

CAPÍTULO II

MATERIAIS CERÂMICOS

I. CONCEITO

Chama-se de cerâmica à pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozimento de argilas ou misturas argilosas. Em alguns casos pode ser suprimida alguma das etapas citadas, mas a matéria prima essencial de uma cerâmica é a argila.

Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que aparece pela ação do calor de cozimento sobre os componentes da argila

II. ARGILAS

Argilas são materiais terrosos naturais, que misturados com a água adquirem a propriedade de apresentar alta plasticidade. As argilas são compostas de partículas coloidais de diâmetro inferior a 0,005 mm, com alta plasticidade quando úmidos e que formam torrões de difícil desagregação quando sob pressão.

Durante muito tempo se conceituou argila como derivada da Caulinita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), porém hoje se sabe que podem ter outras origens. A argila é constituída por partículas cristalinas extremamente pequenas chamadas de argilo-minerais, das quais a Caulinita é a mais abundante e importante.

É encontrada abundantemente na natureza, nas margens dos rios e manguezais. É barata e fácil de manipular. É reciclável e se conserva ao longo dos anos somente exigindo um pouco de cuidado e umidade.



A argila se origina da desagregação de rochas que comumente contém feldspato, por intemperismo. O intemperismo é a ação física e química do ambiente sobre as rochas. A ação química caracteriza-se pelo ataque O ataque químico é feito, por exemplo, pelo ácido carbônico presente na atmosfera e outros elementos agressivos de chuvas e águas. A ação física se refere à erosão, vulcanismos, pressão, descompressão e etc.

No final parte da rocha é transformada, e fragmentada em partículas muito pequenas chamados de argilo-minerais.



Normalmente as jazidas são formadas pelo processo de depósito aluvial ou seja : As partículas menores (e portanto mais leves) são levadas por corrente de água e depositadas no lugar onde a força hidrodinâmica já não é suficiente para mantê-las em suspensão.

Como exemplo, argilas constituídas essencialmente pelo argilo-mineral caulinita são as mais refratárias, pois são constituídas essencialmente de sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3), enquanto que os outros, devido à presença de potássio, ferro e outros elementos, têm a refratariedade sensivelmente reduzida. A presença de outros minerais, muitas vezes considerados como impurezas, pode afetar substancialmente as características de uma argila para uma dada aplicação; daí a razão, para muitas aplicações, de se eliminar por processos físicos os minerais indesejáveis. Processo chamado de beneficiamento.

Nas construções primitivas a argila crua era secada ao sol e normalmente misturada com palha para aumentar sua resistência. Era denominada de Adobe.



A. HISTÓRIADA CERÂMICA

A indústria da cerâmica é uma das mais antigas do mundo devido à abundância do barro e da facilidade de extração e fabricação.

Já no período neolítico o homem pré-histórico calafetava cestas de vime com barro. Mais tarde verificaram que podiam dispensar o vime, e fizeram potes só de barro, secos ao ar.



Imagem da era pré-histórica realçando a fecundidade da mulher



Cerâmica do período neolítico



Cerâmica Neolítica



Pote calafetado

Posteriormente verificou que o calor endurecia este barro, surgindo a cerâmica. A partir daí foi largamente usada para os mais diversos fins.

Cada civilização e cada cultura desenvolveram formas e características próprias no uso do barro, de tal modo que o exame da cerâmica é um dos maiores auxiliares na pesquisa histórica.



Tabua de leis da Suméria
4000 A.C.



Cerâmica Maia

Mais tarde surgiram os vidrados e vitrificados. No ano de 4000 A.C. os assírios já obtinham cerâmica vidrada semelhantes a azulejos, usada no revestimento de paredes.

Uma nova etapa começou quando os semitas desenvolveram o torno de oleiro, que permitiu maior rapidez, qualidade e acabamento às peças. O torno é uma mesa que gira rapidamente, permitindo a moldagem rápida de peças cilíndricas.



Os gregos e os romanos foram grandes cultivadores das peças cerâmicas, especialmente telhas.

Durante alguns séculos a evolução estacionou.

Datam do século VII as primeiras porcelanas fabricadas pelos chineses, enquanto o resto do mundo só usava a cerâmica vermelha e amarela. Apenas no século XVIII é que surge na Inglaterra a louça branca, seguida pela porcelana.



Dinastia Ming

A partir daí houve o grande desenvolvimento desta indústria, agora já baseada em pesquisas, tecnologia e estudos de laboratórios especializados, como os da França, Grã Bretanha e Institutos de Pesquisas Cerâmicas nas Universidades dos Estados Unidos.

