



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Fernando Nogueira Rocha

**A QUÍMICA DAS ARGILAS E CERÂMICA – UMA
ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2013



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

Fernando Nogueira Rocha

**A QUÍMICA DAS ARGILAS E CERÂMICA – UMA
ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciada(o) em Química.

Orientador: Paulo Anselmo Ziani Suarez

1.º/2013

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família especialmente a meus pais Clevison R. da Silva ,minha mãe Rosilene de S. Nogueira e ao meu irmão Danilo N. Rocha por todo apoio e empenho para que eu pudesse estar aonde cheguei.

Aos meus avós Adelson Nogueira e Almira Nogueira por todo carinho e cuidado que sempre tiveram comigo.

À minha avó, Maria Januária R. da Silva por sempre querer o meu melhor. Ao meu avô Manoel Carvalho da Silva (*in memoriam*).

Ao Renato Santana pelo carinho, paciência e companheirismo de todos os dias.

Dedico também ao Paulo Suarez que sempre me acompanhou e me aconselhou nos momentos mais decisivos e pontuais da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente Deus e meus pais, Clevison R. da Silva e Rosilene de S. Nogueira; e irmão Danilo Nogueira os quais, pelo trabalho de sol a sol e às custas de muito suor, me deram suporte e apoio para que eu pudesse concluir essa etapa da minha vida e me mostraram o que verdadeiramente uni uma família.

Quero agradecer também à minha avó, D. Cota por não medir esforços para que eu, mesmo com todas as escolhas certas e erradas que fiz e faço, pudesse trilhar sempre o caminho do bem.

Agradeço aos meus avós Almira e Adelson por todo carinho e admiração que sempre demonstraram por mim.

Agradeço ao Paulo Suarez por me orientar não somente no âmbito acadêmico como também na minha vida pessoal cujos conselhos e atitudes se assemelham a um segundo pai.

Quero agradecer ao Renato Santana pelo apoio, companheirismo, carinho e, sobre tudo, paciência comigo.

Ao meus tios e tias: Gisa, Glaucia, Gaby, Felícia, Marta, Marcos, Raildo, Adailton, Gilmar, Vando, Nito e, especialmente ao meu exemplo como pessoa, Tia Nete, por todas as palavras de incentivo e apoio. Aos primos Fernanda, Andressa, Genison, Andreza e Hiago.

A todos meus amigos fora da UnB em especial Renata, Simeão, Max, Pamela, Douglas, por me proporcionarem momentos descontraídos e de reflexão também.

Agradeço a todos os professores que tive durante à vida, em especial às professora Maria Hiolanda, Celene, Fabiana, Eleuza e Conceição. Quero também agradecer ao Colégio Instituto São José por terem me acolhido.

Agradeço também aos companheiros de trabalho e amigos do LMC Bia, Sara, Helvia, Peru, Miagy, Guilherme, Mateus, Vinicius, Maria Clara, Tom, Betania, Erick, Arilson, Kely, Jefferson, Marcelão, Gisele, Baby, Vanda, Lyvia, Fábio.

Quero agradecer às demais pessoas que contribuíram para que eu pudesse realizar esse trabalho e esqueci-me de citar, pois são muitas pessoas.

SUMÁRIO

Introdução.....	08
1.0 Teorias da educação aplicada ao ensino de química.....	11
1.1 Transposição Didática.....	11
1.2 Abordagem CTS no Ensino Médio.....	13
2.0 Referencia Teórica para elaboração do material didático.....	17
2.1 História da Cerâmica.....	17
2.2 A cerâmica na sociedade moderna.....	20
2.3 As cerâmicas e a economia social.....	24
2.4 O que são argilas.....	26
2.5 Como se produz cerâmica.....	30
3.0 Análise da abordagem utilizada nos textos didáticos.....	34
Considerações Finais	37
Referências.....	39
Apêndices 1- Texto para o professor do ensino médio.....	43
Apêndices 2- Texto para o aluno do ensino médio.....	58

RESUMO

Com o desenvolvimento da agricultura, surgiram novas técnicas de preparo dos alimentos bem como a confecção de novos materiais para manipulação dos mesmos. Podem-se destacar os pilões, almofarizes e copos feitos dos mais diversos materiais tais como madeira, pedra e, em especial, o barro. Com o passar do tempo a manipulação de diferentes tipos de barro ou argila permitiu desenvolver novos materiais cerâmicos com características específicas, como alta resistência térmica, mecânica e química, possibilitando que a cerâmica ocupe hoje um importante papel como material de diversos objetos, desde produtos rústicos tradicionais, elementos decorativos ou produtos industriais sofisticados. O presente trabalho tem por objetivo abordar os diversos pontos importantes da química das argilas, discorrendo sobre sua estrutura química, seus principais componentes, e o efeito que cada um destes exerce nas propriedades físico-químicas das cerâmicas. Com isso, foram produzidos textos didáticos que possam auxiliar os professores e alunos nas abordagens do conteúdo de química no ensino médio. Como tema contextualizador, foi priorizado nos textos a história e a confecção de materiais cerâmicos nos tempos remotos e modernos bem como a sua influencia nos fatores sociais e econômicos de determinada região, usando como exemplo o Vale do Jequitinhoha-MG. Assim, espera-se incentivar a interdisciplinaridade ao unir conceitos de várias áreas, com foco na ciência e na tecnologia direcionadas para a sociedade.

Palavras-chave: cerâmicas, história, argilas.

INTRODUÇÃO

A proposta deste trabalho parte da necessidade de se fazer algumas abordagens no ensino de química, com o objetivo de tornar mais atraente o processo de ensino-aprendizagem por parte dos alunos, uma vez que muitos destes apresentam certa resistência à determinadas disciplinas no Ensino Médio (Lopes, 1997). Esse fato está atrelado principalmente à forma com que os conteúdos das disciplinas são abordados, quase sempre de modo superficial em que a aprendizagem por repetição ou memorização prevalece.

De acordo com Sá e Silva (2008), a química no Ensino Médio no Brasil muitas vezes é ministrada sem que haja correlação ao cotidiano do aluno, limitando-se apenas aos conceitos químicos, memorização e cálculos de modo fragmentado. Essa não contextualização pode explicar a dificuldade no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que o aluno não relaciona o que aprende em sala de aula com a sua vida cotidiana, gerando a aversão à disciplina. (GOMES, 2007).

Almeida *et al.*(2010) sugere a necessidade de uma prática de ensino contextualizada, onde sejam agregados o conteúdo de química com o dia-dia do aluno em que este possa exercer sua cidadania bem como o desenvolvimento e prática do seu senso crítico. Essas são algumas alternativas em que o professor pode lançar mão para assim tornar conteúdo mais interessante.

Outro fator que pode auxiliar a superar esse desinteresse por parte do aluno é o uso da História da Ciência. Pereira e Silva (2009) faz uma análise das

contribuições do uso da história e filosofia no ensino de ciências e conclui que as recomendações para que as aulas de ciências sejam mais históricas são antigas e têm um papel importante. Assim ele destaca que a abordagem histórica da ciência pode atuar como motivadora, pois faz parte do conhecimento dos estudantes. Ela também acompanha gradativamente evolução do pensamento científico e a produção científica, desmitificando a visão dogmática da ciência como produto pronto e acabado fundamentada a partir da interpretação imediata de fatos, independentes de conhecimentos pré-existentes, como muitos pensam. Assim, a história torna seu objeto de estudo mais atraente, menos complexo, humano e também favorece a interdisciplinaridade (PEREIRA e SILVA, 2009).

Nos textos didáticos produzidos é sugerido os aspectos sociocientíficos como proposto por Santos *et al* (2004). Nestes, são introduzidas questões em que aluno compreenda os processos químicos envolvidos na abordagem a partir dos conteúdos presentes no seu dia-dia de modo que possam refletir e discutir aplicações tecnológicas relacionadas ao tema, compreendendo os efeitos das tecnologias na sociedade e na melhoria da qualidade de vida das pessoas. (SANTOS *et al.*, 2004).

Dentro dessas perspectivas, selecionou-se o tema argilas como matéria-prima para produção de cerâmica. Através dele, podemos explorar uma série de conteúdos químicos em diversas áreas, como a físico-química, a química inorgânica e abordagens interdisciplinares: como a geografia/geologia do tipo de barro ou argila utilizada na confecção de cerâmicas. Pode-se também relacionar o tema com a história da humanidade e como o desenvolvimento tecnológico das cerâmicas e suas aplicações se deram até chegarmos à organização técnica e social que envolve este tema nos dias de hoje.

A utilização das cerâmicas pelo homem é muito antiga e, portanto, a sua história acompanha a história do homem. Existem registros arqueológicos que evidenciam o uso de cerâmicas há muitos anos (cerca 10 000 anos A.P). Desde então, ocorreram diversos aprimoramentos das técnicas de extração da matéria-prima argilosa, do tratamento da mesma bem como as técnicas de produção dos mais diversos materiais cerâmicos. Com isso, essa indústria tornou-se um grande negócio com grandes variedades de insumos que vão desde a confecção de cerâmicas tradicionais tal como pratos, vasos, tijolos e etc. até produtos avançados em que os principais representantes são as cerâmicas refratárias que suportam altas temperaturas bem como as isolantes utilizadas nos resistores elétricos presentes em circuitos eletrônicos. Tais características podem ser exploradas quimicamente pelo professor, podendo estudar desde as ligações químicas e intermoleculares existentes na estrutura cerâmica até as transformações físicas e químicas presentes no processo de produção de cerâmicas e que dão suas características finais, como resistência mecânica.

Assim, o objetivo deste trabalho é fornecer um suporte ao professor de química do ensino médio de modo que ele possa trabalhar as possibilidades oferecidas por este tema com seus alunos, numa abordagem que desperte o interesse e disposição dos mesmos para a química.

CAPITULO 1

TEORIAS DA EDUCAÇÃO APLICADAS AO ENSINO DE QUÍMICA

Segundo Lopes (1997) e outros autores, pesquisas apontam que o ensino de ciências, especificamente o ensino de química, enfrenta sérias dificuldades. Essas se justificam pela aversão ao conteúdo da disciplina de química por parte dos alunos do ensino médio (Gomes, 2007) e que pode atuar como obstáculo a aprendizagem.

