fecha-se a chaminé, o mesmo acontecendo com as aberturas dos queimadores, encerradas quase na totalidade com placas refractárias. A chaminé também não deve ser completamente fechada.

Querendo uma atmosfera redutora, utiliza-se o queimador em [L]. Para tal, fecha-se quase por completo a rosca da abertura do ar primário e liberta-se mais gás através do “tubo de redução”. Pouco ar e muito gás libertado pelo queimador, provocará uma atmosfera redutora. é nesta altura que sai do forno o cone de redução com a cor alaranjada.



*Figura 140 - Chama na boca de queimador atmosférico*

Observe na figura anterior (Figura 140), o tipo de chama correcta de um queimador G.P.L., que deverá ter sempre características oxidantes.

Uma boa chama possui os três cones identificados na figura<sup>6</sup>.

1º cone: interno - É incolor e redutor. Difícil de distinguir, é formado por gases ainda não consumidos que vêm do interior do queimador. É uma mistura ar/gás submetida a uma temperatura que ainda não corresponde ao seu ponto de inflamação.

2º cone: intermédio - Verdoso e de maior luminosidade. Constituído por uma mistura que sofre uma combustão incompleta.

3° cone: exterior - Alaranjado. É a zona onde o carbono é aquecido a temperaturas superiores a 1.400°C.



## 8 · Modelos de fornos para construção na escola

---

Sob o ponto de vista do manuseamento, vários fornos iguais e construídos pelo mesmo construtor, têm um comportamento diferente. Além disso, situados em locais diferentes, permitem ciclos de cozeduras diferentes<sup>2</sup>.

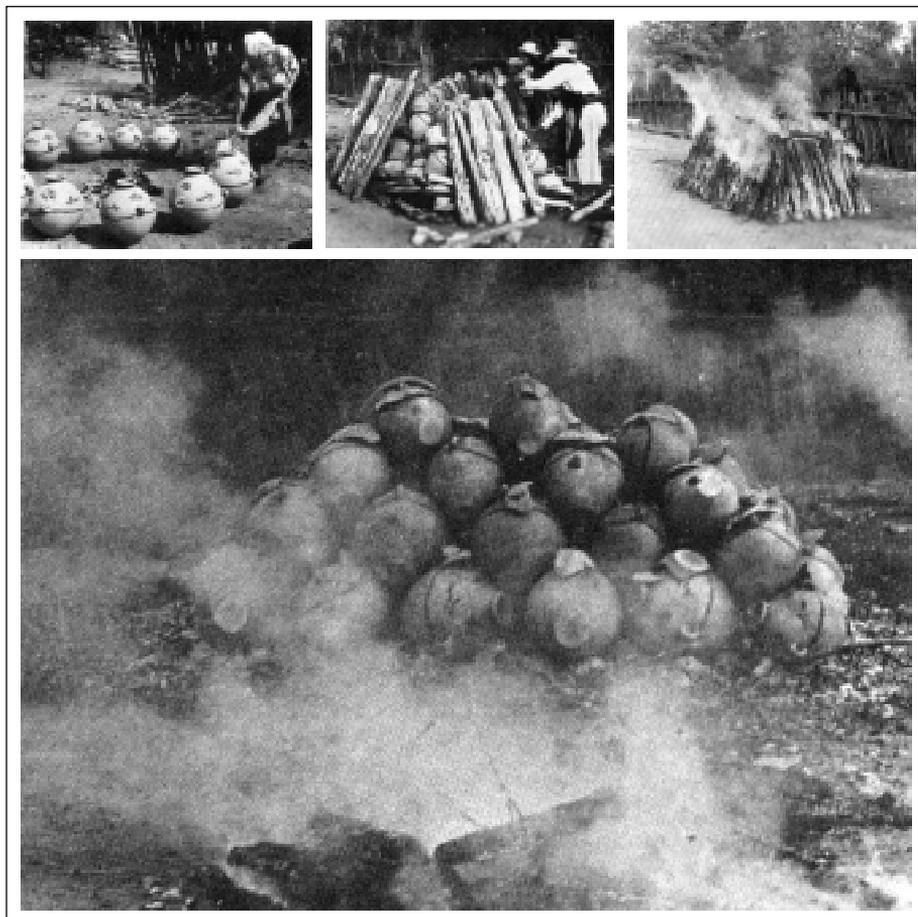
Portanto, chamo desde já atenção para o facto de qualquer uma destas receitas poder ser falível para o executante, não o tendo sido com o seu construtor. O fracasso pode também ser possível, quando o executante não dá a importância devida a algum pormenor particular, que julgue desnecessário.

Aspectos como a altitude do local, o combustível gasoso, o tipo de madeiras empregues, etc. são aspectos a ter em conta para as devidas correcções.

Contudo, se inicialmente o forno construído segundo uma destas receitas já tratadas, não funcionar correctamente, tendo um pouco de perspicácia, com facilidade serão corrigidos erros pontuais.

Aproveito para identificar alguns aspectos que determinam o êxito:

- Os fornos cilíndricos são os mais eficazes.
- Os fornos de tiragem ascendente também são os mais eficazes.
- O isolamento deve ser bem executado. Nunca poupar nos



*Figuras 141, 142, 143 e 144 - Fases da cozedura ao ar livre no México<sup>1</sup>.*

ladrilhos isolantes refractários. Paredes finas impedirão que o forno atinja a temperatura desejada.

- A abertura superior ou a chaminé, conforme os casos, deverá ser em superfície igual à soma das superfícies de entrada da chama dos queimadores.
- A abertura superior ou a chaminé, conforme os casos, deverá ser em superfície igual a metade da superfície de entrada da câmara de combustão.
- Lenha grossa ou húmida não produzirá calor suficiente.
- A lenha de resinosa (o pinho é uma óptima madeira) produz mais calorias.
- As aparas das serrações são o melhor tipo de madeira por terem pouca grossura e estarem secas.

- Um queimador fraco relativamente ao volume do forno, não produzirá o poder calórico suficiente.
- Pouca pressão nas garrafas de gás, não produzirá o poder calórico suficiente.
- Aberturas inferiores demasiadamente pequenas para a capacidade dos queimadores, impedirão o efeito de sucção de ar para o interior do forno.
- Tampa superior do forno mal regulada impedirá a concretização de uma boa cozedura.

Independentemente do tipo e do combustível utilizado, um forno necessita mais do que as aberturas normais (chaminé, tampa superior, porta da câmara de combustão e entradas de ar dos queimadores). Havendo disponibilidade financeira, deve-se executar uma pequena abertura na parte superior de uma das paredes laterais com cerca de 2 cm de diâmetro para a introdução de um pirómetro.

Não recorrendo a este aparelho, existe sempre o recurso à visão directa do interior do forno, interpretando a temperatura através da cor. Para tal, um pequeno orifício no centro de uma das paredes laterais permite essa visão. Contudo, como a observação directa é sempre empírica, convém recorrer a um processo completamente fiável, já estudado: os cones pirométricos. Estes cones colocados no interior do forno e perto da abertura de observação do interior, permitem uma avaliação correcta da temperatura.

Independentemente de todas as considerações aqui feitas, um forno bem construído, ou seja, com paredes grossas e tendo as juntas de dilatação, sobre uma superfície perfeitamente isolada, é meio caminho andado para o êxito.

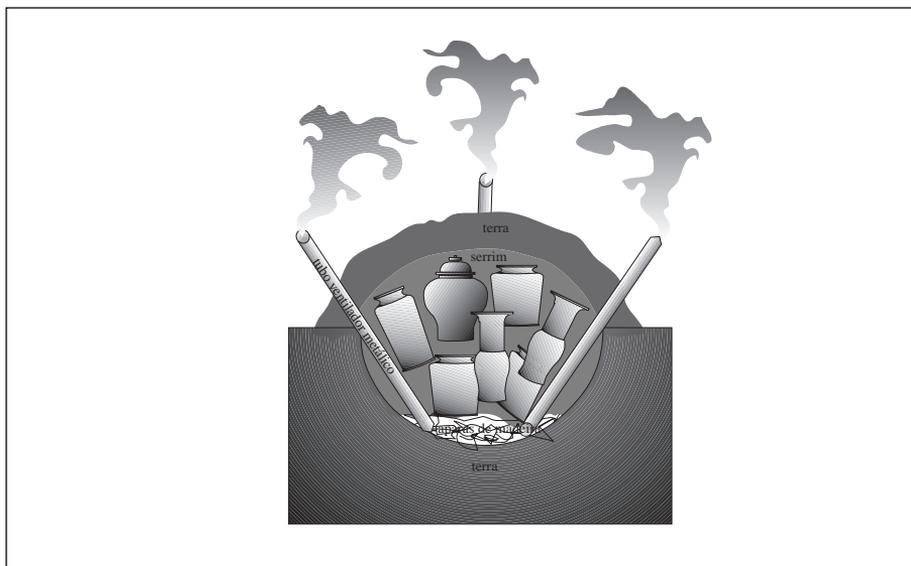
## **8.1 · Fornos de concepção elementar**

### **8.1.1 · Cozedura ao ar livre num buraco**

Como já foi referido, trata-se do processo de cozedura mais rudimentar, utilizada pelos nossos antepassados na pré-história.

Esta deveria ser a primeira experiência, atrevendo-me mesmo quase a considerá-la como obrigatória, para quem quer aprender cerâmica.

De fácil realização e sem o recurso a materiais de aquisição, poderia ser um conteúdo programático a dar na escola.



*Figura 145 - cozedura ao ar livre num buraco*

#### Construção e funcionamento:

- Começa-se por escavar um pequeno buraco na terra cuja profundidade deve ser ligeiramente inferior à respectiva largura.
- Seguidamente queimam-se folhas e pequenos ramos secos no buraco para lhe retirar a respectiva humidade<sup>3</sup>.
- No fundo do buraco, colocam-se aparas de madeira seca conforme a figura, e três tubos metálicos para uma boa respiração do forno.
- Acendem-se as aparas de madeira. Quando estiverem a arder intensamente, cobrem-se com serrim, provocando o aparecimento de fumo pelos tubos.
- Segue-se a operação de colocação alternada de peças e serrim. Convém que as peças estejam bem separadas pelo serrim.
- Finalmente, cobre-se o serrim com terra.
- Ao fim de aproximadamente 14 a 20 horas, o serrim ardeu por completo e o monte de terra com as peças abateu.
- As peças são retiradas.

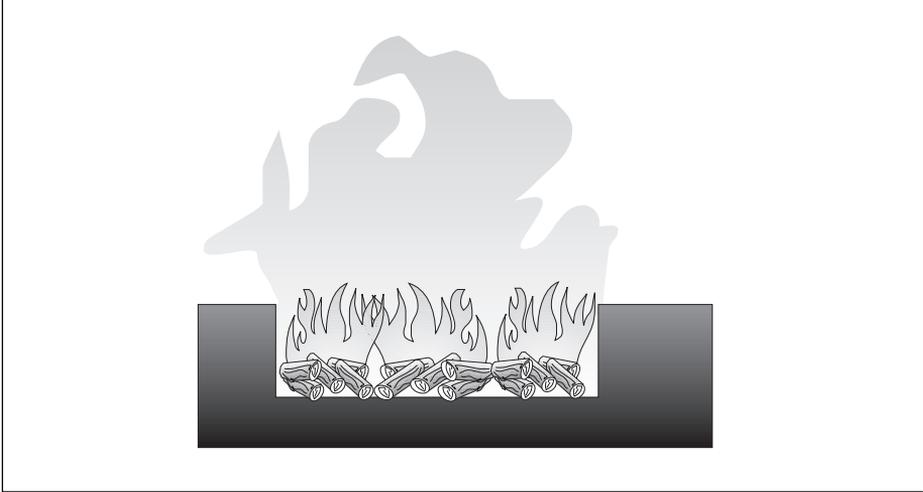
São observadas peças com diferentes tonalidades à sua superfície. As zonas das peças que ficaram mais perto dos tubos são mais claras por que nessa zona a atmosfera era oxidante. Nas partes mais afastadas dos tubos estavam enegrecidas.

### 8.1.2 · Cozedura neolítica ao ar livre

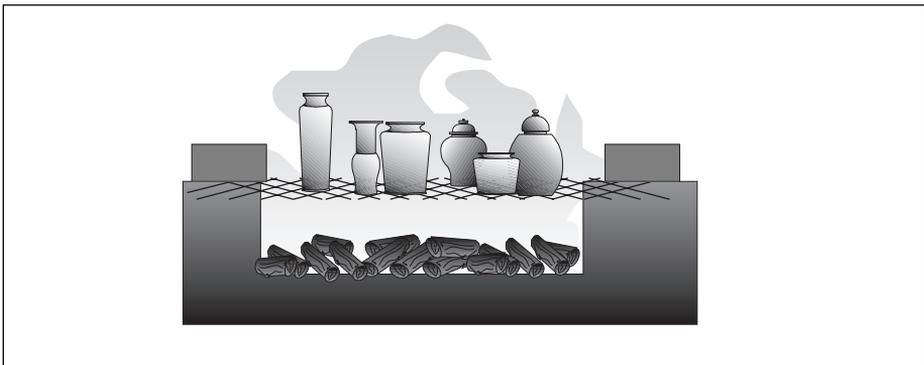
Este tipo de cozedura foi utilizada na época do neolítico e pelos índios norte-americanos<sup>4</sup>.

Semelhante à anterior, implica no entanto, um controle da temperatura para se evitar a quebra de peças.

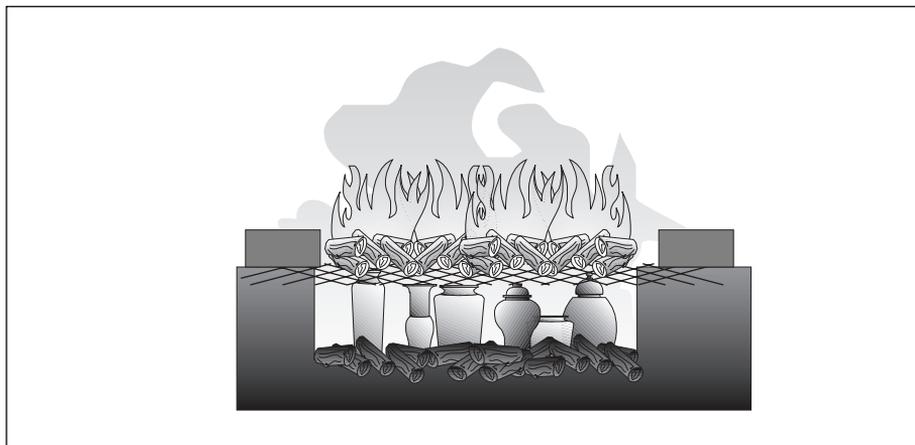
Os povos pré-históricos, juntavam às argilas magras urina, mel e esterco dos animais para a tornar mais plástica.