No Brasil trabalhos notáveis foram desenvolvidos nos Centros de Pesquisa das Universidades de Campinas e São Carlos.

Junto com o estudo da cerâmica desenvolveu-se estudos de fornos, melhores vidrados, aparelhos de moldagem, moldagem a seco, porcelanas de alta resistência e seus empregos diversificados como, por exemplo, em supercondutores.

O emprego da cerâmica é inúmero, e pode-se citar:

1. Produtos cerâmicos estruturais:

Tijolos maciços ou furados;

Blocos;
Ladrilhos;
Telhas de barro cozido ou vidradas;
Tubos e conectores (manilhas de grês);
Produtos artísticos (vasos, etc.).

2. Refratários.

3. Louças e porcelanas.

Louça sanitária;
Louça de Grês;
Ladrilhos cerâmicos vidrados (azulejos);
Louça de mesa;
Porcelanas artísticas, industriais, domésticas, elétricas, etc.

4. Produtos cerâmicos diversos como sílica fundida, esmaltes vitrificados, etc.

B. FORMAÇÃO DA CERÂMICA EM FUNÇÃO DA ARGILA

As substâncias capazes de formar argilas são denominadas de argilo-minerais. São silicatos hidratados de alumínio ferro e magnésio, comumente com percentagem de álcalis e alcalino-terrosos. Junto com estes minerais vem a sílica pura, alumina, ferro, cálcio, magnésio e matéria orgânica. Observe que os elementos formadores de vidro estão presentes (sílica, álcalis e calcário).

O aparecimento destes minerais se origina da desagregação do feldspato das rochas ígneas por ação da água e do gás carbônico. Como existem rochas ígneas e feldspatos de diversos tipos, as argilas também apresentam características diversas.



Inicialmente as argilas são classificadas em magras e gordas, conforme menor ou maior quantidade de colóides. Os colóides são responsáveis pela plasticidade da argila, mas também, devido à alumina deformam-se muito mais no cozimento.

Entre as argilas que fundem a menos de 1200 °C:

- ✓ As argilas magras, devido ao maior tamanho dos grãos e à quantidade de sílica são mais porosas e frágeis. Ao tato parecem mais secas.
- ✓ Argilas com maior quantidade de material orgânico de cor cinza-azulada ou até preto assumem a coloração amarela ou vermelha após o cozimento. São usadas para materiais cerâmicos estruturais, assim como tijolos e telhas mais grosseiras.
- ✓ As magras e com pouco material orgânico dão cerâmicas menos porosas e uniformes, portanto de melhor qualidade. Estas argilas são também empregadas na fabricação do cimento.
- ✓ A argila com alta percentagem de mica e pouco ferro é denominada grês. Tem uma tonalidade cinza-esverdeada e é usada na fabricação de tubos cerâmicos e ladrilhos.

As argilas que vitrificam entre 1200 e 1500 °C são utilizadas na fabricação de louças e são quase exclusivamente caulim. Tem coloração branca antes e depois do cozimento.

As que só fundem e vitrificam a mais de 1500 °C são chamadas de refratárias e existem de vários tipos e cores.

O nome barro também é popularmente usado para denominar as argilas. Tecnicamente barro é argila impura. Dificilmente a Natureza vai apresentar argila pura, daí o uso indistinto da designação.

C. PROPRIEDADES DAS ARGILAS

Já foi dito que as cerâmicas são obtidas pela secagem e cozimento das argilas. As argilas são partículas extremamente pequenas de certas substâncias chamadas de argilo-minerais. Existem relativamente poucas variedades de argilo-minerais, mas em grande abundância na Natureza. Dentre os argilo-minerais abundantes está a caulinita.

A caulinita dificilmente é encontrada pura na Natureza, sempre havendo alguma mistura. Pura é um pó branco que quando seca é untuosa ao tato e quando úmida é muito plástica.

O caulim é uma de suas ocorrências e serve como matéria prima de porcelanas, louças, azulejos e outros materiais. Tem cor tantomais branca quanto maior for a quantidade de caulinita. Sempre tem algumas impurezas que podem afetar bastante as suas propriedades básicas. Entre as impurezas pode-se encontrar areia, sílica, alumina, óxido de ferro, álcalis, água, carvão e demais impurezas orgânicas.