Como alternativa para contornar ou sanar tais empecilhos novas metodologias e abordagens de ensino tem sido propostas. Nesse sentido, surge a presença da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade que proporciona a inserção da ciência das diversas áreas de conhecimento em contato com a realidade vivida pelo aluno de forma a contribuir para construção de um pensamento crítico individual e coletivo e que pode inserida das mais diversas formas, dentre elas podemos destacar o uso da história, que promove a inclusão e a motivação do aluno; e a transposição didática, importante para tornar o saber concebido por cientistas acessível ao aluno e as instituições de ensino.

1.1 A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A escola bem como o sistema escolar em qualquer instancia tem a missão de difundir o saber e a cultura. Porém, no meio desse processo é inquestionável que existam diferenças entre o que é entendido como saber propriamente dito e o que chega a sala de aula, pois esse precede de uma transformação de conceitos. Daí

surge a necessidade de se explorar o conceito de transposição didática como uma forma de entender melhor tais modificações.

Em 1975 o sociólogo Michel Verret, foi um dos primórdios no estudo sobre Transposição Didática. Porém Yves Chevallard foi quem, em 1980, transcendeu essa ideia de um modo peculiar, como uma teoria aplicada ao ensino de matemática. Segundo Chevallard¹ (1991) a transposição didática é um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas, o “Saber Sábio”, se transforma naquele encontrado nos programas e livros didáticos, o “Saber a Ensinar” e, principalmente o que posteriormente aparece nas salas de aula, o “Saber Ensinado” (*apud* BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005. V.10. p. 388).

“Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os *objetos de ensino*. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de *transposição didática*.”(Chevallard, 1991, p.39)

Para Chevallard¹ (1991) a transposição didática começa a ser produzida pela agregação do conhecimento nos centros de pesquisa e universidades sob a forma de uma estrutura teórica e epistemológica hierárquica. Ele designa a existência de grupos sociais que, mesmo diferentes, possuem elementos em comum com relação ao saber. O primeiro ambiente, onde saber científico é criado é por ele designado de Noosfera. Neste ambiente, se encontram os saberes desenvolvidos ou aprimorados por cientistas e pesquisadores- o “Saber Sábio”- de aceitação prévia e consensual da comunidade científica e que aparece em periódicos científicos, congressos e revistas especializadas. É importante salientar que este tipo de saber ao ser publicado possui uma linguagem específica na comunidade científica na qual o pesquisador está inserido e, ao mesmo tempo, não transparece o contexto nem a linha de raciocínio do mesmo no decorrer do processo investigatório, apresentando-se de uma forma descontextualizada (Filho, 2000). Quando o “Saber Sábio” chega

¹ CHEVALLARD, Y; BOSCH, M.; GASCÓN, J. **Estudar Matemáticas: O Elo Perdido entre o Ensino e a Aprendizagem**. Tradução de Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artes Médicas. 2001.

à escola, ele vai se modificando sob a forma da contextualização, por exemplo, influenciando o saber escolar.

O saber sábio, quando deixa a esfera científica e passa para sala de aula, passa por um processo transformador com modificações e adaptações de maneira a se tornar mais compreensível e menos complexo pelos alunos. Diz-se então, que o saber foi transposto e passa agora a figurar o que Chevallard (1991) chama de “Saber a Ensinar”. Fazem parte desse “novo saber” um outro grupo imerso numa outra esfera que é mais abrangente que a noosfera onde suas regras próprias geram o saber a ensinar. De maneira diferente do saber sábio, presente em periódicos, este tipo de saber a ensinar está presente nos livros e materiais didáticos elaborados e ajustados pelo autor de acordo com a necessidade e objetivo do material. Nestes, o conteúdo é organizado de forma sequencial e linearizada.

Nessa esfera de ensino do Saber a Ensinar, o professor desempenha um papel fundamental, pois ele, com sua prática didática e auxílio do livro texto, prepara sua aula que passa por uma nova transposição didática produzindo um novo nicho epistemológico de saber o chamado “Saber Ensinado”. Este se configura como uma esfera influenciada pelos interesses de seus membros, pois o saber dos alunos, dos orientadores educacionais, dos supervisores, dos pais e do meio social em que a escola está inserida exercem fortes pressões sobre a prática pedagógica do professor, tanto no início do planejamento de suas aulas até o momento em que ele o ministra (BROCKINGTON, PIETROCOLA, 2005).

Assim ao tratar de determinado tema ou elaboração de material didático, surge antes a importância de se conhecer o público alvo de forma que, ao fazer a transposição, ele atenda as características daquele grupo. O tema não deve ser tratado de modo explicitamente científico se não é para este público que ele é direcionado. Igualmente, quando falamos de trabalhos para alunos e professores se faz necessário ajustar o tipo ou o modo de como linguagem é apresentada, para que assim os mesmos possam entender e se interessar pelo trabalho ou tema tratado.

1.2 A ABORDAGEM CTS NO ENSINO MÉDIO

A abordagem do currículo de ensino em ciências com destaque em Ciência, Tecnologia e Sociedade se mostra presente no mundo inteiro desde a década de sessenta (SANTOS e MORTIMER, 2002). Essa abordagem se faz essencial uma vez que, atualmente, vivemos numa sociedade inserida e influenciada pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia cujas abordagens, vinculadas ao contexto social do indivíduo, o possibilita desenvolver uma visão crítica e cidadã.

O período pós Segunda Guerra foi determinante para incorporação da abordagem CTS. Alguns fatores tais como problemas ambientais; o posicionamento frente a questões éticas por alguns intelectuais; a crescente participação popular nas decisões públicas; a qualidade de vida da sociedade industrializada e a frustração e o medo perante as demasias tecnológicas na época trouxeram a necessidade de se repensar o modelo de ensino que até então era cientificista, objetivando principalmente a formação de cientistas de visão sistemática e específica, sem o comprometimento de enviesar a ciência, seu objeto de estudo, suas aplicações e consequências com as relações existentes entre sociedade e cidadania. Surgem então os trabalhos curriculares em CTS da necessidade de se formar cidadãos em ciência e tecnologia, o que não vinha acontecendo no sistema tradicional de ensino (SANTOS e MORTIMER, 2002).

CTS pode ser caracterizado como ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências no seu dia-a-dia. (HOFSTEIN, AIKENHEAD e RIQUARTS *apud* SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 4)

A contextualização dos conteúdos se mostra como uma importante aliada para juntamente com a transposição didática fazer com que os alunos se sintam mais atraídos pelo ensino de ciências, pois à partir disso, pode-se integralizar a aprendizagem do aluno e sua realidade ao objeto de conhecimento. Segundo Scafi (2010):

Contextualizar consiste em realizar ações buscando estabelecer a analogia entre o conteúdo da educação formal ministrado em sala e o cotidiano do aluno ou de sua carreira, de maneira a facilitar o processo de ensino-aprendizagem pelo contato com o tema e o despertar do interesse pelo conhecimento com aproximações entre conceitos químicos e a vida do indivíduo. (SCAFI, 2010, p. 1)

Desta forma, a atenuação da linha que separa ciência e seus conceitos com experiências do dia a dia do aluno é muito importante, pois facilita o aprendizado do mesmo de maneira a despertar sua curiosidade e interesses pelas questões intrínsecas à ciência (SCAFI, 2010) no âmbito histórico, social, ambiental e político que, em conjunto, favorecem a construção argumentos críticos de forma a solucionar os mais variados problemas.

No nosso dia a dia nos deparamos em situações no qual podemos relacionar o nosso conhecimento químico, porém também temos que refletir de maneira a pensar ambientalmente e socialmente. Ao se pensar, por exemplo, em questões energéticas, climáticas, construção civil, o lixo e etc. devem-se levar em conta os fatores ambientais tais como pensar se a exploração de determinado material é adequada ao ponto de agredir o meio ambiente; se é utilizada mão-de-obra escrava ou infantil no processo de produção dentre outros. Refletir sobre essas questões pode significar a mudança de postura em relação ao consumo, pois a partir da discussão e reflexão desses valores é que se constroem cidadãos críticos (Santos e Mortimer, 2002).

Solomon 1988 (apud Santos e Mortimer 2002) também propõe que os cursos CTS deveriam demonstrar o caráter provisório e incerto das teorias científicas como evidenciado por com Latour e Woogar (1997) (apud Santos e Mortimer 2002):

LATOUR e WOOLGAR (1997), como representantes da corrente construtivista em sociologia, procuram demonstrar, em seus trabalhos em micro-etnografia das práticas científicas cotidianas, como os fatos da ciência, apesar de sua aparência objetiva e neutra, são, na verdade, construídos socialmente. Esses autores defendem a tese de que a ciência não é justificada somente por critérios racionais e cognitivos, pois esses critérios são também construídos socialmente pelos diferentes atores que participam da investigação científica. Com essa tese, eles questionam a visão mítica da ciência e de seus métodos, a sua a-historicidade, a sua universalidade, a natureza absoluta de suas técnicas e de seus resultados. (Latour e Woolgar (1997), *apud* Santos e mortimer, 2002, p. 6)

ROSENTHAL (1989) *apud* Santos e Mortimer (2002) propõe várias formas de abordagem como forma de desmistificar para os alunos a visão dogmática de que a ciência é algo pronto e acabado cheios de “verdades absolutas”. Essas abordagens influenciam ao aluno em sua compreensão de que a natureza da ciência é algo

intrinsecamente ligado aos aspectos políticos e sociais que vão se construindo ao longo do tempo e que vão além das questões internas da comunidade científica. ROSENTHAL (1989) (apud Santos e Mortimer 2002) considera as seguintes inclusões: a *histórica*, como uma ferramenta importante para se discutir a importância da atividade científica e tecnológica na história da humanidade, assim como a influência dos eventos históricos no desenvolvimento de ciência e tecnologia; *sociológica* na discussão da influência da ciência e tecnologia na sociedade e vice-versa juntamente com as limitações e possibilidade da ciência e tecnologia na resolução de problemas que desrespeito as sociedades; *econômicas* que se baseiam na relação entre crescimento econômico e ciência e tecnologia e, por fim, os aspectos *humanísticos* que seria a influência das artes e cultura na ciência e tecnologia e vice-versa.