*Figura 146 - cozedura ao ar livre com rede (1ª fase - preparação do local)*



*Figura 147 - cozedura ao ar livre com rede (2ª fase - pré-cozedura)*



*Figura 148 - cozedura ao ar livre com rede (3ª fase - cozedura)*

Construção e funcionamento:

- Começa-se por cavar um buraco de forma rectangular na terra cuja largura é três vezes a profundidade.
- Acende-se uma fogueira no seu interior com pequenas ripas de madeira de pinho.
- Quando deixar de haver chama, existindo apenas brasas, coloca-se uma rede metálica segura nas extremidades com pedras pesadas, sobre a qual são colocadas as peças para cozer.
- Secas as peças, retiram-se da rede e colocam-se no buraco aquecido com as brasas.
- Inicia-se então a verdadeira cozedura acendendo-se de novo, o fogo sobre a rede que foi agora colocada a tapar o buraco e presa com as pedras.
- Durante a 1ª hora, o fogo deve ser fraco e de ramos muito finos para não haver temperaturas extremas. Seguidamente vai-se aumentando muito lentamente a temperatura com lenha de pinho cada vez mais grossa. Na parte final as chamas podem alcançar até três metros de altura.
- Quando o fogo está na sua máxima intensidade (ao fim de 2 a 3 horas), retira-se a rede facilitando o contacto directo das peças com o fogo.
- Finalizadas as chamas, com as peças incandescentes, atiram-se para um monte de serrim para ficarem negras, devido ao efeito de redução.
- Algumas horas depois, as peças são arrefecidas sendo posteriormente impermeabilizadas no seu interior com leite ou resinas.

### 8.1.3 · Forno de serrim

A construção proposta, refere-se ao primeiro forno proposto para construção. Será um bom exercício para a escola.<sup>5</sup>

Começa-se por adquirir ladrilhos refractários compactos, numa casa de artigos de construção civil. Estes ladrilhos são normalmente utilizados para o revestimento interior das lareiras.

Construção e funcionamento:

- Sobre uma superfície de cimento, no exterior, executa-se uma caixa em ladrilhos refractários, até à altura de dois, sobrepostos. A largura da forma tem dois ladrilhos refractários. Os ladrilhos neste forno não são cimentados, pelo que estão soltos.

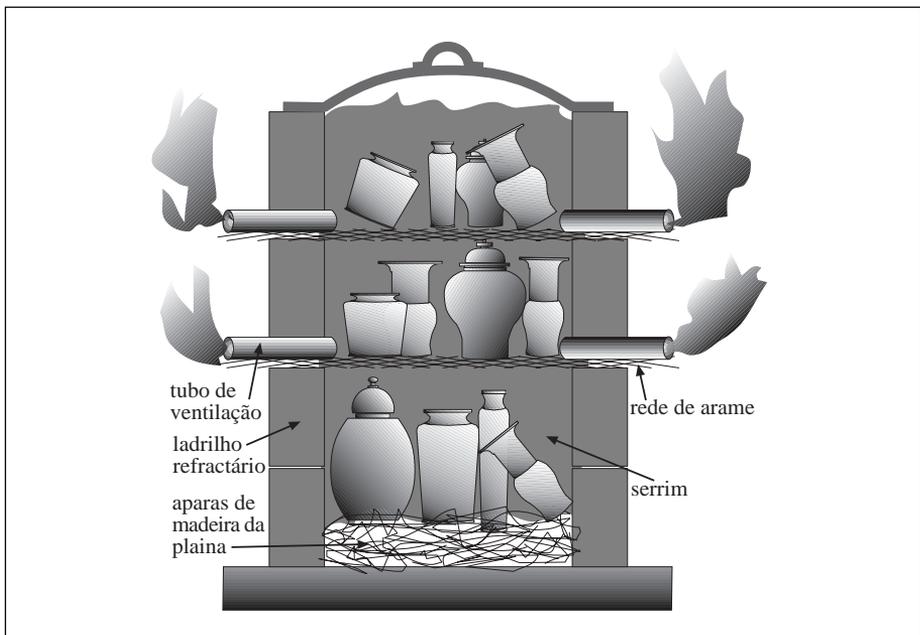


Figura 149 - cozedura em forno rudimentar de serrim

- Começa-se por colocar várias aparas de madeira de uma plaina, no fundo da caixa.
- Acende-se o fogo ao mesmo tempo que são cobertas as tiras de madeira com serrim até à altura do segundo ladrilho (cerca de 5 cm de serrim).

As operações que se seguem devem ser rápidas, já que cozedura teve o seu início.

- Coloca-se um rede metálica do tipo utilizado para os galinheiros, sobre o conteúdo, devendo sobrar para fora dos ladrilhos.

Sobre a rede e na direcção vertical dos ladrilhos já colocados, sobe-se a parede com mais dois ladrilhos refractários de altura. Junto à altura da rede e na parte central de cada lado, são colocados quatro tubos para a saída dos gases de combustão.

- Na rede são colocadas as primeiras peças, entre as quais se solta serrim. Novamente são acrescentadas mais tiras de madeira e posteriormente nova camada com 5 cm de grossura de serrim.
- O conteúdo seria novamente coberto com rede, voltando-se a repetir o processo com os tubos de escape dos gases, ladrilhos, peças e serrim. O processo não se deve repetir mais do que três vezes. Este forno tendo uma altura desproporcionada, perde a sua eficácia.
- O conjunto é no fim tapado com a tampa de uma panela velha ou chapa metálica.
- Após 10 horas, aproximadamente de cozedura lenta, obtêm-se peças com várias tonalidades que vão desde o vermelho ao negro.

#### **8.1.4 • Forno do tipo romano**

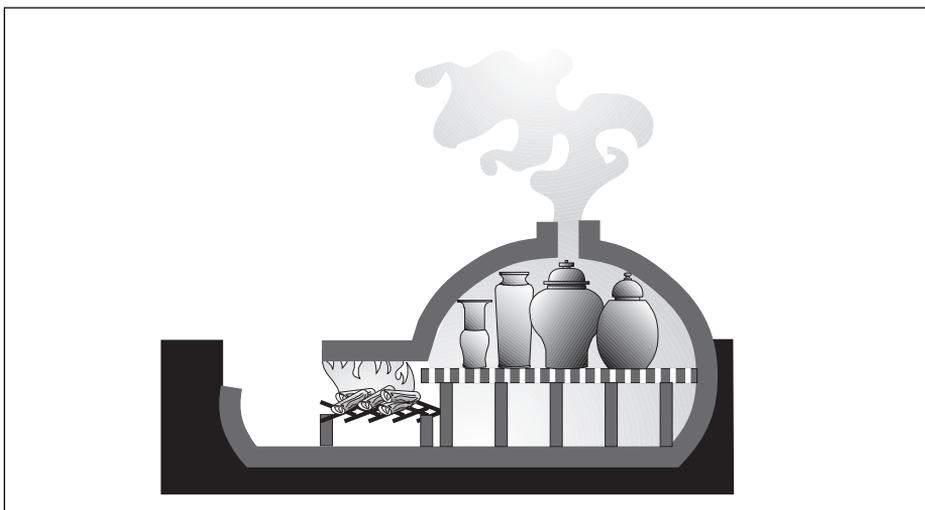
Este será o último forno para construir, sem o recurso a qualquer investimento financeiro.

Para a sua construção é necessário ter acesso a uma barreira de argila, já que a sua construção é quase na totalidade em argila sem qualquer tratamento.

Processo de construção e funcionamento:

- Começa-se por abrir um buraco redondo na terra com cerca de 90 cm de diâmetro por 45 cm de profundidade.
- Encostado a ele, executa-se novo buraco rectangular com a mesma profundidade do anterior mas tendo como dimensões laterais 60x120 cm.
- As duas aberturas são revestidas de barro com a grossura de aproximadamente 10 cm.
- Na zona da abertura rectangular e a uns 10 cm da base, enterram-se horizontalmente pequenas verguinhas para susterm o lume durante a cozedura. Como é natural, o cinzeiro situa-se por debaixo das verguinhas.
- O que se acabou de executar foi a câmara de combustão, devendo ser fechada através de uma abóbada construída com cerca de 80 cm de altura, contados a partir da base do buraco rectangular.
- As paredes do forno (câmara de combustão e câmara de cozedura intimamente ligadas), para terem mais resistência, deverão ser feitas com uma mistura de barro com vasos partidos, pratos, tijolos, etc.

- Executa-se agora a base da câmara de cozedura que deverá ser suspensa em relação à base circular do forno. Para tal utilizam-se vários ladrilhos refractários colocados verticalmente, servindo de colunas a um conjunto de outros sobrepostos horizontalmente, tendo o cuidado de deixar aberturas<sup>6</sup>.
- Inicia-se a execução da abóbada do forno, fazendo uma pausa na construção quando atingir 50 cm de altura.
- Esta abóbada não acabada, permite encher o forno com as peças a cozer.
- Carregado o forno, termina-se de construir a abóbada, tendo o cuidado de deixar na parte superior uma abertura de 20 cm de diâmetro.
- Sobre a abertura, constrói-se uma pequena chaminé.
- Deixa-se secar durante aproximadamente 5 dias, sendo Verão e havendo bom tempo.
- Inicia-se então a cozedura com a lentidão exigida pela primeira fase em qualquer dos processos estudados. Para tal, são empregues pequenos ramos secos. Ao fim de aproximadamente 7 a 8 horas, o forno tem no seu interior uma tonalidade cereja claro, correspondendo portanto à temperatura de 1.000°C.
- Querendo matizar as peças, na parte final da cozedura e pela chaminé, são atiradas folhas verdes, tapando-se de seguida todas as entradas do forno.
- No dia seguinte à cozedura, abre-se a parte superior da abóbada do forno, retirando-se as peças cozidas e com variadas tonalidades.



*Figura 150 - cozedura em forno rudimentar tipo romano*

## 8.2 · Fornos a lenha?

Daqui para a frente, os fornos apresentados em projecto, já exigem para a sua concretização um conhecimento técnico correcto, por parte do utilizador.

A sua virtude reside na sua eficiência e baixíssimo custo relativamente aos de concepção industrial.

### 8.2.1 · Forno cilíndrico de tiragem ascendente a partir de um tambor metálico de 200 litros (*“forno Condorhuasi” de Jorge Fernández Chiti<sup>8</sup>*)

Este forno é executado tendo por base a estrutura de um tambor metálico de 220 litros.

Trata-se um forno muito popular em toda a América Latina, onde o factor económico é impeditivo da aquisição de um comercializado.

Embora com uma capacidade pequena, é o forno que eu aconselho para execução na escola.

Sem falar nas vantagens económicas, relativamente à aquisição dos materiais para a sua construção, o processo representa o cumprimento de conteúdos fundamentais da expressão plástica pelos alunos. É um forno que em aproximadamente 3,5 horas chega aos 1.100°C, sendo possível levá-lo aos 1.250°C. É também muito económico já que o combustível é constituído por restos de caixas de madeira ( de frutas), conseguidas em qualquer mercado ou hiper.

Permite obter cozeduras redutoras e oxidantes e com sais metálicos.

Termino a apresentação deste forno com a seguinte consideração: nenhum professor de educação visual deveria deixar de ter esta experiência de construção.

#### Construção:

Estamos habituados a observar os tambores de 200 litros, como recipientes para o alcatrão, o óleo de automóveis e nas obras de construção civil.

Convém utilizar um tambor de óleo que não esteja amolgado, conseguido em qualquer estação de serviço.

Estes tambores de óleo devem ser lavados com detergente.

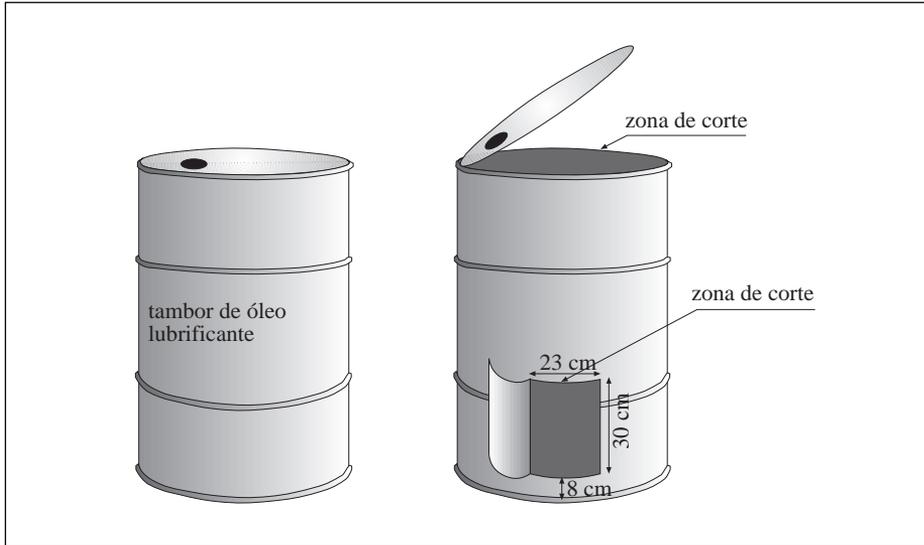
Estes tambores têm geralmente 85 cm de altura por 59 cm de diâmetro, e deve estar em perfeita horizontalidade e sem qualquer deformação.

Começa-se por cortar com a ajuda de uma rebarbadora munida com disco de corte metálico, a base superior e a abertura lateral da câmara de combustão.

No que respeita à base superior o corte tem as dimensões do perímetro da circunferência. O corte da zona da câmara de combustão

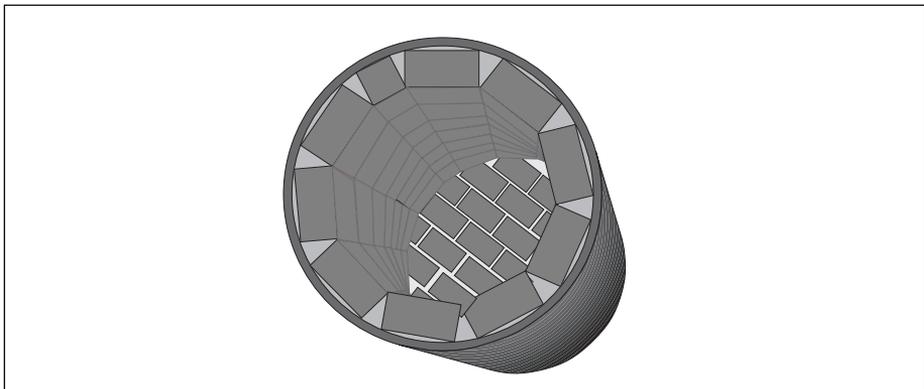
e na face redonda, a cerca de 8 cm da base, devendo ser rectangular e com 30 cm de altura por 23 cm de largura.