A sílica livre, na forma de areia, diminui por exemplo a plasticidade e refratariedade da argila e reduz também a resistência mecânica da cerâmica obtida. Mas também reduz a retração, a deformação e facilita a secagem. É indispensável na fabricação da cerâmica pois ao fundir forma o vidro que aglutina e endurece o material.

A alumina também reduz a plasticidade e a resistência mecânica, porém reduz as deformações e faz baixar o ponto de fusão da sílica para a formação do vidro.

Os alcalis (cal, magnésia e sódio) também são fundentes e clareiam a cor das cerâmicas.

O óxido de ferro mistura-se com a caulinita e lhe confere a cor vermelha ou amarela. Em alguns casos forma pintas ou manchas. Reduz a refratariedade mas aumenta muito a dureza da cerâmica.

Os materiais orgânicos é muito ruim para a cerâmica pois apesar de aumentar sua plasticidade, torna a cerâmica mais fraca e porosa. Confere cor escura à argila antes do cozimento, que desaparece pois a matéria orgânica é queimada.

Os sais diversos, que na maioria dos casos são inertes, tem seu maior efeito sobre a cor. Podem dar eflorescências e criptoflorescência, que são defeitos apresentados por algumas cerâmicas.

Estes materiais e muitos outros se encontram nas mais diversas proporções, pois os depósitos de argila ficam expostos por milhares de anos a todas as influências climáticas e ambientais.

A inclusão de substâncias diversas é objeto de diversos estudos atuais.

1. Água

A água de constituição faz parte da molécula do argilo-mineral e se eliminada altera quimicamente a argila. A água de plasticidade ou inchamento envolve as partículas coloidais, aderindo à sua superfície, dando-lhe a mobilidade característica. A água de capilaridade fica nos poros da argila formando canais ou gotículas no interior da massa. É facilmente eliminada.

2. Plasticidade

As partículas coloidais tem grande atração entre si e quando secas não se deslocam, a não ser com grande esforço. Ao receber umidade são envolvidas por uma camada lubrificante que dá alta plasticidade, enfraquecendo a atração.

Existem substâncias que aumentam esta plasticidade (carbonatos, hidróxidos, silicatos e oxalatos) ou as que diminuem (ar incorporado, detergentes, sabões, pó de minerais, areia e pó de cerâmica).

Estas substâncias são usadas como aditivo para correções na fabricação da cerâmica.

A plasticidade depende também do tamanho, formato e comportamento químico dos grãos.

3. Retração

Quando da perda da água os grãos tem grande atração molecular e o conjunto se retrai.

A secagem é lenta pois primeiras camadas externas perdem água por evaporação. A água das camadas internas migra para a superfície por capilaridade cada vez mais lentamente, homogeneizando o conjunto continuamente. A grande quantidade de caulinita provoca uma maior retração.

A retração faz com que a peça cerâmica diminua de tamanho e quando a perda de água não é uniforme a peça se torce e deforma. Por isso é difícil se obter peças moduladas de tamanhos exatamente iguais nas medidas e perfeitamente planas. Isto só se consegue com muitos cuidados e técnicas especiais de fabricação. Nestes casos a fabricação fica encarecida de tal maneira que só é usada em casos especiais.

Todos os aditivos que aumentam a plasticidade aumentam também a retração.

4. Efeito do calor

Aquecendo a argila comum entre 20 e 150°C ela perde água do amassamento e de capilaridade. De 150 à 600°C ela perde a água de plasticidade, ou seja, endurece mas continua sendo argila. Até este ponto não há alteração nas características químicas pois se a hidratarmos de novo ela ainda volta às condições iniciais de plasticidade.

A partir de 600 °C começam as alterações químicas.

Na primeira fase a água de constituição da molécula de argila é expulsa. Neste ponto a molécula alterada deixa de ser argila e já apresenta um endurecimento permanente. Nesta fase há a queima de materiais orgânicos existentes.

Num segundo estágio há a oxidação: os carbonetos são calcinados e se transformam em óxidos.

Por fim, à partir dos 950 °C há a vitrificação. Aparece então a cerâmica, difícil de desagregar deformar ou quebrar.

III. CERÂMICAS

A – FABRICAÇÃO DA CERÂMICA

De uma maneira geral a fabricação de um material cerâmico segue as seguintes etapas:

1. Extração do barro:

Cada tipo de cerâmica requer um tipo apropriado de barro. Deve ser analisada a composição granulométrica, o teor de argila, a umidade e a pureza entre outras.