O material didático proposto por esse trabalho de conclusão de curso traz a processo de produção da cerâmica como tema contextualizador. Assim, pode se ensinar os processos básicos de produção de cerâmica que vão desde a coleta e preparação da matéria-prima utilizada que é a argila bem como suas propriedades estruturais e as transformações químicas envolvidas durante produção de cerâmica. Estas transformações conferem as mesmas características desejadas no final do processo tais como resistência física, coloração, entre outros. Também será abordados aspectos históricos e sociais referentes a presença e utilização das cerâmicas nos tempos remotos e atuais assim como as suas principais aplicações e finalidades.

Motivado pelo uso da contextualização e transposição didática como teorias serão elaborados: um texto didático destinado ao professor do Ensino Médio que descreverá a químicas das argilas, suas aplicações bem como o processo de produção de cerâmicas em níveis artesanais e industriais; e um texto de mesmo tema para o aluno, que apresentará adaptações específicas para o aluno de acordo a teoria de Transposição Didática.

CAPÍTULO 2

REFERENCIA TEÓRICA PARA ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

2.1. A história da Cerâmica

Durante o período neolítico (entre 14 mil e 6 mil antes do Presente, a. P.), também conhecido como período da pedra polida, a agricultura foi desenvolvida em diversas regiões do planeta. De fato, acredita-se que os povos mais antigos a desenvolver atividades agrícolas tenham se desenvolvido por volta de 12 000 a. P.

Nas culturas antigas ocidentais ou velho mundo, supõe-se que a agricultura tenha se iniciado por volta de 10 000 a. C (MAZOYER, M.; ROUDART, L, 2008). Nas Américas, sabe-se que a agricultura é muito antiga, seus primeiros indícios de cultivo é datado por volta de 7 000 antes do presente (a. P). O milho, feijão e mandioca se mostra cultiváveis a partir de 4 000 anos a. P. No Brasil, há indicativo de que a prática agrícola tenha se dado por volta de 3000 a. P no Nordeste. (MARTIN, G, 1999)

Além de tecnologias de manejo do solo e de cultivo, o homem desenvolveu, também, técnicas para armazenamento e preparo de alimentos, assim como descobriu novos materiais, dentre os quais se destaca o uso do barro e a descoberta da cerâmica. Um fato interessante é que, dentre os utensílios que surgiram paralelos à prática de cultivo de alimentos, como o pilão e almofarizes, geralmente confeccionados com pedra e madeira, as cerâmicas ganham um papel notável como principal indicadora das práticas agrícolas remotas devido às suas características de conservação que, mesmo fragmentadas ao extremo, são detectadas facilmente De fato, a cerâmica foi tão importante para o desenvolvimento da sociedade humana que o estudo de fragmentos cerâmicos é usualmente utilizado para determinação de níveis culturais e organizacionais de sociedades pré-

históricas. Assim, a relação da coexistência entre agricultores-ceramicistas está no fato de que, associados às descobertas de sítios arqueológicos de civilizações da pré-história são encontradas, maioria das vezes, vestígios cerâmicos. Claro, que isso não quer dizer que as duas não possam coexistir separadamente. (MARTIN, G, '1999)

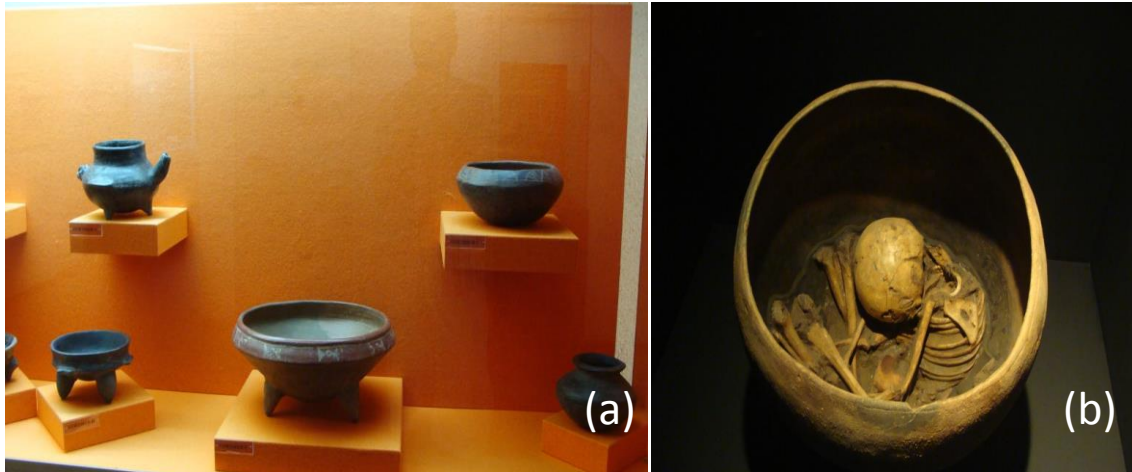
Os utensílios de barro mais antigos fabricado pelo homem descobertos são cestos de vime recobertos de argila. Encontram-se louça de barro queimado ao forno datados de 15.000 a. C e (SHREVE, R. N. & BRINK JR , 1977) 10 séculos depois, o homem descobriu que o calor fazia o barro endurecer, tornando-se resistente à água, técnica bastante desenvolvida pelos egípcios (BETINI, 2007 *apud* SOUTO, 2009).

A cerâmica das Américas foi manufaturada de forma autônoma às das técnicas no Velho mundo surgindo, a princípio, na modelagem de recipientes côncavos e posteriormente pela forragem de cestos trançados que, quando secos, deixavam as marcas características do traçado no barro que ao longo do tempo foram se transformando e ganhando peculiaridades tais como nos desenhos, formas e representação social das peças de acordo com os diferentes povos, e que são classificadas pelos arqueólogos nas chamadas *tradições ceramicistas* dos quais os Tupi-Guarani e os falantes de línguas Macro-Jê são os principais representantes. (MARTIN, G, 1999)

Vestígios cerâmicos de 3 000 a.C produzidas no Equador pela cultura Valdivia é datada como uma das mais antigas da América. No Brasil, são encontradas cerâmicas ainda mais antigas em Santarém que datam de 5 000 a.C e no litoral do Pará de 3000 a.C. (MARTIN, G, 1999)

A facilidade em modelar o barro antes da queima, torna-se então uma importante ferramenta para o homem desenvolver os mais variados objetos cerâmicos, que vão de utensílios para o preparo e conservação de alimentos, instrumentos musicais, até urnas funerárias, como os exemplos mostrados na Figura1.

Figura 1. Alguns artefatos de cerâmica de culturas das Américas



(a) utensílios com fins alimentares encontrados na Pirâmide Circular de Cuicuilco e expostas no Museu do Sítio, no Distrito Federal, México;

(b) urna funerária encontrada na região da Serra da Capivara e exposta no Museu do Homem Americano em São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil.

Fonte: Paulo A. Z. Suarez.

Com o surgimento das civilizações as técnicas de produção de cerâmica foram se desenvolvendo. Nas civilizações clássicas, como no Egito Antigo, na Grécia, no Império Romano e na China, assim como durante a idade média e o renascimento, a arte de produzir artefatos cerâmicos se desenvolve muito. Desde a porcelana mais delicada para a confecção de xícaras ou a cerâmica rústica usada para produzir telhas, uma miríade de produtos foram durante milênios produzidos a partir da queima de misturas de diferentes tipos de barro.

De acordo com Chagas (1997) a confecção de cerâmicas brancas do velho mundo pôde ser difundida pelos europeus no século XVII, influenciados pela tradição da porcelana fina dos chineses que são consideradas até hoje obras de arte devido não somente à pintura e modelagem como também à qualidade do material, que atinge espessuras de uma casca de ovo, quase transparente. Os europeus tentaram durante muito tempo reproduzir esse material, porém sem sucesso, até que descobriram o segredo dos chineses - a matéria-prima utilizada- uma espécie de cerâmica branca a qual chamavam de caulim devido a localidade de Kao-Ling, na China, donde extraíam-na desde o século VIII; Outro segredo da produção de cerâmica era o tratamento da argila com urina, pois ela possui substâncias como ureia e sais de amônio que se aderem na superfície das mesmas, tornando-a

plástica e facilitando o afastamento das placas microcristalinas no processo de cozimento.(CHAGAS, 1997).

2.2 A cerâmica na sociedade moderna

Com o passar dos anos, a manipulação de diferentes tipos argilas permitiu desenvolver novos materiais com características específicas, como alta resistência térmica, mecânica e química . Esta evolução possibilitou que a cerâmica ocupe hoje um importante papel como material de diversos objetos, desde produtos rústicos tradicionais, elementos decorativos industriais ou artesanais, até sofisticados produtos como supercondutores. (SHREVE e BRINK, 1977). Assim, a cerâmica se constitui atualmente como um importante setor econômico, seja em indústrias que utilizam tecnologias tradicionais ou inovadoras, ou como produto artesanal importante para geração de renda em comunidades carentes, como será relatado a seguir (SHREVE e BRINK, 1977) :

a) Produção Industrial de Cerâmicas:

-Branças e vermelhas

Os processos tradicionais de obtenção de produtos cerâmicos brancos ou vermelhos, que são apenas a mistura de dois ou mais barros diferentes, até hoje são usados. Por exemplo, no Brasil inúmeras indústrias de pequeno, médio e mesmo grande porte produzem as mais variadas linhas de artefatos cerâmicos para a construção civil, tais como manilhas, tijolos, pisos e revestimentos, telhas, filtros para purificação de água, maringas e vasos para decoração. De acordo com Gomes (1988) o barro utilizado para esse tipo de material é constituído em sua maioria por areia que variam na tonalidade de vermelhas a amarelas; e pouco componente argiloso suficiente apenas para garantir uma boa plasticidade e eficiente moldagem da peça. Já na produção de louças e artefatos de uso domésticos tal como louças de uso domésticos tais como pratos, xícaras e tigelas que são cerâmicas usualmente brancas e finas em virtude de vários constituintes fundentes, ou seja, substâncias geralmente pertencentes a família dos alcalinos e alcalinos terrosos, que diminuem o ponto de fusão de alguns constituintes, causando a liquefação em

temperaturas mais baixas e, conseqüentemente, diminui os espaços vazios e a porosidade do material, agora com maior resistência mecânica. Há também a variação no grau de vitrificação que depende da proporção dos diversos materiais tais como argila de porcelana e fundentes como sódio e potassa, que revestem a cerâmica com uma fina camada de vidro que apresenta semelhante coeficiente de dilatação, evitando defeitos.