Executada a operação das duas aberturas, começa-se por fazer a base da câmara de combustão com ladrilhos refractários isolantes e cimento, havendo necessidade de cortar alguns com a ajuda de um martelo ou rebarbadora com disco de pedra, nas partes curvas.



*Figura 151 - cozedura em forno cilíndrico metálico*

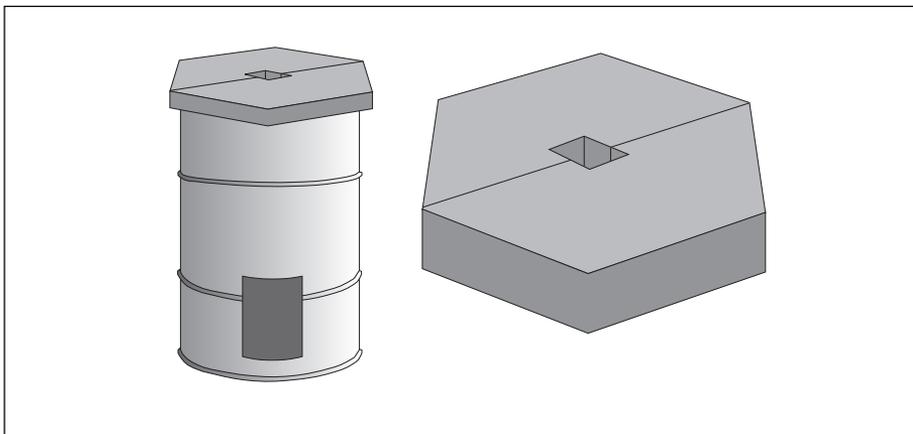
Repare-se que o corte foi feito a 8 cm da base, o que corresponde à altura dos tijolos aconselhados para o efeito (Figura 149).



*Figura 152 - forno cilíndrico metálico*

Já atrás referi que um forno com isolamento fino nas suas paredes, nunca atingirá a temperatura desejada. Executada a base, inicia-se a construção da parede vertical do forno.

Relembro que já dei receitas para executar ladrilhos refractários isolantes e respectivo cimento. No entanto e havendo disponibilidade, é possível adquirir tijolos isolantes refractários e cimento em qualquer casa construtora de fornos cerâmicos. No presente caso convém comprar tijolos de 12 cm de grossura.



*Figura 153 - tampa de forno cilíndrico metálico*

Convém que a grossura da parede não seja inferior a 12 cm ficando o diâmetro interior com  $[(12+12)-59]$  aproximadamente 35 cm, medida que basta numa escola.

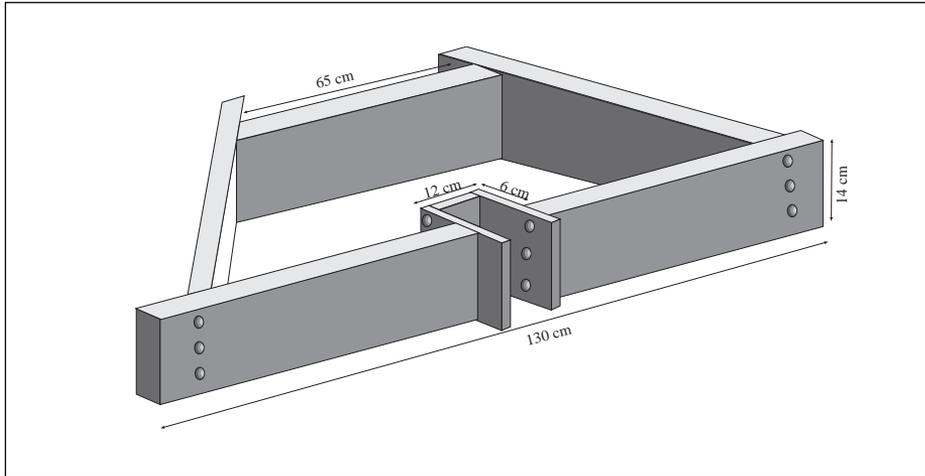
Como é natural, levanta-se a parede deixando livre a abertura para a câmara de combustão (Figura 152). É natural que haja necessidade de recorrer à rebarbadora para cortar os tijolos. A parede deve ser perfeita para que o ar quente circule livremente no interior do forno.

Passa-se à execução da tampa do forno que tem a forma de um hexágono, dividido em dois com uma abertura central quadrada de 12 cm x 12 cm (Figura 153).

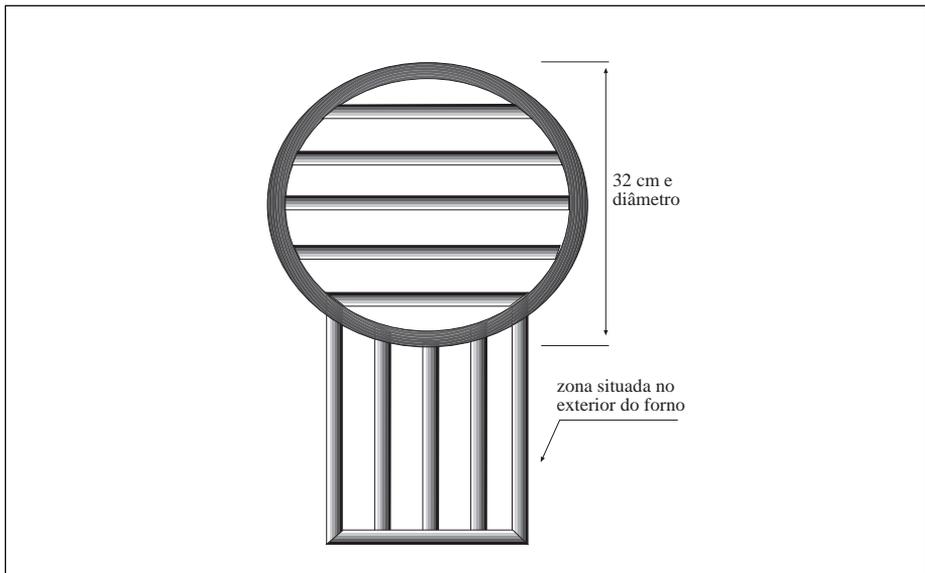
Convém que a grossura desta tampa não seja inferior a 14 cm. Naturalmente que a dimensão da tampa, entre os seus lados, deve ser maior que o diâmetro exterior do forno.

Esta tampa é construída, a partir de um molde previamente executado numa base plana e isolada com papel de jornal (Figura 154).

O molde descrito é cheio com a fórmula de “receita de tampa isolante refractária para o forno”, existente no capítulo: Materiais para Construção de Fornos.



*Figura 154 - molde de tampa do forno cilíndrico metálico*



*Figura 155 - grelha de forno cilíndrico metálico*

Grelha metálica executada numa verguinha (soldada) de ferro normal. A parte redonda é introduzida no forno horizontalmente sobre os tijolos verticais. Sobre ela coloca-se a lenha a arder. As suas aberturas além de deixarem passar o ar vindo da parte inferior do

forno, permitem também libertar as cinzas. Na zona exterior coloca-se a lenha à espera de ser introduzida no forno.

Executado o forno, passa-se à realização de uma grelha de ferro onde arderá a lenha (Figura 155).

Esta grelha cujo desenho é observado na figura não é colocado directamente sobre a base do forno. Entre a grelha e a base do forno existe uma distância de aproximadamente 11 cm, que se designa de cinzeiro. É também a partir do cinzeiro que passa o oxigénio necessário à alimentação da combustão. Para tal, colocam-se três tijolos com 11 cm sobre os quais é colocada a grelha.

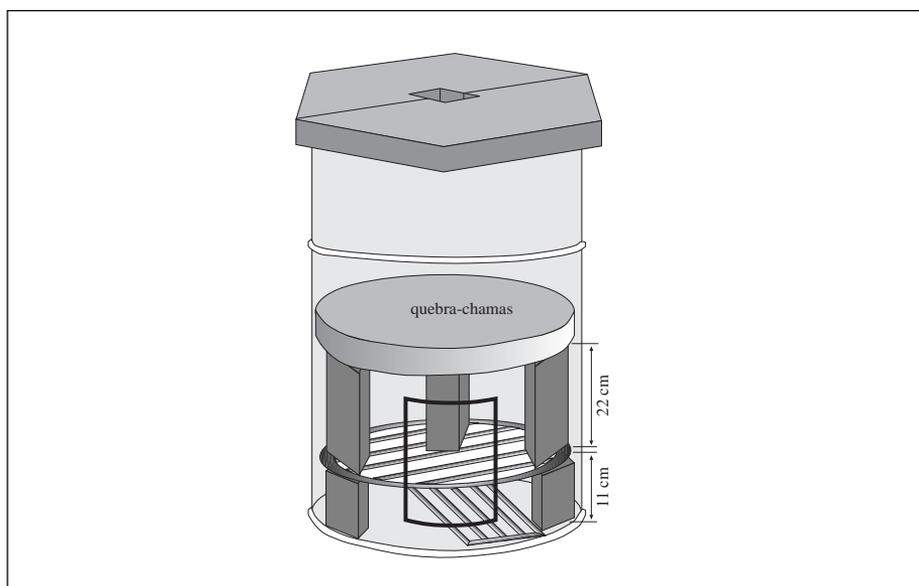


Figura 156 - espaços interiores no forno cilíndrico metálico

Falta apenas colocar o quebra-chamas. Como se sabe, a câmara de combustão não deve estar ligada directamente à câmara de cozedura para que as chamas não atinjam bruscamente as peças. Para tal executa-se um quebra-chamas feito no material da tampa refractária e com 3,5 de grossura mínima (Figura 156).

Esta placa é feita num molde redondo de chapa metálica com o diâmetro de 27 cm.

O quebra-chamas deve ter a grossura indicada para que as peças nele assentes não atinjam uma temperatura demasiadamente elevada. Convém fazer mais do que um quebra-chamas para serem utilizados na construção de vários andares para peças.

O quebra-chamas está apoiado em três tijolos com 22 cm de altura, que por sua vez assentam na grelha metálica. Convém que fique um espaço de 4 cm entre o quebra-chamas e a parede do forno para permitir a passagem de ar quente.

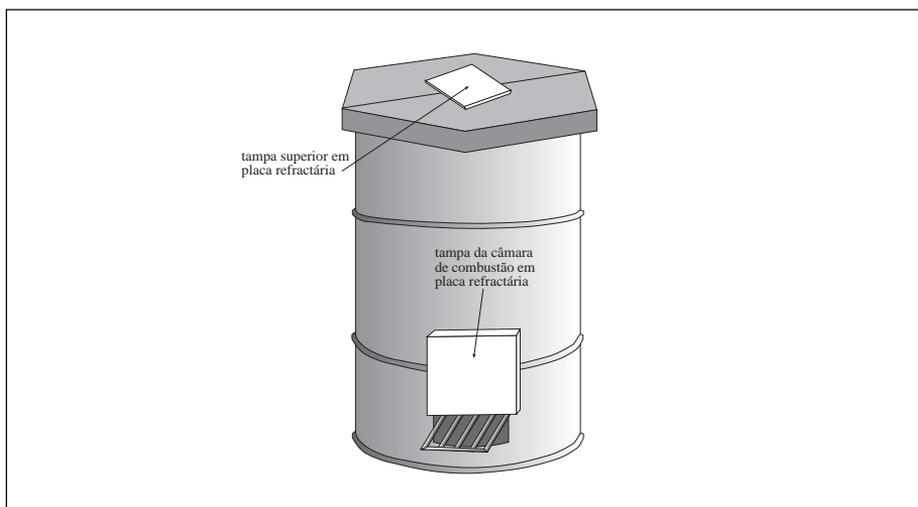


Figura 157 - tampas de forno cilíndrico metálico

A construção é terminada com a execução de três placas com 3,5 cm de grossura e feitas no material refractário da pampa e do quebra-chamas: A primeira tem 16 cm x 16 cm e serve de tampa da pequenina abertura superior do forno. As outras duas servem para tapar as aberturas inferiores: câmara de combustão com 30 cm x 30 cm e o cinzeiro com 30 cm x 18 cm (aproximadamente). Estas tampas são utilizadas na parte final e quando a cozedura termina, para evitarem o arrefecimento rápido do forno.

Durante o funcionamento, a abertura superior convém estar aberta até aos 500°C, fechando-se na totalidade, no término da cozedura.

### 8.2.2 · Forno cilíndrico de tiragem descendente (da autoria de Leonardo Arias)

Este forno a lenha aqui proposto, experimentado com êxito pelo seu autor, possui uma capacidade de 0,5 m<sup>3</sup>.

Possui duas câmaras de combustão em dois lados opostos e uma porta com as dimensões necessárias para uma possível entrada de uma pessoa (90 cm de altura por 45 cm de largura), uma abertura no tecto com a abertura de 12 cm para permitir uma cozedura de tiragem ascendente.



*Figura 158 - Construção de forno cilíndrico a lenha.*

Tem como dimensões interiores, 90 cm de diâmetro por 130 cm de altura, perfazendo um volume de 0,572 m<sup>3</sup>.

As câmaras de combustão têm 44 cm de altura por 40 cm de largura e 46 cm de profundidade.

Este forno a lenha necessita de 150.000 Kcal/h para cozeduras até 1.100°C, necessitando de 210.000 Kcal/h para temperaturas mais elevadas. Estes valores são para cada câmara de combustão. Cada câmara consome, segundo o autor, cerca de 35 Kg de lenha seca por hora. Como se prevê a duração de 5 horas para a cozedura, necessita-se de 175 Kg x 2 câmaras de combustão = 350 kg de lenha.

Inicia-se a execução deste forno com a construção de uma base plana em ladrilho refractário isolante, devido à humidade do solo. Depois de traçada uma circunferência com 90 cm de diâmetro, marcam-se os locais correspondentes às duas câmaras de combustão (40 cm de largura), chaminé e porta (45 cm de largura).

Traçadas as dimensões das quatro aberturas, constrói-se pelo lado de fora da linha a 1ª fiada de ladrilhos refractários isolantes. Lembrar sempre que o forno necessita de duas paredes, conforme já foi explicado no sub-capítulo “arquitectura do forno”.