2. Preparo do barro:

Extraída a argila, feita a seleção, segue-se o que se chama de “apodrecimento” da argila. Ela é depositada ao ar livre, revolvida e passa por um período de descanso. Esta etapa tem por finalidade fermentar ao ar as partículas orgânicas existentes no barro, tornando-as coloidais e aumentando a plasticidade da massa.

A etapa seguinte é a de maceração (desagregar torrões), correção e amassamento. Na correção usam-se misturas.

A fase final é do amassamento, que serve para se obter a uniformidade entre os componentes. A argila então é preparada para a moldagem.

3. Moldagem:

a. Moldagem a seco ou semi-seco.

A moldagem pode ser feita a seco ou semi- seco o que demanda uma grande pressão e consequentemente grande energia. Este processo também leva o nome de prensagem. Os produtos são de excelente qualidade, mais uniformes e sem bolhas, tendo superfícies lisas e impermeáveis. Se sabe que as propriedades mecânicas da cerâmica são inversamente proporcionais à quantidade de água usada na moldagem.

Este processo é normalmente usado para ladrilhos, azulejos, isoladores elétricos e também para tijolos e telhas de melhor qualidade.

b. Moldagem com pasta plástica consistente

Nestes casos a pasta é forçada a passar sob pressão sob um bocal apropriado, formando uma fita contínua e uniforme. Depois esta fita é cortada ns segmentos desejados. Este processo não pode ter massa com muita água devido a porosidade no cosimento assim como deformação excessiva. O ar também é prejudicial pois além de dilatar a peça na cozedura pode também causar o fendilhamento e a desagregação.

Nestes casos uma camara de vácuo muitas vezes é incorporada ao sistema.

A porosidade é boa na formação de aderência com argamassas por isto este processo é nuito usado na fabricação de tijolos comuns ou elemetos vazados. No caso das telhas a moldagem é feita por prensagem em formas.

c. Moldagem com pasta plástica mole.

É o processo mais antigo pois é feito até sem equipamentos. A massa é moldada à mão, em tornos ou moldes de madeira.

É o processo usado em vasos, tijolos brutos, estatuetas pratos e chécaras de barro e eventualmente em telhas rústicas coloniais.

d. Moldagem da pasta fluida

Neste caso a pasta tem grande adição de água, formando um líquido semelhante ao xarope. A moldagem é feita com contra molde de metal, molde de gesso e a pasta é vertida em camadas até atingir a espessura desejada. Neste momento o gesso absorve a água da pasta, ficando só a camada de argila. Normalmente para o disforme o molde precisa ser partido, o que encarece a fabricação.

É usado em peças de espessura pequena como louças domésticas, louças sanitárias e peças de alta precisão.

4. Secagem:

A secagem é a fase obrigatória entre a moldagem e o cozimeto. Feita para que a pasta perca o excesso de água antes de ir ao forno. Esta secagem é lenta e bem distribuída evitando o fissuramento, deformações e porosidade das cerâmicas.

Esta secagem pode ser feita ao natural (vento), mas é demorada e exige grandes superfícies de armazenamento, normalmente em telheiros extensos para a proteção do sol.

Pode ser feita com o auxílio de um aquecimento brando quando então é chamada de secagem natural forçada. Este aquecimento é feito usando muitas vezes o calor do próprio forno de cozimento.

Pode-se também empregar secadores que são fornos de temperatura baixa (em torno de 100°C).

A secagem pode ser feita com ar quente e úmido, reduzindo-se gradativamente o teor de umidade e garantindo a uniformidade do processo. É um excelente processo pois reduz significativamente deformações e fendilhamento.

O processo pode utilizar o vácuo, onde a evaporação da água é rápida. Não é um processo econômico ou seguro.

Em peças delgadas e de precisão (componentes eletrônicos e elétricos) pode-se fazer secagem por radiação infra vermelha. Este processo tem um custo alto e é usado em pequenos secadores especiais.

Nos fornos de túnel ou de Hoffmann o calor é forçado a passar sobre as peças que estão indo para o cozimento. O resultado depende da velocidade de secagem.

5. Cozimento:

É a fase da fabricação em que o barro é colocado em fornos de alta temperatura para que ocorram as reações químicas de endurecimento e vitrificação.

No resultado influem as temperaturas alcançadas, a velocidade de aquecimento, atmosfera ambiente, pressão e umidade.

O cozimento pode ser contínuo ou intermitente.

Os combustíveis usados são leha, carvão, óleo ou energia elétrica.