Na Figura 2 são mostrados produtos manufacturados hoje no Brasil a partir de materiais cerâmicos tradicionais.

Figura 2. Uso atual de cerâmicas comuns:



(a) Olaria na região de Paracatu, MG, Brasil, que produz tijolos com cerâmica vermelha
Fonte: Paulo A. Z. Suarez;

(b) louças para uso alimentar produzidas a partir de cerâmica branca esmaltada na cidade de Monte Sião, MG, Brasil

Fonte: Fernando N. Rocha.

b) Cerâmicas Avançadas

Outros setores industriais produzem materiais avançados com o uso de elementos químicos diferenciados, tais como alguns metais de transição ou de transição interna, os quais são responsáveis por conferir propriedades específicas às

cerâmicas. Assim, as cerâmicas conhecidas como “avançadas” apresentam, além de algumas características tradicionais desta classe de materiais, propriedades especiais tais como alta resistência térmica, condutividade elétrica ou propriedades magnéticas ou óticas que permitem usos específicos (CALLISTER 2002 *apud* SOUTO, 2009).

- Cerâmicas Refratárias

Dentre os materiais cerâmicos avançados, os mais antigos são os refratários, que resistem a altíssimas temperaturas, bem como a efeitos mecânicos, químicos e físicos. São geralmente confeccionados na forma de tijolos com as seguintes propriedades descritas por SHREVE e BRINK, 1977:

Altos pontos de fusão – os pontos de fusão não são precisos, pois muitos desses materiais não são compostos puros e sim uma mistura de minerais. Em geral possuem altos pontos de fusão em torno de 1600° C.

Porosidade- quanto mais poroso o tijolo, maior capacidade de ser penetrável por gases e materiais fundentes. Quanto menor porosidade, mais resistência, capacidade térmica e calorífica.

Termofratura- quando sujeitos a aquecimento e resfriamento muito rápido estão sujeitos a se dilatarem e contraírem - provocando fraturas em sua estrutura.

Resistência- apresentam alta resistência a ataques químicos, à abrasão e erosão.

Condutividade térmica- os tijolos menos porosos são mais condutores devido à diminuição da presença de ar. Essa propriedade varia de acordo com sua finalidade podendo ser supercondutores, em fornos, ou isolantes, como as cerâmicas utilizados em utensílios elétricos.

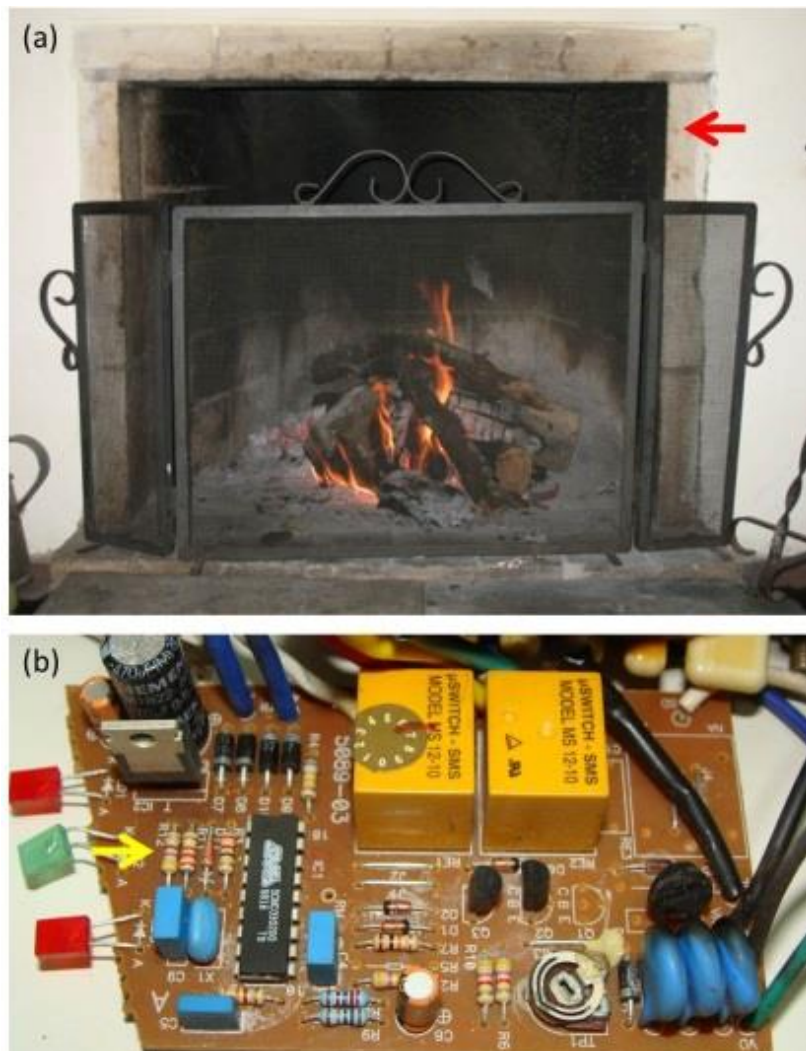
Capacidade Calorífica- depende da condutividade térmica, calor específico de que é constituído. Em fornos que são utilizados de forma não descontínua é interessante tijolos com menor densidade, pois aquecem e se resfriam rapidamente sem demanda de muito combustível. Contrariamente, tijolos mais pesados usados em fornos de vidro, por exemplo, aquecem e resfriam lentamente.

Na construção civil, os tijolos refratários são largamente usados como revestimento em lareiras, como a mostrada na Figura 3a, churrasqueiras, e fornos e fogões a lenha.

-Cerâmicas Supercondutoras

Mais recentemente, diversas cerâmicas inovadoras foram desenvolvidas, as quais vêm encontrando variados usos industriais, por exemplo, na fabricação de supercondutores, peças para motores a combustão interna e de turbinas, embalagens de componentes eletrônicos, como os capacitores mostrados na Figura 3b, ferramentas de corte de alta precisão, entre outros (CALLISTER 2002 *apud* SOUTO, 2009).

Figura 3. Materiais cerâmicos avançados:

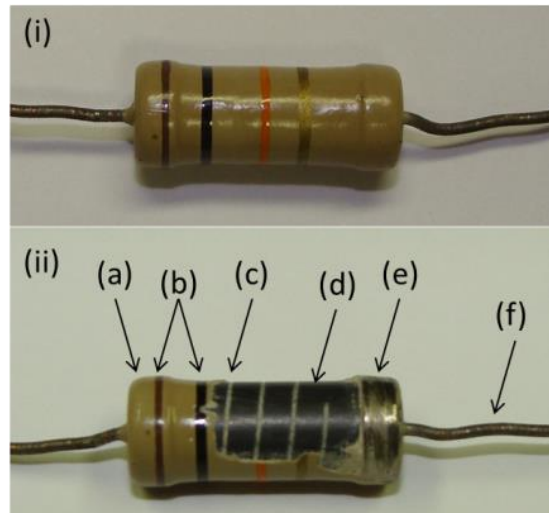


(a) tijolos refratários usados como revestimento em lareira para aquecimento doméstico;

(b) circuito elétrico com componentes revestidos com materiais cerâmicos.

Fonte: Paulo A. Z. Suarez.

Figura 4. Resistor cerâmico com revestimento intacto (i) e parcialmente retirado (ii) para visualização dos diversos elementos:



- (a) revestimento isolante de silicone;
- (b) anéis coloridos pintados na parte externa que indicam a resistência do resistor;
- (c) fio metálico enrolado em espiral;
- (d) cilindro de cerâmica condutora; (e) capsula e (f) fio metálicos para contato elétrico.

Fonte: Paulo A. Z. Suarez

2.3. As cerâmicas e a economia social:

Além da importância econômica da produção industrial de materiais cerâmicos, diversos são os exemplos de cooperativas ou iniciativas individuais de artesões que encontram na argila a sua fonte de sustento. Um dos muitos exemplos está na figura feminina das artesãs do Vale do Jequitinhonha, no noroeste de Minas Gerais, também conhecidas como as “noivas da seca”. Essa região, que ocupa mais de 85 mil Km² de extensão e é habitada por cerca de 1 milhão pessoas, embora seja banhada pela bacia do Rio Jequitinhonha, é bastante castigada pela seca tanto no outono e no inverno como pelas enchentes no verão, as quais inviabilizavam o cultivo de lavouras. Como consequência, acaba por forçar a evasão da população masculina para outros locais onde conseguem emprego, como os canaviais das indústrias de açúcar e álcool de São Paulo ou as carvoarias do Centro-Oeste. Nesse

contexto, as mulheres encontraram como única forma de sustento a produção de artesanatos, principalmente a cerâmica, a tecelagem e os bordados, a cestaria, as esculturas em madeira, os trabalhos em couro e a pintura. No caso específico da cerâmica, elas desenvolveram um artesanato único, confeccionados totalmente usando argila coletadas a beira dos riachos da bacia do Jequitinhonha, onde um dos principais elementos são figuras femininas vestidas de noivas. Após preparar os artefatos com barro, é feita a “pintura” das peças com emulsões aquosas pouco viscosas obtidas com barros contendo elementos químicos diferentes. Ao queimar, essas suspensões produzem uma espécie de esmalte superficial nas peças contendo as cores desejadas. Note que geralmente a cor da argila usada para preparar a emulsão é diferente da coloração que a peça adquire após o processo de queima. Na Figura 4 é mostrada a produção de cerâmica na comunidade de Campo Alegre, no município de Turmalina, MG, Brasil. Nesse cenário, as mulheres passam a chefiar as famílias e, principalmente com artesanato advindo do barro, elas assumem um lugar central na economia familiar. (CERAMICA NO RIO, 2013)

Figura 4. Produção de artesanato em cerâmica no Vale do Jequitinhonha, MG, Brasil:



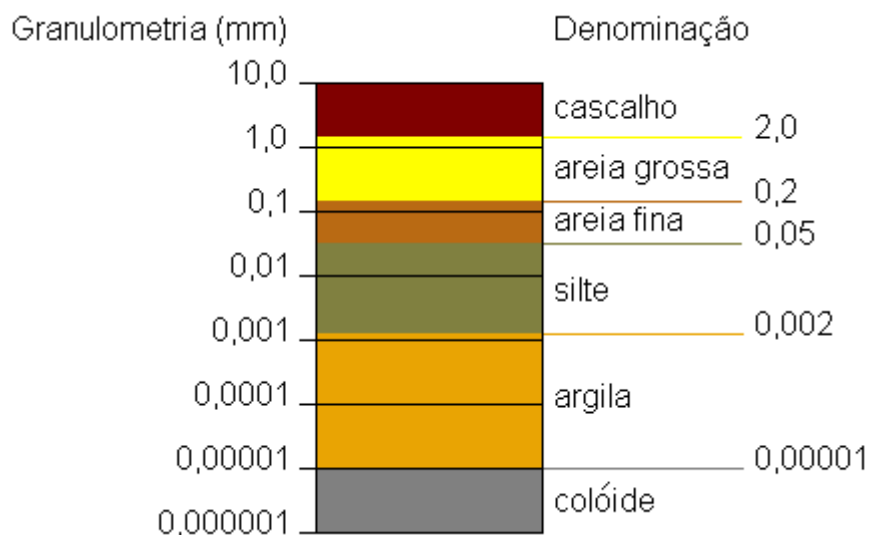
- (a) forno individual para queima de peças de barro da paneleira (como são conhecidas as artesãs no Vale do Jequitinhonha) Durvalina;
- (b) argila usada para preparar os artesanatos;
- (c) argilas diferentes emulsionadas em água usadas para colorir o produto;
- (d) produtos antes (cinza) e após a queima no forno; (e) Noiva, principal artesanato da região.

Fonte: Paulo A. Z. Suarez.

2.4 O que são Argilas?

Ao contrário do que muitas vezes se imagina as argilas, assim como areia, não representam um tipo de composto químico específico. De fato, de acordo com Santos (1992) argila é um vasto conjunto de compostos químicos que apresentam uma granulometria muito fina, com diâmetro inferior $2\ \mu\text{m}$ conforme ilustração da Figura 5. Outra característica dessas partículas é o fato de, quando umedecidas com água, formarem uma mistura com certa plasticidade.

Figura 5. Classificação de partículas sólidas.



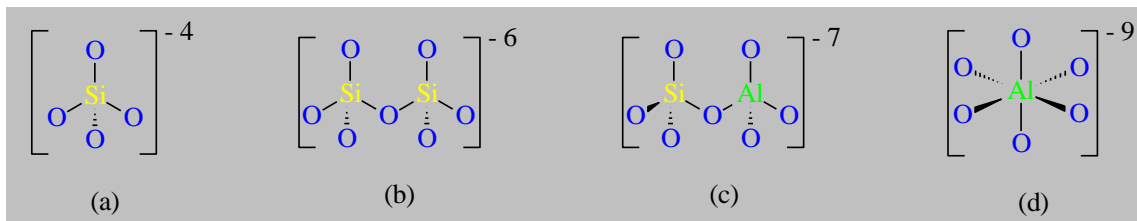
No caso dos solos, as argilas são cerca de 90 % da massa total do material seco, podendo ser tanto partículas orgânicas quanto os compostos inorgânicos cristalinos originados pelo processo de intemperismo das rochas ígneas. Dentre os principais minerais presentes estão os óxidos e os aluminossilicatos (SANTOS, 1992 *apud* SILVA, 2011) .

Dentre os óxidos, os principais constituintes são a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e os óxidos de ferro (Fe_2O_3 , Fe_3O_3). Também são encontrados em quantidades importantes no solo derivados hidratados dos óxidos de metais, tais como a bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a laterita ($\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Outro importante grupo de compostos encontrados no solo são os aluminossilicatos, como as micas, os feldspatos e as zeólitas. A principal

característica dos aluminossilicatos é a presença de tetraedros formados pela ligação de 4 oxigênios a um átomo de silício (Figura 6a), com carga formal -4. Por outro lado, átomos de alumínio podem estar substituindo parcialmente os átomos de silício (Figura 6c), aumentando sempre em uma unidade o número de cargas negativas. Um fato interessante é que átomos de alumínio também podem ser encontrados nos aluminossilicatos formando estruturas octaédricas (Figura 6d), coordenados a 6 átomos de oxigênio. Os tetraedros podem estar isolados, formando um grupo de minerais conhecidos como nesossilicatos. No entanto, dois átomos de silício podem estar compartilhando um átomo de oxigênio (Figura 6b), formando um grupo de compostos conhecidos como Sorosilicatos. Pode ocorrer, também, a condensação de mais de dois tetraedros, onde cada átomo de silício compartilha dois dos quatro átomos de oxigênio, levando a ânions mais complexos, como estruturas cíclicas contendo 3 ou mais átomos de silício (Ciclossilicatos) e polímeros lineares com grande número de átomos de silício (Inossilicatos). O compartilhamento de 3 átomos dos oxigênios leva a formação de estruturas bidimensionais, semelhantes a folhas, conhecidos como Filossilicatos. Já o compartilhamento dos quatro átomos de oxigênio leva a formação de polímeros tridimensionais conhecidos como Tectossilicatos, os quais podem não possuir carga (no caso da sílica, SiO_2) ou a diversos grupos de ânions tridimensionais, com carga e formato diferentes dependendo da quantidade de substituição de átomos de alumínio e condições em que foram gerados, como os feldspatos e as zeólitas.

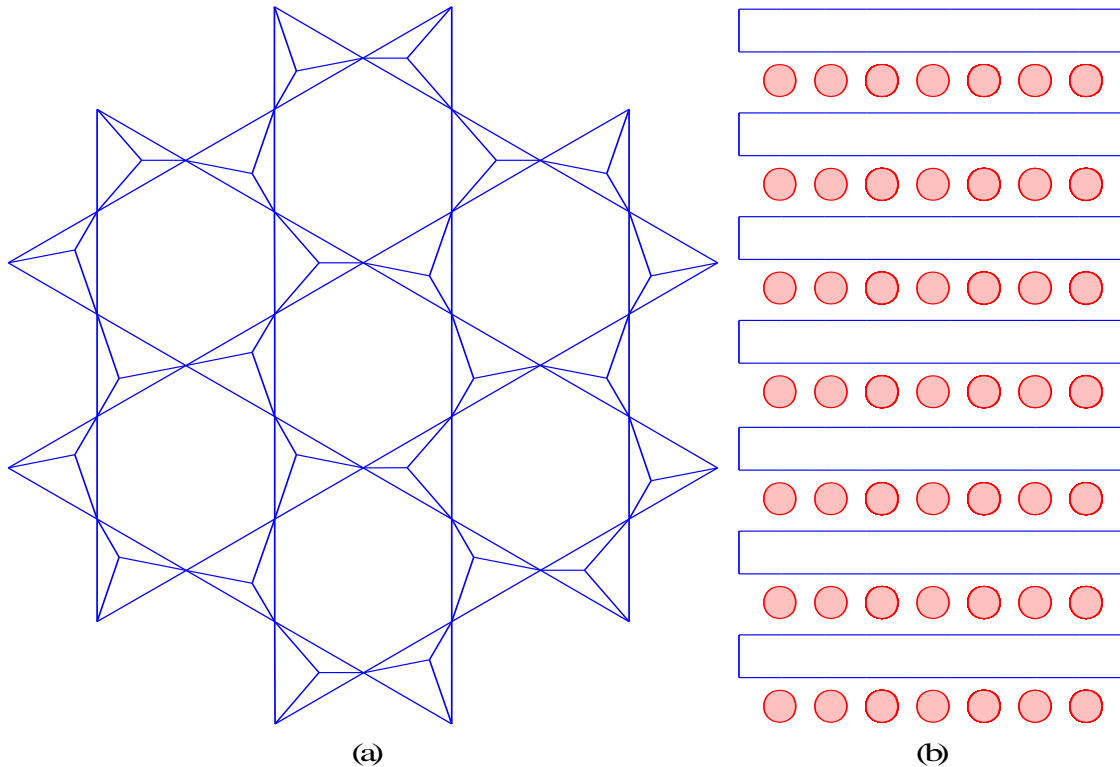
Figura 6. Estruturas básicas dos aluminossilicatos:



Dentre os aluminossilicatos, os mais importantes para o estudo de solos e cerâmicas são os argilominerais, termo usado para designar os filossilicatos (do grego *phylon*, folha). Estes compostos na sua maioria são hidrofílicos, tendo geralmente alta capacidade de adsorver água. Esta característica lhes confere certa

plasticidade, ou seja, capacidade de ser moldável e de aderir a determinadas superfícies. Nestes compostos, os tetraedros com silício ou alumínio estão compartilhando 3 oxigênios formando estruturas bidimensionais, ou folhas, como a mostrada na Figura 7a. Além disso, ocorre também a formação de folhas com octaedros de alumínio, com 4 oxigênios nas posições equatoriais do octaedro sendo compartilhados e íons OH ligados nas posições axiais, as quais ficam sobrepostas a folhas de tetraedros formando estruturas chamadas de lamelas. Deve-se destacar que ocorrem duas formas possíveis de lamelas: (i) a associação de uma folha de tetraedros com uma folha de octaedro (1:1); ou (ii) a formação de uma estrutura tipo sanduiche, com uma folha de octaedro em meio a duas de tetraedro (2:1). Essas lamelas apresentam cargas negativas, as quais são balanceadas por cátions de metais alcalinos e alcalinos terrosos, principalmente Na^{+1} , K^{+1} , Ca^{+2} e Mg^{+2} , que ficam dispersos na ao longo da lamela. Na estrutura final do mineral têm-se camadas sobrepostas de lamelas e cátions, conforme mostrado na Figura 7b. De acordo com o tipo de estrutura (1:1 ou 2:1), a carga da lamela e o tipo de cátion presente se tem uma gama ampla de minerais, os quais apresentam propriedades completamente diferentes. Dentre eles, os mais importantes são o talco, a pirofilita, as caulinitas, as serpentinas, as micas, a clorita, as vermiculitas e as esmectitas (SANTOS, 1992 *apud* SILVA, 2009. CHAGAS, 1997).