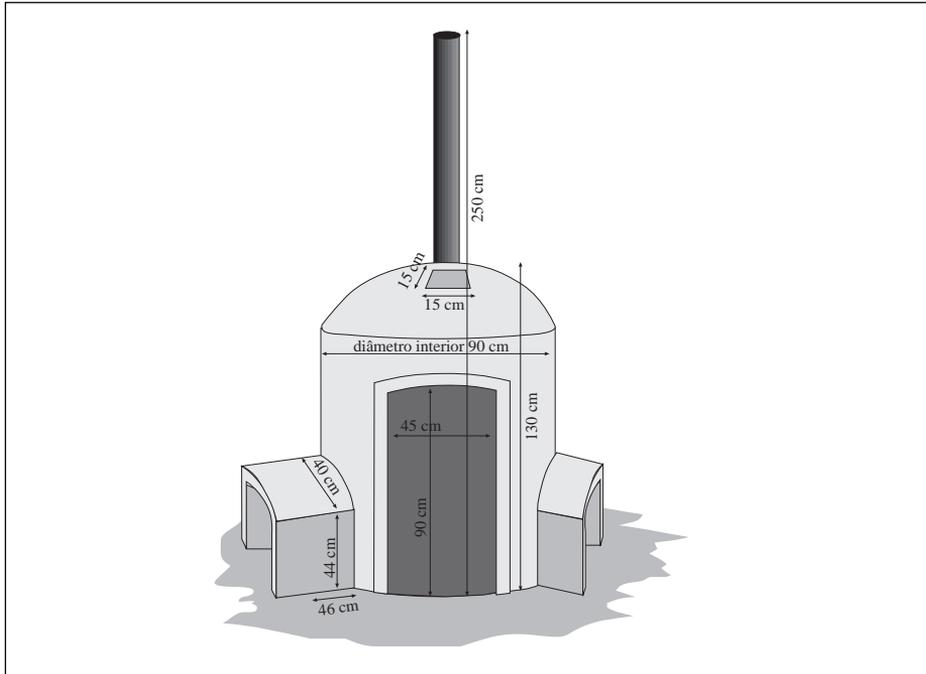


Figura 159 - arquitectura de um forno cilíndrico a lenha

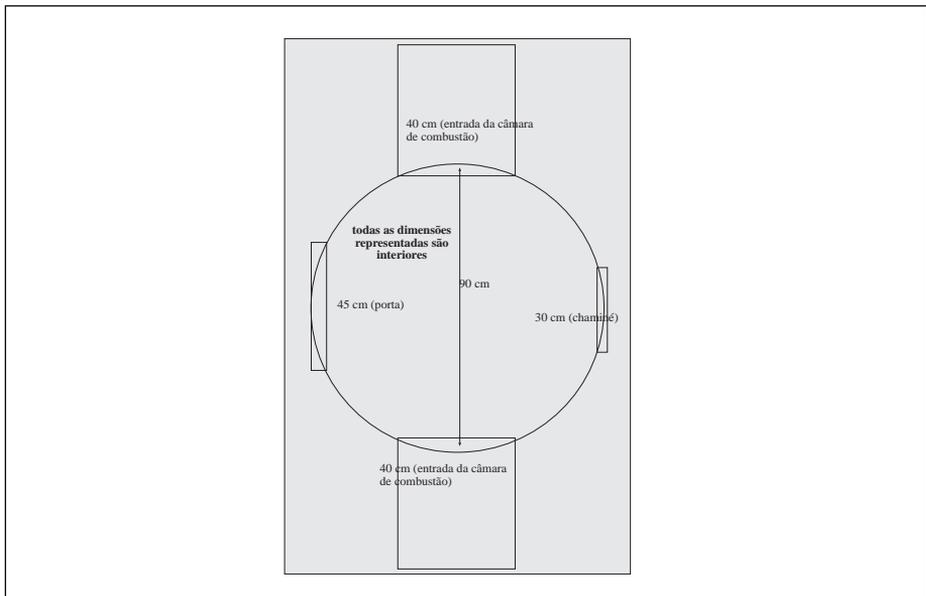


Figura 160 - planta de um forno cilíndrico a lenha

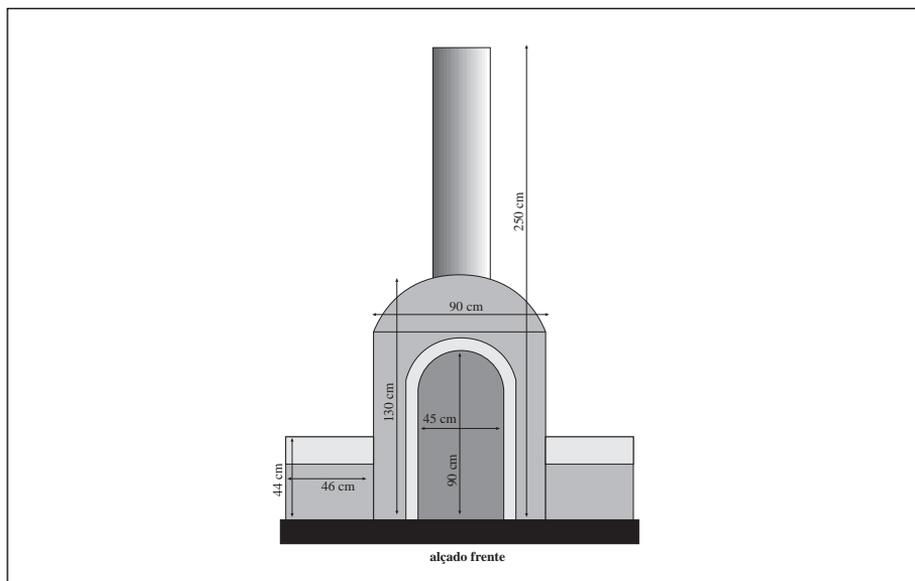


Figura 161 - 1º alçado de um forno cilíndrico a lenha

Executam-se agora as duas câmaras de combustão que sairão 46 cm do exterior do forno, seguindo-se a construção da porta do forno. Estas três aberturas necessitam para a execução da abóbada, de uma estrutura em madeira para segurar os ladrilhos refractários isolantes até à secagem total do cimento refractário que os une.

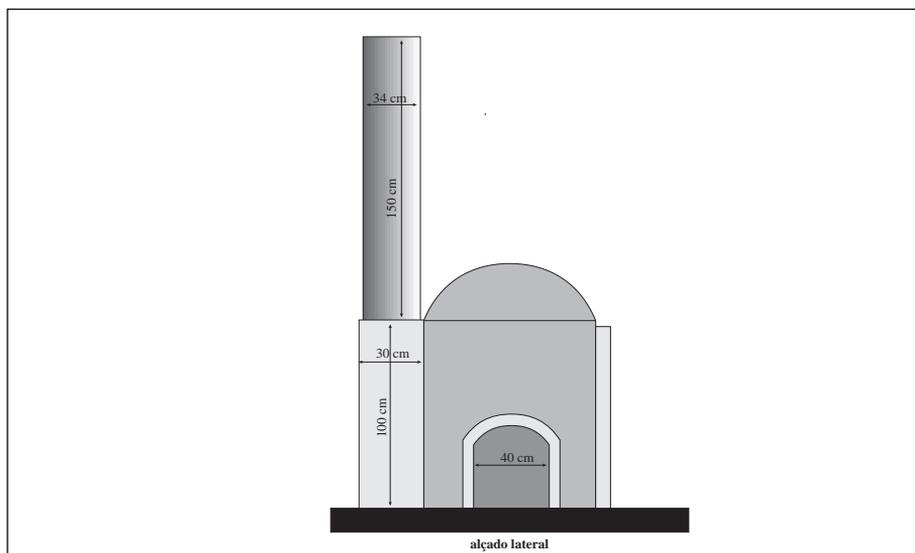


Figura 162 - 2º alçado de um forno cilíndrico a lenha

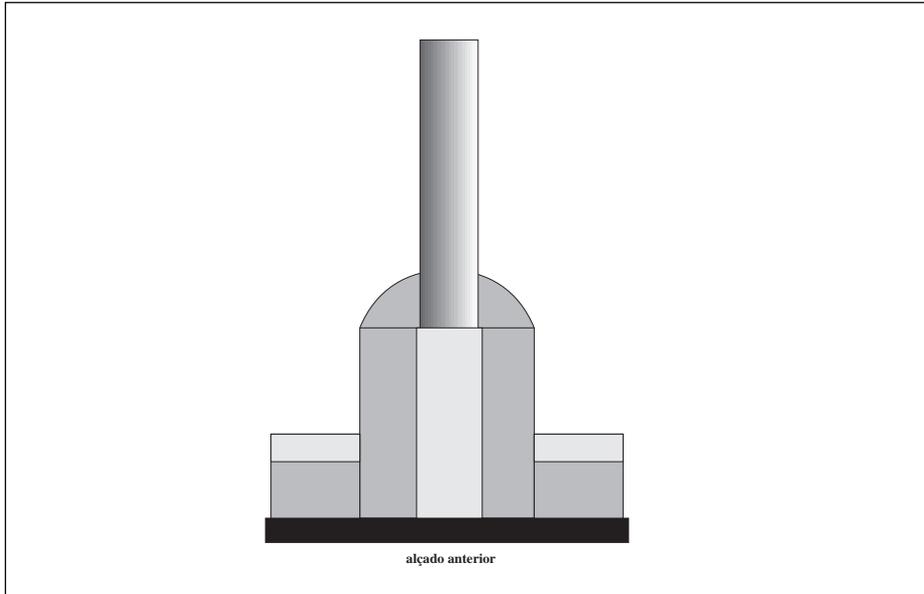


Figura 163 - 3º alçado de um forno cilíndrico a lenha

A chaminé com 250 cm de altura é levantada até à altura de 100 cm em tijolo sendo posteriormente colocada sobre ela, um tubo metálico com 150 cm de comprimento por 34 cm de secção.

A zona de mais difícil construção é a abóbada, onde será feita uma abertura de 15 cm x 15 cm. é necessária uma boa estrutura em madeira para suster os mosaicos enquanto não seca o cimento que os une.

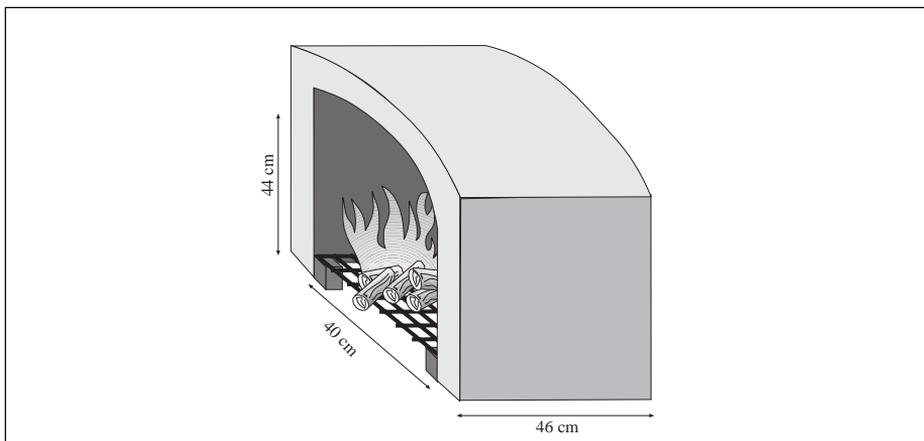


Figura 164 - câmara de cozedura de um forno cilíndrico a lenha

Cada grelha da câmara de combustão tem 40 cm x 46 cm e deverá ser em verga de ferro soldada e colocadas sobre três ladrilhos refractários isolantes com 11 cm de altura (aproximadamente).

A grelha está apoiada sobre o quebra-chamas, cuja altura será calculada na base da experimentação. Não esquecer que neste tipo de forno, o calor sobe obrigando de seguida a descer até à saída da chaminé que se situa ao nível do solo.

O espaço desde a base até à grelha metálica corresponde ao cinzeiro, bastando apenas 11 cm de altura.

A porta do forno é obturada para cada cozedura com ladrilhos refractários isolantes.

### 8.2.3 · Forno garrafa alentejana de tiragem ascendente

Ainda hoje utilizado no Alentejo, este forno de tiragem ascendente, permite atingir os 1.000°C, servindo perfeitamente para cozeduras que são quase exclusivamente para chacota<sup>9</sup>.

É formado por uma câmara de cozedura sobreposta a uma câmara de combustão. Trata-se de um forno muito rudimentar não só nas dimensões equilibradas como também nos materiais que o compõem.

A sua construção elementar inicia-se pela abertura no solo de um espaço em profundidade de perto de 100 cm.

Depois de isolado o chão de humidades com pedra e areia, executa-se a base da câmara de combustão e alicerces em tijolo refractário. Inicia-se então a fase de levantamento das paredes que são cilíndricas, tendo o forno o diâmetro interno de 60 cm.

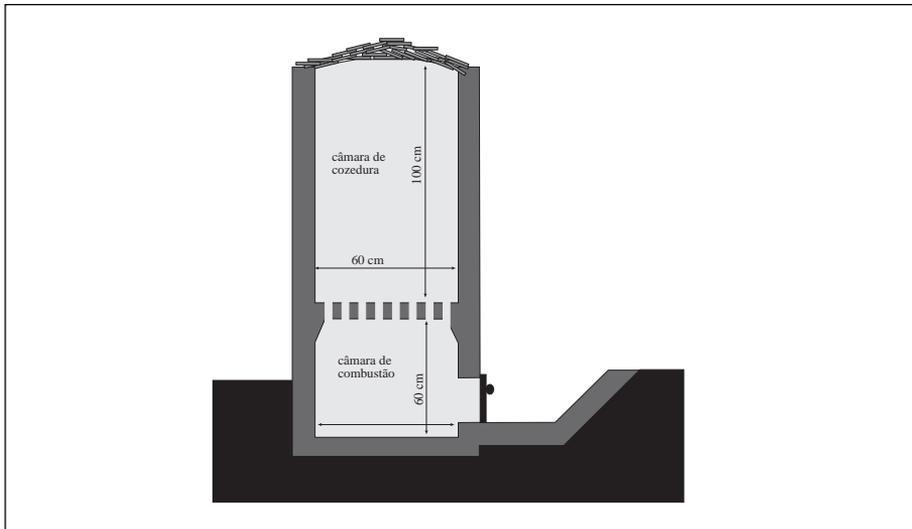


Figura 165 - perfil de forno a lenha

Será conveniente deixar uma altura compreendida entre 50 cm e 60 cm para a câmara de combustão. Convém também que neste espaço sejamos generosos. Sabe-se perfeitamente que câmaras de combustão pequenas impedirão a produção das calorias necessárias.

A câmara de combustão é separada da câmara de cozadura por uma placa ou azulejos refractários com aberturas para a passagem de calor. A câmara de combustão possui uma porta com 40 cm x 40 cm que é tapada com uma chapa de ferro.

A câmara de cozadura não deverá ultrapassar os 100 cm de altura, não tendo tecto.

O processo de cozadura é extremamente simples e começa por carregar o forno com vasos amontoados, pela parte superior. Quando o forno está completamente carregado, cobre-se a abertura superior com restos de peças partidas, com várias camadas.

Embora não tenha sido deixada qualquer abertura para a chaminé, os gases escaparão por entre as telhas.

A cozadura na parte inicial deve ser lenta. A visão da temperatura é feita através de cones pirométricos colocados por debaixo das telhas partidas. Geralmente e através da cor interior, é calculado o momento de temperatura máxima ( 1.000°C), confirmado pelo ceramista ao levantar umas telhas para observar os cones pirométricos.