Alguns tipos de cerâmica precisam ir duas vezes ao forno para o recozimento. Isto é comum nas peças esmaltadas.

A aplicação do vidrado pode ocorrer antes, durante ou depois do cozimento

6. Esfriamento:

Nesta fase o único cuidado é evitar um resfriamento muito brusco, que pode fendilhar a peça pela rápida retração.

E. PROPRIEDADES E PATOLOGIAS DAS CERÂMICAS

As propriedades das cerâmicas dependem da constituição da argila, cozimento, moldagem etc. Estes valores não podem ser generalizados e cada material deve ser analisado em particular.

Devem ser analisadas grandezas como o peso, propriedades mecânicas, absorção de água, resistência ao desgaste e dilatação térmica. Estes fatores devem ser considerados para a escolha da cerâmica adequada.

Pode-se citar como fatores prejudiciais a conservação da cerâmica depois de aplicada:

1. Umidade permanente

A umidade faz baixar a resistência das cerâmicas. Telhas ou tijolos quebram mais facilmente quando estão úmidos. Também apresentam menor resistência ao calor e ao desgaste. Peças de cerâmica submersas desagregam aos poucos.

2. Fogo e Calor

A resistência à compressão diminui a medida que a temperatura aumenta. Nos tijolos a desagregação começa a partir dos 300 °C e é total aos 800 °C. A desagregação também acontece quando a cerâmica é exposta a ciclos de calor e frio. As únicas cerâmicas que não sofrem estes efeitos são as refratárias, que aceitam altíssimas temperaturas. Observe que a cerâmica refratária aceita altas temperaturas mas não é isolante de calor, existindo as cerâmicas isolantes.

3. Solicitação mecânica exagerada

Se uma peça cerâmica é submetida a uma carga superior ao seu limite ela se rompe como qualquer material. Se a carga for levemente superior ao seu limite mas de rápida aplicação, ela pode somente desagregar. Se houverem fissuras sua resistência fica abalada. Em relação à abrasão, se ela é alta a cerâmica se desagrega e desgasta.

4. Fadiga

É outro tipo de colapso que acontece nas cerâmicas, quando submetidas sucessivas vezes à cargas altas, próximas do limite de sua resistência. Há a possibilidade dos grãos mais solicitados se desagregarem da massa. Isto enfraquece a cerâmica que se continuar submetida às cargas podem romper.

5. Fungos

Mofa ou bolor é o nome dado aos vegetais inferiores que não tem ação clorofiliana. Nestes a transformação de sais e outros elementos nutritivos, é feita nas raízes que destilam enzimas ácidas. Estas enzimas atacam a cerâmica, desagregando-a ou escurecendo-a com o passar dos tempos. Ação semelhante é desenvolvida por algumas bactérias e vírus.

6. Limo

O limo é o nome dado a alguns vegetais minúsculos que também podem desagregar a cerâmica por efeito mecânico de suas raízes. Embora capilares estas raízes se infiltram pelos poros da cerâmica e ao crescer a desagrega.

7. Gelividade

A água em canais capilares congela . Ao congelar aumenta de volume desagregando a cerâmica. Normalmente isto se dá na superfície, despedaçando a “casca” da cerâmica. O resultado é o desgaste progressivo da peça. Pode-se usar verniz impermeável que impeça a penetração da água.

8. Eflorescências

A cerâmica pode conter sais solúveis em pequenas quantidades, existentes no barro original. Quando a umidade atravessa a peça cerâmica a água dissolve estes sais e leva-os à superfície. Ali a água evapora mas deposita os sais aparecendo manchas. Estas

manchas além de dar um mau aspecto à superfície causam problemas mais graves como desagregação das peças e diminuição das aderências dos rebocos.

Eflorescências de cor branca espalhadas e que saem com facilidade com lavagem são típicas de sulfatos. Eflorescências de cor branca escorrida são típicas de carbonatos e são de difícil remoção. As de cor castanha indicam ferrugem, originadas pela presença de sais ou óxidos de ferro no barro ou peças metálicas presentes na massa. Também são difíceis de remover.

9. Criptoflorescências

Criptoflorescência indica florecimento escondido. É a formação de cristais ou sais no interior da massa. Ela não aparece mas pressiona a peça de dentro para fora, até rompe-la.

Normalmente estes sais formam cristais ao receber umidade, que aumentam de volume a medida que se hidratam mais. Também podem se formar nas rachaduras das alvenarias.