Figura 7. Estrutura dos filossilicatos:



(a) estrutura de uma folha formada pela associação de tetraedros de silício onde ocorre o compartilhamento de 3 átomos de oxigênio. Nos vértices dos tetraédros encontramos átomos de oxigênio e no centro átomos de silício ou alumínio, os quais não estão representados para maior clareza da figura;

(b) sobreposição de lamelas (retângulos) e camadas de íons metálicos (esferas rosas).

Outro importante grupo de aluminossilicatos presentes em solos são os feldspatos. Nestes compostos os quatro oxigênios dos tetraedros são compartilhados, levando a estruturas tridimensionais. Note que a quantidade de carga da estrutura tridimensional depende diretamente da quantidade de íons alumínio que estão substituindo íons silício. Como contra-íons geralmente estão presentes cátions de metais alcalinos e alcalinos terrosos, os quais ficam alojados em espaços vazios existentes na estrutura tridimensional do ânion. Os três tipos mais comuns de feldspatos são: os potássicos ou ortoclase ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), os sódicos ou albita ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) e os cálcicos ou anortita ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$). No entanto, dificilmente são encontrados esses 3 compostos de forma pura, sendo comumente formados minerais contendo dois ou mais diferentes cátions. Por exemplo, a série entre a albita e a anortita é conhecida como plagioclase. (SHREVE e BRINK, 1977 *apud* SOUTO, 2009)

Durante o processo de intemperismo, os feldspatos se decompõem formando principalmente filossilicados. Na equação 1, por exemplo, é mostrada a decomposição do feldspato ortoclase em caulinita e carbonato de potássio na presença de água e dióxido de carbono (SHREVE e BRINK, 1977) :



Equação 1

2.5 Como se produz a cerâmica?

Os processos de fabricação de materiais cerâmicos são bastante parecidos, independente do tipo de produto desejado. De fato, é possível identificar 3 etapas básicas: (a) preparação da matéria-prima, incluindo a mistura dos diferentes minerais e preparo da massa; (b) formação das peças; e (c) tratamento térmico. Muitas vezes, uma quarta etapa de acabamento se faz necessária.

Extração

Geralmente o período de extração ocorre no verão, pois no período chuvoso, as cavas são inundadas. A maioria dos métodos de extração no Brasil são realizados a céu aberto onde, a princípio, são utilizadas máquinas retro escavadeiras ou de maneira rudimentar, o uso de pás. Quando o material possui certa dureza, são empregados explosivos e tratores esteiras para transportar e carregar os caminhões. Nessa etapa, são retirados os *estéreis* (vegetação e materiais que não interessam). Após o esgotamento das jazidas, esses locais devem ser recuperados para o ressurgimento da vegetação. (ZADONADI & IOSHIMOTO, 1994 *apud* SOARES, 2009)

Estocagem

De acordo com Zandonadi & Ioshimoto (1991) a estocagem dos montes de argilas é feita em céu aberto, por um período de seis meses a dois anos, em camadas chegando a vários metros e cujas espessuras e alternâncias variam de acordo com suas características da mistura final.

Na exposição da matéria-prima às intempéries (sol, chuva, vento etc.) num processo conhecido como *sazonamento*, os blocos de argilas adquirem menos tensão, melhoram sua plasticidade, lixiviam os sais solúveis e homogeneizam o teor de umidade das argilas (ZADONADI & IOSHIMOTO, 1994; *apud* SOARES, 2009).

Preparação da massa

Após o período de *sazonamento*, a argila é umidificada e transportada para o caixão alimentador, que dosa a quantidade de matéria-prima que é transportada por esteiras (SOUTO, 2009) ²⁹ para os desintegradores ou laminadores, onde os torrões de argilas são desintegrados (ZADONADI & IOSHIMOTO, 1994 *apud* SOUTO, 2009)..

Em certos processos mais rudimentares e, dependendo da quantidade de blocos de argilas, esses são britados e triturados em moinhos de martelo (forrageira) a seco. Após, é umedecido até a obtenção de uma quantidade ideal de plasticidade para então ir para o caixão alimentador ou para o extrusor.

Extrusão

Nesse processo, a massa plástica e pastosa passa por uma máquina que, de acordo com a boquilha ou molde utilizado, dá forma as peças. Esse equipamento é chamado de maromba ou extrusora (SOUTO, 2009). Em processos artesanais, a amassa sai do extrusor sob forma compacta e, em seguida, é moldada no torno, uma máquina constituída por um motor que impulsiona mecanicamente um eixo, fazendo-o girar numa base redonda em que é colocado o barro onde as peças ganham forma sobre as mãos do artesão.

Secagem

A secagem consiste na eliminação da água utilizada durante a formação das peças de cerâmica. Existem vários métodos de secagem, dentre eles, o mais comum é a secagem natural em ambientes abertos, na presença do sol. Na medida em que a peça é seca, o aumento de temperatura favorece a migração capilar da água pelos poros da peça até a superfície onde ocorre a evaporação, o que é perceptível pela redução do volume da peça e maior resistência mecânica

(CALLISTER 2002 *apud* SOUTO, 2009) . Esse tipo de secagem depende de vários fatores tais como umidade do ar, calor, etc.

Em processos industriais, em que a demanda de produção é muito alta, são utilizados câmaras secadoras onde são controlados os fatores a cima. Nesses, a secagem é feita pela introdução de ar quente pela parte inferior das paredes laterais ou pelas soleiras. O ar saturado de umidade geralmente sai pela abóbada ou pela parte superior das paredes laterais do lado oposto ao da entrada (ZADONADI & IOSHIMOTO, 1994 *apud* SOARES, 2009).

Queima

A queima ou sinterização consiste em aquecer as peças secas a um gradiente de temperaturas máximas que variam de 800°C até 1100° C com tempos de queima variando em horas ou até dias. As peças são empilhadas dentro de um forno de forma a permitir a passagem dos gases quentes para melhorar a queima e boa distribuição de temperatura no forno (ZADONADI & IOSHIMOTO, 1994 *apud* SOARES, 2009). Ao final, são obtidos materiais com características específicas tais como brilho, cor, porosidade, estabilidade dimensional, resistência à flexão, altas temperaturas, água, ataques químicos dentre outros.

As transformações químicas e físicas provocadas pelo aquecimento são enumeradas nas seguintes etapas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA, 2004 *apud* SOUTO, 2009):

- 100°C: eliminação da água livre não eliminada totalmente na secagem;
- Aproximadamente 200°C: elimina-se a água coloidal, que permanece intercalada entre as pequenas partículas de argila;
- De 350°C a 650°C: combustão das substâncias orgânicas contidas na argila;
- De 450°C a 650°C: decomposição da argila com liberação de vapor;
- Aproximadamente 570°C: rápida transformação do quartzo;
- Acima de 700°C: reações químicas da sílica com a alumina, formando sílicoaluminatos complexos que dão ao corpo cerâmico suas características de dureza, estabilidade, resistência física e química;
- De 800°C a 950°C: decomposição de carbonatos e liberação de CO₂;

- Acima de 1000°C: os sílico-aluminatos que estão em forma vítrea começam amolecer, assimilando as partículas menores e menos fundentes, dando ao corpo maior dureza, compatibilidade e impermeabilidade.

Assim, todos esses processos são essenciais para se obter os mais variados tipos de produtos os quais conhecemos como cerâmicas.

CAPÍTULO 3

ANALISE DA ABORDAGEM DIDÁTICA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DOS TEXTOS.

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as o tema argila e os materiais cerâmicos, incluindo os aspectos históricos, químicos e a importância econômica e social dos mesmos na sociedade moderna. Por outro lado, foi acompanhado o processo de produção de materiais cerâmicos por artesões do Distrito Federal, sendo coletadas amostras nos diferentes estágios do processo que foram analisadas no laboratório de Materiais e Combustíveis do Instituto de Química da UnB para entender os processos de transformação física e química envolvidos.

Finalmente, utilizando teorias educacionais de transposição didática e CTS, foram elaborados dois textos, um para o aluno e outro para professores do ensino médio, que visam dar suporte às aulas temáticas de química.

Como meta, o material aqui proposto, procura tornar o conteúdo de química abordado no ensino médio mais interessante e contextualizado para o aluno. Para isso, se lançou mão dos aspectos sócio-científicos proposto por Santos *et al* (2004) na abordagem CTS e a Transposição Didática. Seguindo essa linha, o texto tanto de auxílio do professor como aluno do ensino médio se inicia fazendo um paralelo histórico do surgimento das cerâmicas em detrimento à uma nova estrutura de organização social e cultural ocasionada pelo término da prática do nomadismo e desenvolvimento da agricultura. Com tal ruptura, viu-se a necessidade de se ter objetos para manipulação de alimentos feitos de pedra, madeira e barro ou argila. Em seguida, é mostrada a evolução das características dos materiais cerâmicos tradicionais e suas aplicações no decorrer da história até atualidade, onde temos insumos industriais avançados. Como não poderia faltar, o texto do professor faz menção aos aspectos sociais e econômicos advindos com a produção de

cerâmicas. Esse é o caso das *paneleiras* do Vale do Jequitinhonha- MG região que ocupa mais de 85 mil Km² de extensão e é habitada por cerca de 1 milhão pessoas. Embora seja banhada pela bacia do Rio Jequitinhonha, é bastante castigada pela seca tanto no outono e no inverno como pelas enchentes no verão, as quais inviabilizavam o cultivo de lavouras. Essa região, apesar de possuir grandes riquezas naturais e culturais se destaca como uma das mais pobres do país. Aproveitando essa questão social e econômica é importante para o aluno e para o professor, estarem cientes dos processos de produção de cerâmicas e o modo de vida das paneleiras, pois enfatiza e pode levantar questionamentos a respeito dos valores do trabalho e da dignidade da pessoa humana. Nesse contexto, espera-se que o aluno já esteja motivado a conhecer e questionar mais sobre o tema. Assim, faz-se a inserção do conteúdo de química apresentando ao aluno sobre a constituição microscópica da matéria-prima argilosa bem como suas diferenciações constitucionais que acabam por influenciar nas características macroscópicas e mecânicas dos produtos durante e após o processo de produção da cerâmica.