## 8.3 · Fornos a gás

### 8.3.1 · Forno cilíndrico de tiragem ascendente

Este forno de tamanho médio tem como dimensões interiores 60 cm de diâmetro por 90 cm de altura, o que perfaz 0,254 m<sup>3</sup> de capacidade.

Trata-se de um normal forno a gás cilíndrico de tiragem ascendente<sup>10</sup>.

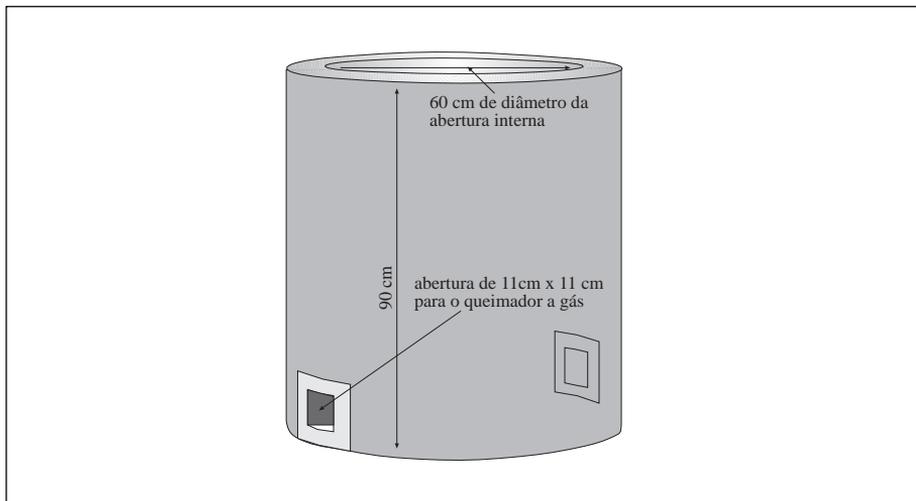
Funciona com dois queimadores atmosféricos a gás com um gasto individual de 50.000 Kcal/h, colocados em posição oposta e na base do forno.

A parte superior não é tapada e serve para carregar o forno. Cada queimador de 50.000 Kcal/h é alimentado por quatro garrafas ligadas entre si para ser mantida a pressão constante.

Como em qualquer forno, é necessário um bom isolamento refractário duplo das paredes.

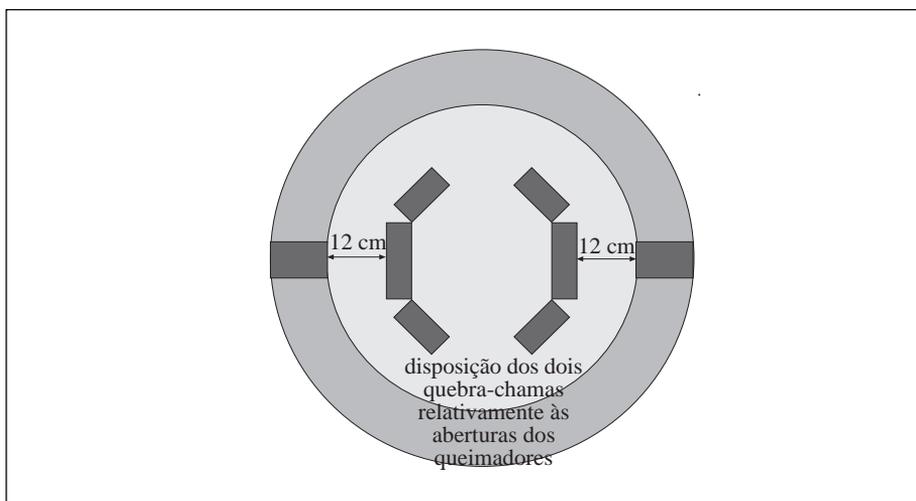
Inicia-se a construção da base onde assenta o forno em ladrilho refractário normal. Esta base deve ultrapassar em aproximadamente um metro para cada lado do forno.

No levantamento da parede circular, deixam-se as aberturas para os queimadores (11 cm x 11 cm) a uma altura de aproximadamente 22 cm da base do forno. Como já referi atrás, as aberturas estão nos dois pontos que o diâmetro intersecta o círculo.



*Figura 166 - forno cilíndrico a gás*

À frente das aberturas são colocados dois quebra-chamas distanciados da abertura cerca de 12 cm (Figura 167).

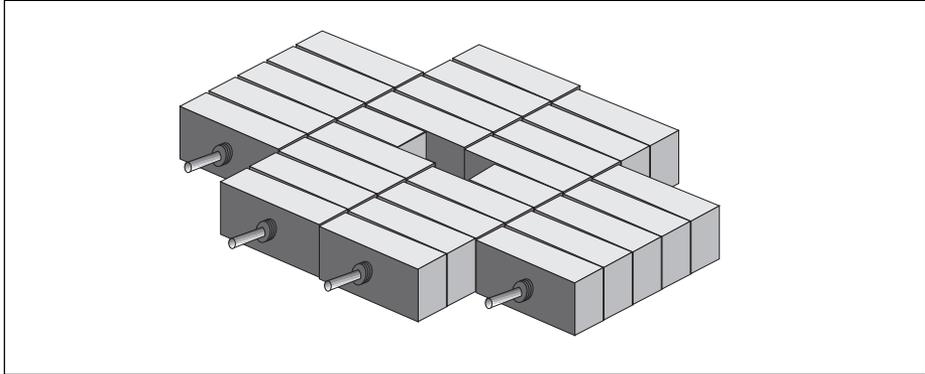


*Figura 167 - planta do forno cilíndrico a gás com quebra-chamas*

Sobre o quebra-chamas coloca-se uma placa refractária redonda com furos para separar as câmaras de combustão e de cozedura.

A cerca de 80 cm de altura, convém deixar uma abertura de

uns 2 cm para observação de cor interior do forno. Havendo disponibilidade financeira deixa-se uma segunda abertura para a instalação de um pirómetro, na parte superior do forno.



*Figura 168 - tampa superior de forno cilíndrico a gás*

A tampa do forno, é formada por quatro conjuntos de ladrilhos refractários isolantes unidos por intermédio de um verguinha, conforme é indicado na figura acima (Figura 168). As duas faixas do interior têm 9 ladrilhos cada, enquanto que as outras duas do exterior têm 5 cada.

A abertura superior deve ter 11 cm x 22 cm correspondente à soma das duas aberturas dos queimadores. Como já foi dito, a cada queimador atmosférico são acopladas quatro botijas de gás de 10 Kg cada. Geralmente e até aos 800°C, são aproveitadas as garrafas quase vazias da cozedura anterior. No início da cozedura e até aos 450°C, basta ligar um queimador, tendo o cuidado de subir muito lentamente a temperatura.

O gás só se abre no queimador quando está aceso um isqueiro perto da boca do queimador atmosférico. é muito importante que o gás se liberte para o interior do forno, já que poderia provocar uma explosão violenta.

Até aos 750°C, a cozedura deve ser oxidante. Convém também ter três placas para encerrar as aberturas do forno no final da cozedura.

### **8.3.2 · Forno cilíndrico de tiragem descendente<sup>11</sup>**

Através de uma simples observação da imagem (Figura 169). que se segue, verifica-se que se trata de um forno cilíndrico de tiragem descendente com chaminé, alimentado com dois queimadores de 85.000 Kcal/h em posição oposta entre si.

Tapando a chaminé, é também possível executar cozeduras de tiragem ascendente. Este forno também permite utilizar os dois processos ao mesmo tempo: ascendente e descendente.

Até uma temperatura entre os 500°C e os 600°C, a chaminé está fechada, sendo a oxidação feita através da abertura superior colocada na cúpula do forno.

A partir dos 600°C e até aos 800°C a abertura superior do forno encontra-se fechada e a chaminé meia aberta, para que o forno aqueça. A esta temperatura é fechada a abertura superior e aberta a chaminé por completo até aos 1.200°C.

Como forno de tiragem descendente que é, não é muito vocacionado para cozeduras redutoras, com sais e vidrados de sal.

Tendo como dimensões interiores 90 cm de diâmetro por 110 cm de altura, possui uma capacidade de 0,625 m<sup>3</sup> (625 litros).

Para cozeduras até 1.100°C são necessários dois queimadores de 85.000 Kcal/h cada. No caso de cozeduras de 1.300°C já serão necessários dois queimadores com a capacidade individual de 115.000 Kcal/h. As aberturas para os queimadores de 85.000 Kcal/h têm 14 cm x 14 cm, enquanto que para os queimadores de 115.000 Kcal/h têm 17 cm x 17 cm.

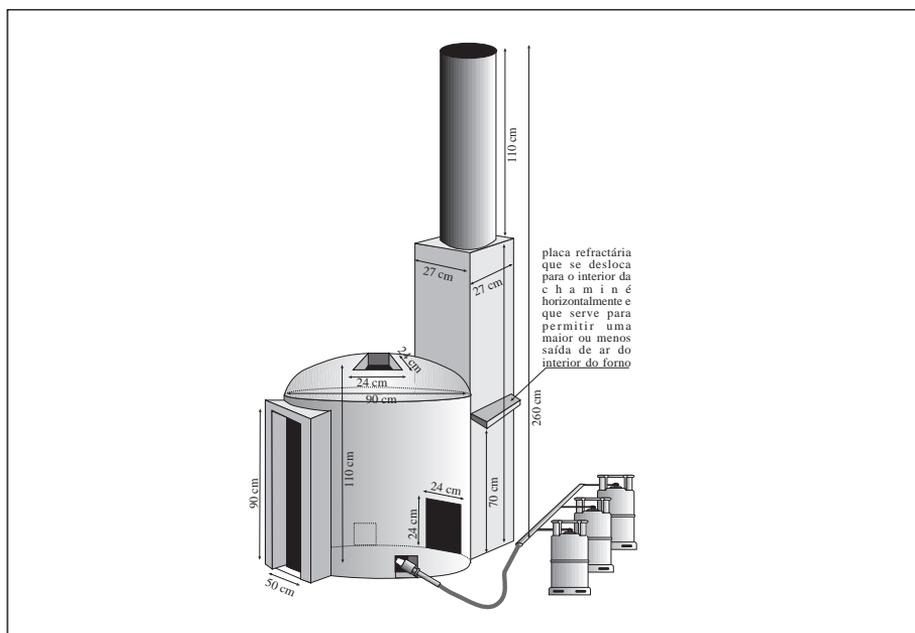


Figura 169 - forno cilíndrico a gás

A chaminé tem uma secção interna de 27 cm x 27 cm sendo a abertura que liga o forno à chaminé de 24 cm x 24 cm.

A chaminé leva à altura de 70 cm da sua base, uma placa refractária para o corte dos gases.

A chaminé tem como altura total 260 cm sendo 150 cm de

ladrilhos refractários isolantes e 110 cm de tubo de ferro com 27 cm de secção.

Pretendendo executar cozeduras ascendentes, a abertura superior do forno deverá ter 24 cm x 24 cm.

Como em todos os fornos executados até agora, é necessário ter também placas refractárias para tapar as aberturas dos queimadores e da parte superior do forno, no término da cozedura.

A porta que é fechada com ladrilhos refractários isolantes tem 50 cm de largura por 90 cm de altura.

### **8.3.3·Forno quadrado de tiragem descendente** *(autoria do ceramista Pedro Alvares)<sup>12</sup>*

Este último forno apresentado para construção já tem dimensões e exigências profissionais, sendo o de maiores dimensões, proposto para uma capacidade de 1.000 l (1m<sup>3</sup>).

Como tem 1 m<sup>3</sup> de capacidade, já necessita de 4 queimadores.

Para temperaturas de 1.100°C é necessário que cada queimador atmosférico produza 70.000 Kcal/h, tendo o forno uma abertura inferior de 13 cm x 13 cm. Para temperaturas de 1.200°C é necessário que cada queimador atmosférico produza 90.000 Kcal/h, tendo o forno uma abertura de 15 cm x 15 cm.

A câmara de cozedura está ligada à chaminé através de uma abertura de 28 cm x 28 cm, sendo a secção interna da chaminé 30 cm x 30 cm, na parte construída em ladrilho refractário isolante. O tubo de ferro com que termina a chaminé tem 34 cm de secção. A chaminé tem também uma porta de corte horizontal, situado a 60 cm da base. A chaminé tem uma altura total de 280 cm, sendo 130 cm de ladrilho refractário isolante e 150 cm de tubo de ferro.

Este forno possui como dimensões internas 90 cm de largura por 90 cm de fundo e 115 de altura. Um forno com estas dimensões tem de ter obrigatoriamente uma parede com uma grossura não inferior a 23 cm, sendo 11,5 cm para o ladrilho refractário isolante primário e outros 11,5 cm para o ladrilho refractário isolante secundário.

A porta tem 70 cm de largura por 115 cm de altura.

Para protecção das peças em relação à chama dos queimadores, são feitas duas paredes (quebra-chamas) no sentido do lado da porta, situadas a 14 cm.

A temperatura no interior deste forno convém ser medida com um pirómetro, situando-se ao lado da chaminé e perto do tecto do forno.

Não recorrendo a um pirómetro, convém deixar uma abertura na porta com 2 cm de secção para observar os cones pirométricos no interior, assim como a cor.

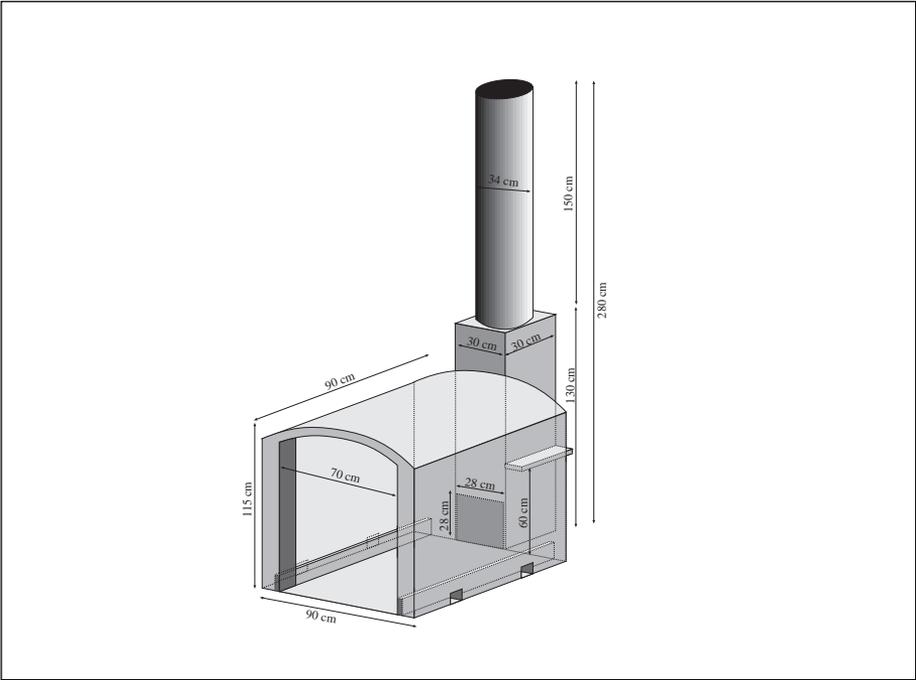


Figura 170 - forno rectangular a gás

# Notas

---

## Notas do Capítulo 1

- 1 POWEL, Harold - *The Pottery Handbook of Clay, Glaze and colour*, Ed. Blandford Press, s.d.
- 2 CLARK, Kennet (1983) - *Manual del Alfarero*, Hermann Blume, Madrid.
- 3 RONAN, Colin A. (1991) - *História Natural do Universo*, Verbo, Lisboa.
- 4 MIDGLEY, Barry (1982) - *Escultura, Modelado y Ceramica*, Hermann Blume, Madrid.
- 5 ANGELI, F. Cottier (1974) - *La cerámica*, Ediciones R. Torres, Barcelona.
- 6 MUSEU Rafael Bordalo Pinheiro (1991) - Lisboa, Amadora.
- 7 RAMIÉ, Georges (1984) - *Cerâmica de Picasso*, Ediciones Polígrafo, S.A., Barcelona.

## Notas do Capítulo 2

- 1 ANGELI, F. Cottier (1974) - *La Céramica*, Ediciones R. Torres, Barcelona.
- 2 RAMIÉ, Georges (1984) - *Cerámica de Picasso*, Ediciones Polígrafo, S.A., Barcelo.
- 3 RADO, Paul (1990) - *Introducción a la tecnología de la cerámica*, Omega, Barcelona.
- 4 CHITI, Jorge Fernandez (1992) - *Hornos cerámicos*, Ediciones Condorhuasi, Buenos Aires.
- 5 CHARLESTON, R.J. (1968) - *Word Ceramics: an illustrated histori*, London.
- 6 LEACH, Bernard (1972) - *A Potter's Book*, Levittown, Londres.
- 7 CHITI, Jorge Fernández (1992) - *Hornos Cerámicos*, Ediciones Condorhuasi, Buenos Aires.

- 8 HAMILTON, David (1985) - *Gres y Porcelana*, Ediciones ceac, Barcelona.
- 99 RAMIÉ, Georges (1984) - *Cerámica de Picasso*, Ediciones Polígrafo, S.A., Barcelo.
- 10 DICTIONNAIRE *Archeologie des Techniques* (1963) - De. de l'Accueil, Paris.
- 11 CERAMOLOGIA, Asociacion de (1990) - *Tecnología de la Cocción Cerámica desde la Antigüedad a Nuestros Dias*, De. Such Serra, Alicante.
- 12 PIEPENBURG, R. (1972) - *Raku Pottery*, Macmillan Co., New York.
- RIGGER, H. (1970) - *Raku, Art and Technique*, Sudio Vista, London.
- TYLER, C. and Hirsch, R. (1975) - *Raku Technique for Contemporary Potters*, Watson - Guptill, New York.
- 13 LYNGGAARD, Flinn (1985) - *Tratado de cerámica*, De. Omega, Barcelona.
- 14 CLARK, Kenneth (1984) - *Manual del Alfarero*, Hermann Blume, Madrid.
- 15 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.

### Notas do Capítulo 3

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 2 RAMIÉ, Georges (1984) - *Cerámica de Picasso*, Ediciones Polígrafo, S.A., Barcelo.
- 3 CARDOSO, Eng. Armando (1959) - *Manual de cerâmica*, De. Bertrand, Lisboa.
- TREVOR, Henry (1992) - *Pottery step by step*, De. Watson, Guptill Publications, London.
- MONTMOLLIN, Daniel (1974) - *La poterie*, DE. Robert Morel, Paris.
- HALL, Peter (1980) - *Técnica de la Cerámica*, De. Omega S.A., Madrid.
- THOMAS, Gwilm (1993)- *Step by step guide to pottery*, De. Hamlyn, London.
- 4 MIDGLEY, Barry (1982) - *Escultura, Modelado y Cerámica*, Hermann Blume, Madrid.
- 5 MIDGLEY, B - *Escultura, Modelado y Cerámica*, Hermann Blume, Madrid.
- 6 MIDGLEY, Barry (1982) - *Escultura, Modelado y Cerámica*, Hermann Blume, Madrid.
- 7 ARTIGAS, Lorens (1981) - *Formulario e prácticas de cerámica*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona.
- OTERO, Gallego (1976) - *Tratato Práctico de Cerámica*, De. José Montesó, Madrid.
- 8 HOLSTED, Jolyon (s.d.) - *Potery*, De. Pan Craft Books Ltd.
- LUNDKVISK, H. (1990) - *De la ceramique*, De. sélection J. Jacobs, Paris.
- 9 FLETCHER, Hugo Morley (1985) - *Técnicas de los Grandes Maestros de Alfareria Y Ceramica*, Hermann Blume, Madrid.
- 10 COLEÇÃO A. Lucas Cabral (1986) - *A cerâmica das Caldas da Rainha*, Volume I, Instituto Português do Património Cultural.
- 11 DAUGUET, Claire et Brulon, DOROTHÉE Guilleme (s.d.) - *Les Pots de Pharmacie*, Ch. Massin Editeur, Paris.
- 12 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 13 ANDERSON ,J. (1974) - *Raku Handbook*, Studio Vista, London.
- 14 LEACH, Bernard (1972) - *A Potter's Book*, Levittown, Londres.
- 15 NIGROSH, L. - *Low Fire*, Davison Publ., Worcester.
- 16 SINGER et German (s.d.) - *Saint-Germain-en-Laye, le borax français*.
- 17 SALVETAT (1857) - *Leçons de céramique*, Mallet-Bachelier, Paris.
- 18 NELSON, Glenn C. (s.d.) - *Ceramics*, Holt, Rinehart and Winston, New York.
- RHODES, Daniel (s.d.) - *Stoneware and porcelain*, Philadelphia publishers, New York.
- 19 LARCHEVÊQUE (1928) - *Fabrication industrielle des porcelaines*, J. B.

- Bailière et Fils, Paris.
- LIPINSKY, Friedrich (1955) - *Das Keramische Laboratorium*. Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf.
- 20 JOUENNE (1960) - *Céramique générale*, Gauthier Villars, Paris.
- KALSING (s.d.) - *Sprechsaal silikat jahrbuch*, Sprechsaal Verlag, Cobourg.
- 21 HAUSSONNE (1969) - *Technologie céramique générale*, J.-B. Bailière et FILS, Paris.
- HEGELMANN, Hans (1904) - *Die herstellung des Porzellans*, Verlag der Tonindustrie, Berlin.
- ZAPP et Metzel (1953) - *Diagramme für Hart and Weichporzellan glasuren*, Cobourg, Sonderdruck aus Sprechsaal für Keramik.
- 22 COLBECK (1973) - *Technique du tournage*, Dessain et Tolra, Paris.
- DUBREUIL (1885) - *La porcelaine*, Encyclopédie chimique, Dunod, Paris.
- ZAPP, Liek and Schimied - Kleine (1953) - *Wärmelehre für Keramik*.
- 23 HARVEY, David (1987) - *Ceramica Creativa*, Enciclopedia ceac de las artesanias, Barcelona.
- 24 8C.E.N.C.A.L. (Centro de Formação Profissional para a Indústria Cerâmica (s.d) - *Curso de ceramista industrial*, Caldas da Rainha.
- 25 GREBER (1952) - *Taité de céramique*, Encyclopédie Roret, Paris.
- 26 BRONGNIART (1854) - *Traité des arts céramiques ou des poteries*, Béchét Jeune, Paris.
- 27 DABBIS, Antoine (1975) - *La porcelaine artisanale*, Dessain et Tolra, Paris.
- BASRENAIR, Duadenatr (1827) - *Lárt de fabriquer la porcelaine*. Malher et Cie, Paris.
- 28 CERAPASTA (s.d.) - *Controle de Barbotinas de Enchimento*, Caldas da Rainha.

#### Notas do Capítulo 4

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 2 KOYAMA, Fujio (1973) - *The Heritage of Japanese Ceramics*, Weatherhill - Tankosha, Tokyo.
- 3 GRABANIER, J. (1975) - *Chinese Stoneware Glazes*, New York.
- 4 HAMILTON, D. (1974) - *Pottery and Ceramics*, London.
- 5 MAITLAND Y Slinn (1973) - *Ceramists Handbook*, Stoke-on-Trent.
- 6 ANITUA, Fernando Tabar (1983) - *Ceramicas de China y Japon en el Museo Nacional de Artes Decorativas*, Ministerio de Cultura, Madrid.
- 7 FLETCHER, Hugo Morley (1985) - *Tecnicas de los Grandes Maestros de Alfareria Y Ceramica*, Hermann Blume, Madrid.
- 8 ALARCÃO, J. e A. (1965) - *Vidros Romanos de Conimbriga*, Ministério da Educação Nacional, Museu Monográfico de Conimbriga.
- 9 CORREDOR, Matheos (s.d.) - *Cerámica Popular Española*, Editorial Blume, Barcelona.
- GONZÁLEZ, Primitivo (1985) - *Cerámica Preindustrial de la Provincia de Valladolid*, Colegio de Arquitectos e Caja de Ahorros de de Valladolid, Valladolid.
- 10 BOLADO, R. (s.d.) - *Los últimos alfareres de Cantabria*, Consejería de Turismo de Cantabria.
- ABEZON, M. Y Castello, A. (s.d.) - *La alfareria de Huesca*, Instituto Aragonés de Antropologia, Zaragoza.
- 11 GUERRERO, Jose Martin (1990) - *Alfares e Alfareros de España*, Editorial Serbal, Barcelona.
- 12 SARMENTO, Museu (Catálogo do) (1967) - *Secção de Etnologia*, Guimarães.

- 13 FEITO, Jose Manuel (s.d.) - *Cerámica Tradicional Asturiana*, De. Instituto de la Juventude, Madrid.
- GARCÍA, Aalen (s.d.) - *La Alfarería de Galicia*, De. Fundación Barriere.
- 14 CONZÁLEZ, Anton (1994) - *La alfarería popular de Canarias*, Ed. Aula Cultural de Tenerife. Tenerife.
- 15 CORTÉS, Vazquez (1981) - *Alfarería Popular del Reino de León*, Graficas Cervantes, Salamanca.
- DELFIN, Val (s.d.) - *Alfares de Valladolid*, Caja de Ahorros de Valladolid.
- 16 CASTELLOTE, Eulalia (s.d.) - *La alfarería popular de la provincia de Guadalajara*, Museo Provincial de Guadalajara.
- 17 ALFONSO, Garcia (1971) - *Manual de Alfarería Popular Aragonesa*, Editorial Pórtico, Zaragoza.
- ZAMORA, Alvaro (1980) - *Alfarería Popular Aragonesa*, Editorial Pórtico, Zaragoza.
- 18 SEIJO, Alonso (s.d.) - *La cerámica popular de la región valenciana*, Editorial Villa, Alicante.
- SEMPERE, Emili (1978) - *La terrissa de les terres de l'Ebre*, De. del autor, Barcelona.
- SEMPERE, Emili (1990) - *La terrissa catalana*, Tipologia i terminologia, Editorila Thor, Barcelona.
- 19 NONELL, Carmen (1978) - *Ceramica y Alfarería Populares de España*, Editorial Everest, S.A., Leon.
- 20 VARIOS Autores (s.d.) - *Céramica popular de Andalucía*, Junta de Andalucía.
- 21 SANZ, Ignacio (1993) - *Guía de alfareres de Castilla Y León*, Edicione sde la Torre, Madrid.
- SESEÑA, Natacha (s.d.) - *La Céramica Popular en Castilla la Nueva*, Madrid.
- 22 RAMOS, Perez (1977) - *Céramica Popular de Zamoro*, De. del autor, Zamoro.
- 23 SEMPERE, Emili (1970) - *La ruta de los alfares de España e Portugal*, Barcelono.
- 24 VOSSSEN, Rudiger/EBERT (s.d.) - *De. Marokkanische Töpferei*, Ed. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- WULF, Kopke (s.d.) - *Töpferöfen*, Ed. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- 25 KÖPKE W. (1985) - *Töpferöfen*, Editorial R. Hebelt, Bonn.
- 26 GREEN, D. (1979) - *A Handbook of Pottery Glazes*, London.

### Notas do Capítulo 5

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.

### Notas do Capítulo 6

- 1 FLETCHER, Hugo Morley (1985) - *Técnicas de los Grandes Maestros de Alfarería Y Cerámica*, Hermann Blume, Madrid.
- 2 PARMELEE, C.W. (1949) - *Geramic Glaces*, Chicago.
- 3 HAMER, F. (1975) - *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*, London.
- 4 RAWSON, P. (1971) - *Ceramics*, London.
- 5 RADO, P. (1969) - *An introduction to the Technology of Pottery*, London.
- 6 SANDRS, H. (1967) - *The World of Japanese Ceramics*, Tokio.

### Notas do Capítulo 7

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 2 COSENTINO, Peter (1988) - *Proyectos en Cerámica*, ceac, Barcelona.
- 3 ESSO, Gás (s.d.) - *Manual de segurança distribuido pela empresa existente nos seus fornecedores*.

- 4 ROTHENBERG, Polly (1991) - *Manual de Cerámica Artística*, Omega, Barcelona.
- 5 COLBECK, John (1985) - *Decoración Cerámica*, Omega, Barcelona.
- 6 COOPER Emmanuel (1985) - *Manual de basnices cerámicos*, Omega, Barcelona.

### Notas do Capítulo 8

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 2 COSENTINO, Peter (1988) - *Proyectos en Ceramica*, ceac, Barcelona.
- 3 ESSO, Gás (s.d.) - *Manual de segurança distribuido pela empresa existente nos seus fornecedores*.
- 4 ROTHENBERG, Polly (1991) - *Manual de Cerámica Artística*, Omega, Barcelona.
- 5 COLBECK, John (1985) - *Decoración Cerámica*, Omega, Barcelona.
- 6 COOPER Emmanuel (1985) - *Manual de basnices cerámicos*, Omega, Barcelona.