A transposição didática é destacada nos dois textos, principalmente quando no artigo do professor, tem-se o uso de técnicas “acadêmicas” para identificação da constituição da matéria argilosa. Neste, são apresentados gráficos da técnica de Raios X e análises granulométricas utilizadas para caracterizar os constituintes bem como as transformações físicas e químicas da matéria-prima argilosa relacionando-os às características finais do produto acabado. O conhecimento e uso dessas técnicas são de um nível de complexidade do qual a maioria dos professores do ensino médio possuem familiaridade, porém os alunos não. Por isso, essa parte é exclusiva do professor para que o mesmo encontre em sua prática pedagógica mais embasamento teórico para assim, melhorar e facilitar no processo de transposição para o aluno.

No texto do aluno, a transposição didática prevalece como forma de uma linguagem mais simples, elaborada e direta se comparado ao texto do professor dando mais clareza e, quando necessário, esclarecendo os significados de forma a aproximar-se mais da realidade vivida pelo aluno, como no caso das argilas comumente chamada de barro. A abordagem CTS se faz, a princípio, por meio da abordagem histórica e também dando “brechas” para que os alunos possam pesquisar mais e discutir a respeito das causas e fatores sociais, econômicos e

culturais que levam à atual situação da região do Vale do Jequitinhonha. Ao final do texto, são sugeridas leituras complementares e um vídeo como forma de incentivá-los a conhecer mais sobre o tema abordado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se insere nos desafios enfrentados ao ensino de ciências atuais, cujo desinteresse dos alunos e é comumente observado o desinteresse dos alunos, visto a abordagem muitas vezes sem conexão com o dia-dia do aluno bem como sem aplicações em que a memorização dos conceitos muitas vezes se destacam. Com intuito de driblar esses tipos de dificuldades buscou-se através de uma revisão bibliográfica produzir textos didáticos onde que procurou integrar o ensino de conteúdos da química a um tema, nesse caso, As Cerâmicas, de modo que despertasse o interesse do aluno. O material proposto apresentou contextualizações e acompanhamento da evolução do tema na história. Utilizando estas ferramentas, o texto do aluno pretendeu motivá-lo, sendo tratado em uma abordagem não muito complexa.

No texto do professor, pretendeu-se orientá-lo com relação a interdisciplinaridade que o tema apresenta em trabalhar, como a geografia local da região onde foi extraída a argilas; na exploração dos conteúdos químicos relacionados podemos destacar as ligações envolvidas antes e após o processo de queima da cerâmica bem como o método de separação dos diferentes tipos de argila; na história, o paralelo do desenvolvimento cultural e social dos diferentes povos que habitavam as Américas. Enfim, idéia é que o professor possa ter base para trabalhar melhorar seus métodos de ensino com mais autonomia de acordo com a sua metodologia.

Em suma, espera-se que com este trabalho o aluno sinta-se interessado e motivado pelo conteúdo de ciências no geral, de forma que ele possa fazer conexões com suas vidas, do seu conhecimento teórico à sua prática diária, como aprendiz do ensino médio e de cidadão.

REFERÊNCIAS

BETINI, D. G. **Inovação de Tecnologia de Produtos de Cerâmica Vermelha com Uso de Chamote em São Miguel do Guamá.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia - UFPA, Belém-PA, 2007, 110 p.

BOSCH, M.; GASCÓN, J. **Estudar Matemáticas: O Elo Perdido entre o Ensino e a Aprendizagem.** Porto Alegre: **Artes Médicas.** 2001.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigação no Ensino de Ciências-** v 10(3), p. 387-404, 2005.

CHAGAS, Aécio Pereira. **Argilas: Essências da Terra.** 3ª edição. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Ensigné.** Grenoble, La pensée Sauvage. 1991.

Cerâmica Popular- Vale do Jequitinhonha- MG. Disponível em:
<http://www.ceramicanorio.com/artepopular/valedojequitinhonha/valejequitinhonha.html>. Autor: Renato Wandeck. Acessado em 20 de Maio de 2013.

FILHO, J. P. A. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, ago. 2000.

GOMES, C. F. **Argilas o que São e para que Servem**. Lisboa: Fundação Cal Gulbenkian, 1988.457p.

GOMES, M. S. S. O.; BRITO, D. M.; MOITA NETO, J. M. A outra face do ácido sulfúrico. In: **Congresso Brasileiro de Química – CBQ**, 47, Natal, 2007. Anais... Natal, 2007

LOPES, A. R. C.; Conhecimento escolar em química- processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, 20(5) (1997)

MARTIN, G. **Pré-história do nordeste do Brasil**. (3ª ed.). Recife: Editora Universitária UFPE, 1999.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História da agricultura no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea**. Unesp, São Paulo, 2008. ISBN 978-85-7139-994-5

NORTON, F H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Edgard Blücher, São Paulo, Inc. 1973.324p.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R. A história da ciência e o ensino de ciências. Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais. Disponível em <<http://www.ltds.ufrj.br/gis/artigos.htm>> Acesso em 08 de julho de 2013.

SÁ, H. C. A.; SILVA, R. R. Contextualização e interdisciplinaridade: concepções de professores no ensino de gases In: **Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ**, 14, Curitiba, 2008. *Anais...* Curitiba, 2008.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; FARIAS, S. B.; SANTOS; S. M. O.; DIB, S. M. F. Química e Sociedade, uma experiência de abordagem temática para desenvolvimento de atitudes e valores. **Química Nova na Escola**, São Paulo, N° 20, p. 11-14, Nov. 2004.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. D. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências** Volume 02/Número 2, 23 p., Dezembro 2002.

SCAFI, S. H. F. Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar, **Química Nova na Escola**, São Paulo, Vol. 32, N° 3, p. 176; Ago. 2010.

SHREVE, R. N. & BRINK JR, J. A. **Indústria de Processos Químicos**. 4^o Edição Rio de Janeiro-RJ, Editora Guanabara Koogan S.A, 1977, pág. 122 à 137.

SILVA, M. L. G. **Obtenção e caracterização de argila piauiense paligorsquita (atapulgita) organofilizada para uso em formulações cosméticas**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências Farmacêuticas UFPI, Teresina-Pi, 2011. 106p.

SOARES, A. G. **Propecção de Resíduos a serem utilizados na produção de blocos cerâmicos**. Dissertação de mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP, São Paulo- SP, 2009. 74 p.

SOUTO, F. A.F. **Avaliação das características físicas, químicas e mineralógica da matéria-prima utilizada na industria de cerâmica vermelha nos municípios de Macapá e Santana- AP**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica UFPA, Belém-PA, 2008. 103p.

Souza Santos, P.; **Ciência e Tecnologia de Argilas**, 2a ed., Edgar Blücher: São Paulo, 1992, vol. 1.

APÊNDICE 1

Texto para o professor do ensino médio

Argilas e suas aplicações em materiais cerâmicos

Rocha, F. N.; Suarez, P. A. Z.

Laboratório de Materiais e Combustíveis - Instituto de Química – Universidade de Brasília, P. Box. 4478, 70919-970, Brasília, DF, Brasil. INCT-Catálise. psuarez@unb.br

Rev. Virtual Quim. Data de publicação na Web:

<http://www.uff.br/rvq>

Resumo

Este artigo apresenta alguns pontos importantes da química das argilas, discorrendo sobre sua estrutura química, seus principais componentes e o efeito que cada um destes exerce nas propriedades físico-químicas das argilas. Em seguida é feita uma breve abordagem sobre a exploração e beneficiamento do material seguida da apresentação dos tipos de cerâmica suas peculiaridades e usos atrelados à aspectos históricos. Ao final, aspectos relacionados à tecnologia das argilas nos processos industriais modernos e suas aplicações.

Palavras-chave:

Abstract

This paper presents some important topics about Clays' chemistry, mentioning about chemistry structures, mainly components and the effect that which one takes on physical-chemistry properties. It is also related a concise approach to the exploitation and processing of the material followed by presentation of the types of pottery, its peculiarities and uses tied to historical aspects. At the end, we report the technology aspects of the clays in modern industrial processes and applications.

Key words:

Argilas e suas aplicações em materiais cerâmicos

Fernando N. Rocha e Paulo A. Z. Suarez*

Laboratório de Materiais e Combustíveis - Instituto de Química – Universidade de Brasília, P. Box. 4478, 70919-970, Brasília, DF, Brasil. INCT-Catálise.

*psuarez@unb.br

Recebido em Aceito para publicação em...

1. O solo ou barro
2. O surgimento e evolução da produção de cerâmicas
3. Cerâmicas na Sociedade Moderna
4. Mas afinal, o que são argilas?
5. Como se produz cerâmica.
6. Agradecimentos
7. Bibliografia

1. O solo ou barro

O solo, que constitui a cobertura sólida do nosso planeta, é uma mistura complexa onde os principais ingredientes são a água, o ar, matéria orgânica (humos) e diversos compostos minerais. Estes últimos são compostos inorgânicos que tem origem no processo de decomposição das rochas por intemperismo, ou seja, ação da chuva, do vento e do calor. ¹ Ao longo de milhões de anos, esse processo transforma as rochas, tanto diminuindo o tamanho para pequenas partículas quanto alterando a constituição química, dando origem a minerais de tamanho diminuto conhecidos como argilas. Dentre os minerais presentes estão principalmente os óxidos de íons de metais e os aluminossilicatos. Já o humos é gerado pela ação de uma série de organismos vivos que produzem e decompõe matéria orgânica. Como resultado, é formada uma mistura complexa de compostos orgânicos, tais como polissacarídeos, proteínas e ácidos orgânicos, podendo muitas vezes ocorrer a complexação desse material com íons de metais, principalmente Fe (III), Al (III) e Cu (II). Essa mistura complexa de compostos químicos é responsável por reter a água e adsorver ar, resultando no que chamamos de solo, também chamado de **barro** ou **argila** quando o teor de água é alto. ²

Naturalmente, o solo é o ambiente ideal para o crescimento de plantas, pois ele fornece os nutrientes e a água necessária para o seu crescimento. Porém, ao longo dos anos o homem aprendeu a usá-lo, não só para o cultivo de plantas, mas também como matéria-prima para obtenção de materiais cerâmicos. Mais recentemente, diversas aplicações foram sendo desenvolvidas nas mais variadas áreas da indústria química. Neste trabalho se pretende abordar diversos aspectos referentes à química das argilas e ao processo de produção de cerâmica.