### Notas do Capítulo 9

- 1 CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- 2 ALBERTOS, M. Y Carretero (1965) - *Estudio Etnográfico de la Alfareria Conquense*, Madrid.
- 3 ROSENTHAL, E. (1949) - *Pottery and Ceramics*, London.
- 4 FLETCHER, Hugo Morley (1985) - *Técnicas de los grandes maestros de la alfareria y ceramica*, Hermman Blume, Madrid.
- 5 LLORT, Maria Dolors Prats (1990) - *Monitor te enséña a hacer cerramica*, De. M.D. Prats Llort Dictext S.A., Barcelona.
- 6 LEVIN, F., Mcmurdie, H.F. Y Hall, F.R. (1956) - *Phase Diagrams for Ceramists*, American Ceramic Society, Columbus, Ohio.
- 7 WOODY, Elsbeth S. (1990) - *Ceramica a mano*, ceac, Barcelona.
- 8 CHITI, Jorge Fernández (1992) - *Hornos Cerámicos*, Ediciones Condorhuasi, Buenos Aires.
- 9 GOMES, Celso Figueiredo (1986) - *Argilas o que são e para que servem*, Fundação Calouste de Gulbenkian, Lisboa.
- 10 RHODES, Daniel (1990) - *Arcilla y vidriado para el ceramista*, ceac, Barcelona.
- 11 MALMSTROM, Margit (1977) - *Terracota, Técnica de la escultura en arcilla*, ceac, Barcelona.
- 12 RADO, Paul (1988) - *Introducción a la tecnología cerámica*, Omega, Barcelona.



## Bibliografia geral

---

- ABEZON, M. Y Castello, A. (s.d.) - *La alfareria de Huesca*, Instituto Aragonés de Antropología, Zaragoza.
- ALARCÃO, J. e A. - *Vidros Romanos de Conimbriga*, Ministério da Educação Nacional, Museu Monográfico de Conimbriga 1965.
- ALBERTOS, M. Y Carretero (1965) - *Estudio Etnográfico de la Alfareria Conquense*, Madrid.
- ALFONSO, Garcia (1971) - *Manual de Alfareria Popular Aragonesa*, Editorial Pórtico, Zaragoza.
- ANDERSON, J. (1974) - *Raku Handbook*, Studio Vista, London.
- ANGELI, F. Cottier (1974) - *La cerámica*, Ediciones R. Torres, Barcelona.
- ANGELI, Fiorella Cottier (s.d.) - *Col. Métiers D'Art*, De. de Bonvent, Paris.
- ANITUA, Fernando Tabar (1983) - *Ceramicas de China y Japon en el Museo Nacional de Artes Decorativas*, Ministerio de Cultura, Madrid.
- ARIAS y HIRMER (1960) - *Le vase Grec*, Flammarion.

- ARTIGAS, Lorens (1981) - *Formulario e prácticas de cerámica*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona.
- BADIEN, J.K.W. (1988) - *La Céramique*, Col. les livres pratiques, Paris.
- BALLARDINI, G. (1964) - *L'Eredità ceramistica dell'antico mondo romano*, Instituto Poligrafico dello Stato.
- BÁRTA, Rudolf (1952) - *Skárství a Keramika*, Praga.
- BASRENAIR, Duadenatr (1827) - *L'art de fabriquer la porcelaine*. Malher et Cie, Paris.
- BEHRENS, Richard (1973) - *Glaze Projects*, Columbus.
- BELLAIGUE, Geoffrey de (1979) - *Sèvres Porcelain from the Royal, The Queen's Gallery*. London.
- BELLINI, M. (1964) - *Maioliche del Rinascimento*, De. Vallardi.
- BENNETT, W. (1960) - *Andean Culture History*, American Museum of Natural History, Nueva York.
- BERDEL, Eduard (1932) - *Einfaches chemisches praktikum*, Coburgo.
- BIRKS, Tony (1983) - *Hans Coper*, Collins.
- BOLADO, R. (s.d.) - *Los últimos alfareros de Cantabria*, Consejería de Turismo de Cantabria.
- BOLLIGER, Hans (1977) - *Picasso's Vollard Suite*. Thames and Hudson.
- BRONGNIART (1854) - *Traité des arts céramiques ou des poteries*, Béchét Jeune, Paris.
- BRONGNIART, Alexandre (1977) - *Traité des arts céramiques*, Paris.
- C.E.N.C.A.L. (Centro de Formação Profissional para a Indústria Cerâmica (s.d) - *Curso de ceramista industrial*, Caldas da Rainha.
- C.E.N.C.A.L. (s.d.) - *Sebentas Técnico Científicas*, Caldas da Rainha.
- CARDEW, Michael (1969) - *Pioneer Pottery*, Nueva York.
- CARDOSO, Eng. Armando (1959) - *Manual de cerâmica*, De. Bertrand, Lisboa.
- CARUSO, Nino (1982) - *Ceramica raku*, Hoepli, Milano.
- CASTELLOTE, Eulalia (s.d.) - *La alfarería popular de la provincia de Guadalajara*, Museo Provincial de Guadalajara.

- CERÂMICA, Museu da (1986) - *Cerâmicas da Coleção de A. Lucas Cabral*, Instituto Português do Património Cultural, Lisboa.
- CERÂMICAS, Revista (ed. Trimestral) - Centro de formação profissional para a indústria cerâmica das Caldas da Rainha.
- CERAMOLOGIA, Asociacion de (1990) - *Tecnología de la Cocción Cerámica desde la Antigüedad a Nuestros Dias*, De. Such Serra, Alicante.
- CERAPASTA (s.d.) - *Controle de Barbotinas de Enchimento*, Caldas da Rainha
- CHANDLER, Maurice (1987) - *Ceramics in the Modern World*, De. Alduz Books, London.
- CHARLESTON, R.J. (1968) - *Word Ceramics: an illustrated histori*, London.
- CHEWON Kim (1966) - *Corée, 2.000 ans de créacio artistique*, Office du Livre, Frigurgo.
- CHITI, Jorge Fernandez (1992) - *Hornos cerámicos*, Ediciones Condorhuasi, Buenos Aires.
- CLARK, Kennet (1983) - *Manual del Alfarero*, Hermann Blume, Madrid.
- CLARK, Kennet (s.d.) - *Practical Pottery & Ceranics*, De. A Studio Handbook, London.
- CLARK, Kenneth (1984) - *Manual del Alfarero*, Hermann Blume, Madrid.
- COLBECK (1973) - *Technique du tournage*, Dessain et Tolra, Paris.
- COLBECK, John (1985) - *Decoración Cerámica*, Omega, Barcelona.
- COLECCÃO A. Lucas Cabral (1986) - *A cerâmica das Caldas da Rainha*, Volume I, Instituto Português do Património Cultural.
- COMPTE, A. Telese y Niedermaier, E. (1981) - *Les Rajoles Catalanes D'Arts I Oficis*, Edicions Scriba, Barcelona.
- CONZÁLEZ, Anton (1994) - *La alfareria popular de Canarias*, Ed. Aula Cultural de Tenerife. Tenerife.
- COOPER Emmanuel (1985) - *Manual de basnices cerámicos*, Omega, Barcelona.
- CORREDOR, Matheos (s.d.) - *Cerámica Popular Española*, Editorial Blume, Barcelona.
- CORTÉS, Vazquez (1981) - *Alfareria Popular del Reino de León*, Graficas Cervantes, Salamanca.

- COSENTINO, Peter (1988) - *Proyectos en Ceramica*, ceac, Barcelona.
- COTTIER, F. y Angeli (1974) - *La cerámica*, Ediciones R. Torres, Barcelona.
- CRESPO, Francesc (1991) - *Cómo pintar marinas*, Ediciones Parramón, Barcelona.
- CURTIS, Seng-Gye Tombs y Hunt, Christopher (1985) - *El libro del aerografo*. Hermann Blume, Madrid.
- DABBIS, Antoine (1975) - *La porcelaine artisanale*, Dessain et Tolra, Paris.
- DAUGUET, Claire et Brulon, DOROTHÉE Guillemé (s.d.) - *Les Pots de Pharmacie*, Ch. Massin Editeur, Paris.
- DE MAURI, L. (1990) - *L'amatore di maioliche et porcellane*, De. Hoëpli, Milan.
- DELFIN, Val (s.d.) - *Alfares de Valladolid*, Caja de Ahorros de Valladolid.
- DICTIONNAIRE *Archeologie des Techniques* (1963) - De. de l'Accueil, Paris.
- DUBREUIL (1885) - *La porcelaine*, Encyclopédie chimique, Dunod, Paris.
- DUROZ, Yvone (1990) - *La céramique chez soi*, De. Office du Livre, Paris.
- EMILIANI, T. (1975) - *La Tecnologia della Ceramica*, F. Ili Lega, Faenza.
- ESSO, Gás (s.d.) - *Manual de segurança distribuido pela empresa existente nos seus fornecedores*.
- ET GERMAN (s.d.) - *Saint-Germain-en-Laye*, le borax français.
- FEITO, Jose Manuel (s.d.) - *Cerámica Tradicional Asturiana*, De. Instituto de la Juventude, Madrid.
- FLETCHER, Hugo Morley (1985) - *Técnicas de los Grandes Maestros de Alfarería Y Ceramica*, Hermann Blume, Madrid.
- FOUREST, H.P. (1957) - *Les faïences de Delft*, P.U.F., Paris.
- FRANÇA, José Augusto (1962) - *Dicionário da Pintura Universal*. Lisboa.
- GARCÍA, ALEN - *La Alfarería de Galicia*, De. Fundación Barriere, s.d.
- GIACOMOTTI, J. (1959) - *La céramique*, Flammarion, Paris.

- GIACOMOTTI, J. (1961) - *La majolique de la Renaissance*, P.U.F., Paris.
- GLOTZ, G. (1923) - *La civilization Egéenne, la renaissance du livre*, Paris.
- GOMES, Celso Figueiredo (1986) - *Argilas o que são e para que servem*, Fundação Calouste de Gulbenkian, Lisboa.
- GONZÁLEZ, Primitivo (1985) - *Cerámica Preindustrial de la Provincia de Valladolid*, Colegio de Arquitectos e Caja de Ahorros de de Valladolid, Valladolid.
- GRABANIER, J. (1975) - *Chinese Stoneware Glazes*, New York.
- GREBER (1952) - *Taité de céramique*, Encyclopédie Roret, Paris.
- GREBER, E. (s.d.) - *Traité de Céramique*, Société Française, Paris.
- GREEN, D. (1979) - *A Handbook of Pottery Glazes*, London.
- GUERRERO, Jose Martin (1990) - *Alfares e Alfareros de España*, Editorial Serbal, Barcelona.
- HALL, Peter (1980) - *Técnica de la Cerámica*, De. Omega S.A., Madrid.
- HAMER, F. (1975) - *The Potters Dictionary of Materials and Techniques*, London.
- HAMILTON, D. (1974) - *Pottery and Ceramics*, London.
- HAMILTON, David (1985) - *Gres y Porcelana*, Ediciones ceac, Barcelona.
- HARLEY, Lesley y Willis, Simon (1992) - *Pintar Cerámicas*, Blume, Barcelona.
- HARVEY, David (1987) - *Ceramica Creativa*, Enciclopedia ceac de las artesanias, Barcelona.
- HAUSSONNE (1969) - *Technologie céramique générale*, J.-B. Baillièrre et FILS, Paris.
- HEGELMANN, Hans (1904) - *Die herstellung des Porzellans*, Verlag der Tonindustrie, Berlin.
- HOLSTED, Jolyon (s.d.) - *Potery*, De. Pan Craft Books Ltd.
- HOWARD, David & Ayers, John (1978) - *China for the West*, Sotheby Parke Bernet Publications.
- IBABE, Miguel (1964) - *Notas sobre la cerámica popular Vasca*, De. Aurman, S.A. Bilbao.
- JACQUEMART, A. (1874) - *Les merveilles de la cèramique*, Hachette, Paris.

- JOUENNE (1960) - *Céramique générale*, Gauthier Villars, Paris.
- KALSING (s.d.) - *Sprechsaal silikat jahrbuch*, Sprechsaal Verlag, Cobourg.
- KIDDER, E. (1965) - *Japon, naissance d'un Art*, Office do Livre, Friburgo.
- KOECHLIN, A. (1956) - *Art Musulman*, De. Massin, Paris.
- KÖLLMANN, E. (1958) - *La porcelaine de Saxe*, De. P.U.F., Paris.
- KÖPKE W. (1985) - *Töpferöfen*, Editorial R. Hebelt, Bonn.
- KOYAMA, Fujio (1961) - *Céramique ancienne de l'Asie*, Office du livre, Friburgo.
- KOYAMA, Fujio (1973) - *The Heritage of Japanese Ceramics*, Weatherhill - Tankosha, Tokyo.
- LACLOTTE, Michel (1976) - *Le Larousse des grands peintres*. Paris.
- LARCHEVÊQUE (1928) - *Fabrication industrielle des porcelaines*, J. B. Bailière et Fils, Paris.
- LEACH, Bernard (1960) - *A Potter in Japan*, Faber & Faber.
- LEACH, Bernard (1972) - *A Potter's Book*, Levittown, Londres.
- LEE, W. - *L'art de la poterie, Japon*, France, Fasquelle, Paris 1913.
- LEHMANN (1959) - *Les céramiques précolombiennes*, De. P.U.F., Paris.
- LEVIN, F., Mcmurdie, H.F. Y Hall, F.R. (1956) - *Phase Diagrams for Ceramists*, American Ceramic Society, Columbus, Ohio.
- LEWIS, B (1950) - *The Arabs in History*, Hutchinson University Library. London.
- LIPINSKY, Friedrish (1955) - *Das Keramische Laboratorium*. Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf.
- LISBOA, Câmara Municipal de (s.d.) - *Guia do Museu Rafael Bordalo Pinheiro*, Amadora.
- LIVERANI, L (1958) - *La Maiolica Italiana Sino Alla Comparsa Della Porcelana Europea*, Eelectra Editrice. Milan.
- LLABRES, Ramis (s.d.) - *La cerámica popular de Mallorca*, Museo de Porciuncula.
- LLORT, Maria Dolors Prats (1990) - *Monitor te enseña a hacer cerramica*, De. M.D. Prats Llord Dictext S.A., Barcelona.
- LORENZO, Perera (s.d.) - *La cerámica popular de la isla de Hierro*, De. Cabido insular de Hierro.

- LUCCHESI, Bruno y Malmstrom, Margit (1989) - *Terracota, Técnica de la escultura en arcila*, CEAC, Barcelona.
- LUNDKVISK, H. (1990) - *De la ceramique*, De. sélection J. Jacobs, Paris.
- LYNGGAARD, Flinn (1985) - *Tratado de cerámica*, De. Omega, Barcelona.
- MAITLAND Y Slinn (1973) - *Ceramists Handbook*, Stoke-on-Trent.
- MALLOWAN, M.E.L. (1966) - *L'aurore de la Mesopotamie et de L'Iran*, DE. Sequoia, Paris.
- MALMSTROM, Margit (1977) - *Terracota, Técnica de la escultura en arcilla*, ceac, Barcelona.
- MIDGLEY, Barry (1982) - *Escultura, Modelado y Cerámica*, Hermann Blume, Madrid.
- MIGEON, G. (1927) - *Manuel d'art Musulman*, Picard, Paris.
- MONTMOLLIN, Daniel (1974) - *La poterie*, DE. Robert Morel, Paris.
- MORLEY-FLETCHER, Hugo (1985) - *Técnicas de los grandes maestros de la Alfareria e Ceramica*, Hermann Blume publicações. Madrid.
- MUSEU Rafael Bordalo Pinheiro (1991) - Lisboa, Amadora.
- NELSON, Glenn C. (s.d.) - *Ceramics*, Holt, Rinehart and Winston, New York.
- NIGROSH, L. (1980) - *Low Fire*, Davison Publ., Worcester.
- NOBLE, J.V. (1966) - *The techniques of painted Attic Potery*, De. Faber & Faber, London.
- NONELL, Carmen (1978) - *Ceramica y Alfareria Populares de España*, Editorial Everest, S.A., Leon.
- NORTON, F.H. (1976) - *Introdução à tecnologia cerâmica*, De. Edgard Blucher, Lda., London.
- OTERO, Gallego (1976) - *Tratato Práctico de Cerámica*, De. José Montesó, Madrid.
- PALLOTTINO, M. (1963) - *Etruscología*, De. Hoëpli, Milan.
- PALUMBO, G. Y Blake H. (1972) - *Ceramiche Medioevali Assiane*, Ed. Francescana, Asís.
- PARMELEE, C.W. (1949) - *Geramic Glaces*, Chicago.

- PARRAMÓN, José M. (1992) - *Teoría y práctica del color*, Ediciones Parramón, Barcelona.
- PERZ, Enrique Gippini (1974) - *Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento*, Madrid.
- PIEPENBURG, R. (1972) - *Raku Pottery*, Macmillan Co., New York.
- POWEL, Harold (s.d.) - *The Pottery Handbook of Clay, Glaze and colour*, Ed. Blandford Press.
- PRODAM, M. (1961) - *La Ceramiche T'ang*, De. Bompiani, Rome.
- RACKHAM, B. (1951) - *Early Staffordshire Pottery*, De. Faber & Faber, London.
- RADA, Pravoslav (1990) - *Las Técnicas de la Cerámica*, Editorial Libsa, Madrid.
- RADO Paul (1990) - *Introducción a la tecnología de la cerámica*, Omega, Barcelona.
- RADO, Paul (1969) - *An introduction to the Technology of Pottery*, London.
- RADO, Paul (1988) - *Introducción a la tecnología cerámica*, Omega, Barcelona.
- RADO, Paul (1990) - *Introducción a la tecnología de la cerámica*, Omega, Barcelona.
- RAMIÉ, Georges (1984) - *Cerâmica de Picasso*, Ediciones Polígrafo, S.A., Barcelona.
- RAMOS, Perez (1977) - *Cerámica Popular de Zanaro*, De. del autor, Zamaro.
- RAWSON, P. (1971) - *Ceramics*, London.
- READ, Herbert (s.d.) - *A educação pela arte*. Edições 70.
- REICHEL, Friedrich (1981) - *Early Japanese Porcelain*, Orbis Publishing. London.
- REID, Charles (1992) - *El grand libro de la expresión artística*, Parramón Ediciones.
- RHODES, Daniel (1990) - *Arcilla y vidriado para el ceramista*, ceac, Barcelona.
- RHODES, Daniel (s.d.) - *Stoneware and porcelain*, Philadelphia publishers, New York.
- RIGGER, H. (1970) - *Raku, Art and Technique*, Sudio Vista, London.
- RONAN, Colin A. (1991) - *História Natural do Universo*, Verbo, Lisboa.

- ROSENTHAL, E. (1949) - *Pottery and Ceramics*, London.
- ROTHENBERG, Polly (1991) - *Manual de Céramica Artística*, Omega, Barcelona.
- RÜCKERT, Rainer (1966) - *Meissener Porzellan*, Hirmer Verlag, Munich.
- SALVETAT (1857) - *Leçons de céramique*, Mallet-Bachelier, Paris.
- SANDRS, H. (1967) - *The World of Japanese Ceramics*, Tokio.
- SANZ, Ignacio (1993) - *Guía de alfareres de Castilla Y León*, Edición de la Torre, Madrid.
- SARMENTO, Museu (Catálogo do) (1967) - *Secção de Etnologia*, Guimarães.
- SEIJO, Alonso (s.d.) - *La cerámica popular de la región valenciana*, Editorial Villa, Alicante.
- SEMPERE, Emili (1970) - *La ruta de los alfares de España e Portugal*, Barcelona.
- SEMPERE, Emili (1978) - *La terrissa de les terres de l'Ebre*, De. del autor, Barcelona.
- SEMPERE, Emili (1990) - *La terrissa catalana*, Tipologia i terminologia, Editorila Thor, Barcelona.
- SESEÑA, Natacha (s.d.) - *La Céramica Popular en Castilla la Nueva*, Madrid.
- SILVAN, Leandro (s.d.) - *Cerámica del país Vasco*, Caja de Ahorros de Prvincial de Guipúzcoa.
- SINGER et German (s.d.) - *Saint-Germain-en-Laye, le boraxfrançais*.
- STARKEY, P. (1977) - *Saltglaze*, London.
- THOMAS, Gwilm (1993) - *Step by step guide to pottery*, De. Hamlyn, London.
- THOMAS, Karin (1982) - *Diccionario del arte actual*. Barcelona.
- TREVOR, Henry (1992) - *Pottery step by step*, De. Watson, Guptill Publications, London.
- TYLER, C. and Hirsch, R. (1975) - *Raku Technique for Contemporary Potters*, Watson - Guptill, New York.
- UCCELLI, A. (1958) - *Scienza e tecnica del tempo nostro*, De. Hoëpli, Milán.
- VARIOS Autores (s.d.) - *Cerámica popular de Andalucía*, Junta de Andalucía.

- VÁRIOS autores (s.d.) - *Génios da Pintura*, 6 volumes. Abril Cultural.
- VÁRIOS AUTORES (s.d.) - *Historia da arte em Portugal* (15 volumes). Edições Alfa.
- VOSSSEN, Rudiger/EBERT (s.d.) - *De. Marokkanische Töpferei*, Ed. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- WALDEMAR Januszczak (1981) - *Técnicas de los grandes pintores*. H. Blume ediciones, Madrid.
- WOODY, Elsbeth S. (1990) - *Ceramica a mano*, ceac, Barcelona.
- Woody, S. Elsbeth - *Cerámica al torno*, CEAC, Barcelona 1987.
- WULF, Kopke (s.d.) - *Töpferöfen*, Ed. Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn.
- ZAMORA, Alvaro (1980) - *Alfareria Popular Aragonesa*, Editorial Pórtico, Zaragoza.
- ZAPP et Metzger (1953) - *Diagramme für Hart and Weichporzellanglasuren*, Cobourg, Sonderdruck aus Sprechsaal für Keramik.
- ZAPP, Liek and Schimidt - Kleine (1953) - *Wärmelehre für Keramik*.

## Títulos publicados:

- 1 • **A agricultura nos distritos de Bragança e Vila Real**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 2 • **Política económica francesa**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1985
- 3 • **A educação e o ensino no 1º quartel do século XX**  
José Rodrigues Monteiro e Maria Helena Lopes Fernandes  
– 1985
- 4 • **Trás-os-Montes nos finais do século XVIII: alguns aspectos económico-sociais**  
José Manuel Amado Mendes – 1985
- 5 • **O pensamento económico de Lord Keynes**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1986
- 6 • **O conceito de educação na obra do Abade de Baçal**  
José Rodrigues Monteiro – 1986
- 7 • **Temas diversos – economia e desenvolvimento regional**  
Joaquim Lima Pereira – 1987
- 8 • **Estudo de melhoramento do prado de aveia**  
Tjarda de Koe – 1988
- 9 • **Flora e vegetação da bacia superior do rio Sabor no Parque Natural de Montesinho**  
Tjarda de Koe – 1988
- 10 • **Estudo do apuramento e enriquecimento de um pré-concentrado de estanho tungsténio**  
Arnaldo Manuel da Silva Lopes dos Santos – 1988
- 11 • **Sondas de neutrões e de raios Gama**  
Tomás d'Aquino Freitas Rosa de Figueiredo – 1988
- 12 • **A descontinuidade entre a escrita e a oralidade na aprendizagem**  
Raul Iturra – 1989
- 13 • **Absorção química em borbulhadores gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1990

- 
- 14 · **Financiamento do ensino superior no Brasil – reflexões sobre fontes alternativas de recursos**  
Victor Meyer Jr. – 1991
  - 15 · **Liberalidade régia em Portugal nos finais da idade média**  
Vitor Fernando Silva Simões Alves – 1991
  - 16 · **Educação e loucura**  
José Manuel Rodrigues Alves – 1991
  - 17 · **Emigrantes regressados e desenvolvimento no Nordeste Interior Português**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1991
  - 18 · **Dispersão em escoamento gás-líquido**  
João Alberto Sobrinho Teixeira – 1991
  - 19 · **O regime térmico de um luvissole na Quinta de Santa Apolónia**  
Tomás d'Aquino F. R. de Figueiredo - 1993
  - 20 · **Conferências em nutrição animal**  
Carlos Alberto Sequeira - 1993
  - 21 · **Bref aperçu de l'histoire de France – des origines à la fin du II<sup>e</sup> empire**  
João Sérgio de Pina Carvalho Sousa – 1994
  - 22 · **Preparação, realização e análise / avaliação do ensino em Educação Física no Primeiro Ciclo do Ensino Básico**  
João do Nascimento Quina – 1994
  - 23 · **A pragmática narrativa e o confronto de estéticas em *Contos de Eça de Queirós***  
Henriqueta Maria de Almeida Gonçalves – 1994
  - 24 · **“Jesus” de Miguel Torga: análise e proposta didáctica**  
Maria da Assunção Fernandes Morais Monteiro – 1994
  - 25 · **Caracterização e classificação etnológica dos ovinos churros portugueses**  
Alfredo Jorge Costa Teixeira – 1994
  - 26 · **Hidrogeologia de dois importantes aquíferos (Cova de Lua, Sabariz) do maciço polimetamórfico de Bragança**  
Luís Filipe Pires Fernandes – 1996

- 
- 27 · **Micorrização in vitro de plantas micropropagadas de castanheiro (*Castanea sativa* Mill)**  
Anabela Martins – 1997
- 28 · **Emigração portuguesa: um fenómeno estrutural**  
Francisco José Terroso Cepeda – 1995
- 29 · **Lameiros de Trás-os-Montes: perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha**  
Jaime Maldonado Pires; Pedro Aguiar Pinto; Nuno Tavares Moreira – 1994
- 30 · **A satisfação / insatisfação docente**  
Francisco Cordeiro Alves – 1994
- 31 · **O subsistema pecuário de bovinicultura na área do Parque Natural de Montesinho**  
Jaime Maldonado Pires; Nuno Tavares Moreira – 1995
- 32 · **A terra e a mudança – reprodução social e património fundiário na Terra Fria Transmontana**  
Orlando Afonso Rodrigues – 1998
- 33 · **Desenvolvimento motor: indicadores bioculturais e somáticos do rendimento motor de crianças de 5/6 anos**  
Vítor Pires Lopes – 1998
- 34 · **Estudo da influência do conhecimento prévio de alunos portugueses na compreensão de um texto em língua inglesa**  
Francisco Mário da Rocha – 1998
- 35 · **La crise de Mai 68 en France**  
João Sérgio de Pina Carvalho Sousa – 1999
- 36 · **Linguagem, psicanálise e educação: uma perspectiva à luz da teoria lacaniana**  
José Manuel Rodrigues Alves
- 37 · **Contributos para um estudo das funções da tecnologia vídeo no ensino**  
Francisco Cordeiro Alves – 1998
- 38 · **Sistemas agrários e melhoramento dos bovinos de raça Mirandesa**  
Fernando Jorge Ruivo de Sousa – 1998

- 
- 39 · Enclaves de clima Cfs no Alto Portugal – a difusa transição entre a Ibéria Húmida e a Ibéria Seca**  
Ário Lobo Azevedo; Dionísio Afonso Gonçalves; Rui Manuel Almeida Machado – 1995
- 40 · Desenvolvimento agrário na Terra Fria – condicionantes e perspectivas**  
Duarte Rodrigues Pires – 1998
- 41 · A construção do planalto transmontano – Baçal, uma aldeia do planalto**  
Luísa Genésio – 1999
- 42 · Antologia epistolográfica de autores dos sécs. XIX-XX**  
Lurdes Cameirão – 1999
- 43 · Teixeira de Pascoaes e o projecto cultural da “Renascença Portuguesa”**  
Lurdes Cameirão – 2000
- 44 · Descargas atmosféricas – sistemas de protecção**  
Joaquim Tavares da Silva
- 45 · Redes de terra – princípios de concepção e de realização**  
Joaquim Tavares da Silva
- 46 · O sistema tradicional de exploração de ovinos em Bragança**  
Carlos Barbosa – 2000
- 47 · Eficiência de utilização do azoto pelas plantas**  
Manuel Ângelo Rodrigues, João Filipe Coutinho – 2000
- 48 · Elementos de física e mecânica aplicada**  
João Alberto Sobrinho Teixeira
- 49 · A Escola Preparatória Portuguesa – Uma abordagem organizacional**  
Henrique da Costa Ferreira – 2002
- 50 · Agro-ecological characterization of N. E. Portugal with special reference to potato cropping**  
T. C. Ferreira, M. K. V. Carr, D. A. Gonçalves – 1996
- 51 · A participação dos professores na direcção da Escola Secundária, entre 1926 e 1986**  
Henrique da Costa Ferreira – 2002

- 
- 52 · A evolução da Escola Preparatória – o conceito e componentes curriculares**  
Henrique da Costa Ferreira — 2003
- 53 · O Homem e a biodiversidade (ontem, hoje... amanhã)**  
António Réffega – 1997
- 54 · Conservação, uso sustentável do solo e agricultura tropical**  
António Réffega – 1997
- 55 · A teoria piagetiana da equilibração e as suas consequências educacionais**  
Henrique da Costa Ferreira – 2003
- 56 · Resíduos com interesse agrícola - Evolução de parâmetros de compostagem**  
Luís Manuel da Cunha Santos – 2001
- 57 · A dimensão preocupacional dos professores**  
Francisco dos Anjos Cordeiro Alves – 2001
- 58 · Análise não-linear do comportamento termo-mecânico de componentes em aço sujeitas ao fogo**  
Elza M. M. Fonseca e Paulo M. M. Vila Real – 2001
- 59 · Futebol - Referências sobre a orientação do jogo**  
João do Nascimento Quina – 2001
- 60 · Processos de cozedura em cerâmica**  
Helena Canotilho – 2003