2. O surgimento e a evolução da produção de cerâmicas

Durante o período neolítico (entre 14 mil e 6 mil antes do Presente, a. P.), também conhecido como período da pedra polida, a agricultura foi desenvolvida em diversas regiões do planeta. De fato, acredita-se que os povos mais antigos a desenvolver atividades agrícolas tenham se desenvolvido por volta de 10 000 a. P. ³

O surgimento da agricultura é extremamente importante e é considerado um momento de ruptura e de transformações, uma vez que o homem deixa exclusivamente a prática do nomadismo e passa a residir em locais fixos e, conseqüentemente, ocorre uma profunda mudança da organização social. Além de tecnologias de manejo do solo e de cultivo, o homem desenvolveu, também, técnicas para armazenamento e preparo de alimentos, assim como descobriu novos materiais, dentre os quais se destaca o uso do barro e a descoberta da cerâmica. Um fato interessante é que, dentre os utensílios que surgiram paralelos à prática de cultivo de alimentos, como o pilão e almofarizes, geralmente confeccionados com pedra e madeira, as cerâmicas ganham um papel notável como principal indicadora das práticas agrícolas remotas devido às suas características de conservação que, mesmo fragmentadas ao extremo, são detectadas facilmente ⁴. De fato, a cerâmica foi tão importante para o desenvolvimento da sociedade humana que o estudo de fragmentos cerâmicos é usualmente utilizado para determinação de níveis culturais e organizacionais de sociedades pré-históricas. ⁵

Os utensílios de barro mais antigos fabricado pelo homem descobertos são cestos de vime recobertos de argila. Posteriormente, o homem descobriu que o calor fazia o barro endurecer, tornando-o resistente à água ^{5,6}. A facilidade em modelar o barro antes da queima, torna-se uma importante ferramenta para o homem desenvolver os mais variados objetos cerâmicos, que vão de utensílios para o preparo e conservação de alimentos, instrumentos musicais, até urnas funerárias, como os exemplos mostrados na Figura 1. É interessante notar que a cerâmica das Américas originou-se de forma autônoma, sendo desenvolvidas técnicas diferenciadas das verificadas na Eurásia.

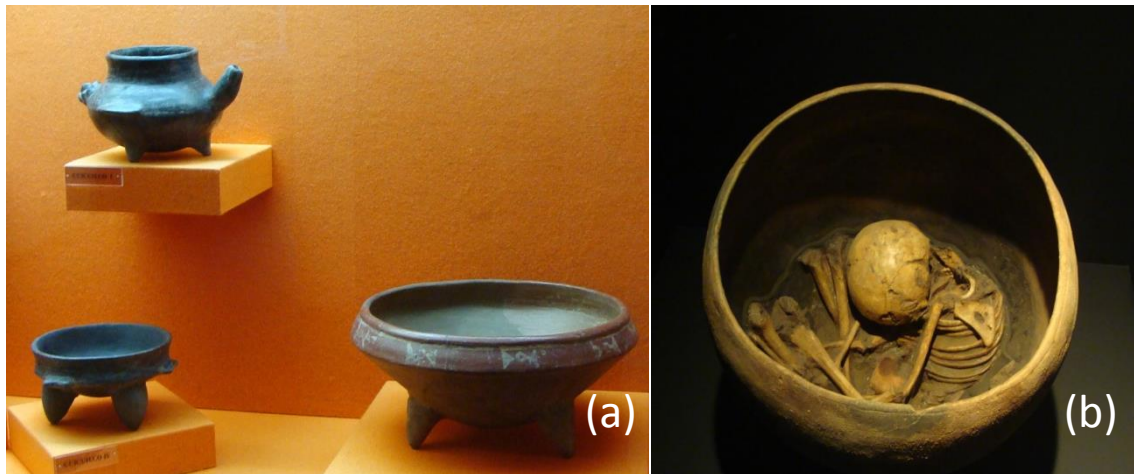


Figura 1. Alguns artefatos de cerâmica de culturas das Américas: (a) utensílios com fins alimentares encontrados na Pirâmide Circular de Cuicuilco e expostas no Museu do Sítio, no Distrito Federal, México; (b) urna funerária encontrada na região da Serra da Capivara e exposta no Museu do Homem Americano em São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil. Fotos Paulo A. Z. Suarez.

Com o surgimento das civilizações as técnicas de produção de cerâmica foram se desenvolvendo. Nas civilizações clássicas, como no Egito Antigo, na Grécia, no Império Romano e na China, assim como durante a idade média e o renascimento, a arte de produzir artefatos cerâmicos se desenvolve

muito. Desde a porcelana mais delicada para a confecção de xícaras ou a cerâmica rústica usada para produzir telhas, uma miríade de produtos foram durante milênios produzidos a partir da queima de misturas de diferentes tipos de barro.

Além de importante como material de construção, a produção de cerâmicas se mostrou fundamental em diversos povos como identificação cultural, pois através dos desenhos, formas e tipo de materiais e processos utilizados na produção de cerâmicas podem-se fazer inferências a respeito das representações sociais e culturais não só em civilizações antigas da América do Sul⁴ como também na Europa, África, Ásia e Oriente Médio. Vale destacar que a identificação cultural a traves da cerâmica persiste até os dias atuais em diversos países, independente do estágio de desenvolvimento socioeconômico dos mesmos.

3. A cerâmica na sociedade moderna

Com o passar dos anos, a manipulação de diferentes tipos argilas permitiu desenvolver novos materiais com características específicas, como alta resistência térmica, mecânica e química. Esta evolução possibilitou que a cerâmica ocupe hoje um importante papel como material de diversos objetos, desde produtos rústicos tradicionais, elementos decorativos industriais ou artesanais, até sofisticados produtos como supercondutores. Assim, a cerâmica se constitui atualmente como um importante setor econômico, seja em indústrias que utilizam tecnologias tradicionais ou inovadoras, ou como produto artesanal importante para geração de renda em comunidades carentes, como será relatado a seguir⁶.

a) Produção Industrial de Cerâmicas:

Os processos tradicionais de obtenção de produtos cerâmicos brancos ou vermelhos, que são apenas a mistura de dois ou mais barros diferentes, até hoje são usados. Por exemplo, no Brasil inúmeras indústrias de pequeno, médio e mesmo grande porte produzem as mais variadas linhas de artefatos cerâmicos para a construção civil, tais como manilhas, tijolos, pisos e revestimentos, azulejos, telhas e louças sanitárias, ou artefatos para uso doméstico, como pratos, xícaras, vasilhas, filtros para purificação de água, moringas e vasos para decoração. Na Figura 2 são mostrados produtos manufaturados hoje no Brasil a partir de materiais cerâmicos tradicionais.



Figura 2. Uso atual de cerâmicas comuns: (a) Olaria na região de Paracatu, MG, Brasil, que produz tijolos com cerâmica vermelha (Foto Paulo A. Z. Suarez); (b) louças para uso alimentar produzidas a partir de cerâmica branca esmaltada na cidade de Monte Sião, MG, Brasil (Foto Fernando N. Rocha).

Outros setores industriais produzem materiais avançados com o uso de elementos químicos diferenciados, tais como alguns metais de transição ou de transição interna, os quais são responsáveis por conferir propriedades específicas às cerâmicas. Assim, as cerâmicas conhecidas como “avançadas” apresentam, além de algumas características tradicionais desta classe de materiais, propriedades especiais tais como alta resistência térmica, condutividade elétrica ou propriedades magnéticas ou óticas que permitem usos específicos.

Dentre os materiais cerâmicos avançados, os mais antigos são os refratários, que resistem a altíssimas temperaturas, bem como a efeitos mecânicos, químicos e físicos. São geralmente confeccionados na forma de tijolos de alta densidade, baixa porosidade para evitar a entrada de ar, e são usados como revestimento de fornos metalúrgicos, de caldeiras e fornos usados para fabricação de vidros. Na construção civil, os tijolos refratários são largamente usados como revestimento em lareiras, como a mostrada na Figura 3i, churrasqueiras, e fornos e fogões a lenha. Mais recentemente, diversas cerâmicas inovadoras foram desenvolvidas, as quais vêm encontrando variados usos industriais, por exemplo, na fabricação de supercondutores, peças para motores a combustão interna e de turbinas, parte de componentes eletrônicos, como os que aparecerem mostrados no circuito na Figura 3ii, ferramentas de corte de alta precisão, entre outros ⁷. Por exemplo, na Figura 3iii aparece o detalhe de um resistor cerâmico, mostrando que o material usado é um cerâmico condutor.



Figura 3. Materiais cerâmicos avançados: (i) tijolos refratários, sinalizados com seta vermelha, usados como revestimento em lareira para aquecimento doméstico (Foto Paulo A. Z. Suarez); (ii) circuito elétrico com resistores cerâmicos, sinalizados com seta amarela (Foto Fernando N. Rocha); (iii) Resistor cerâmico com revestimento intacto (superior) e parcialmente retirado (inferior) para visualização dos diversos elementos: (a) revestimento isolante de silicone; (b) anéis coloridos pintados na parte externa que indicam a resistência do resistor; (c) fio metálico enrolado em espiral; (d) cilindro de cerâmica condutora; (e) capsula e (f) fio metálico para contato elétrico (Foto Paulo A. Z. Suarez).

b) As cerâmicas e a economia social:

Além da importância econômica da produção industrial de materiais cerâmicos, diversos são os exemplos de cooperativas ou iniciativas individuais de artesões que encontram na argila a sua fonte de sustento. Um dos muitos exemplos está na figura feminina das artesãs do Vale do Jequitinhonha, no noroeste de Minas Gerais, também conhecidas como as “noivas da seca”. Essa região, que ocupa mais de 85 mil Km² de extensão e é habitada por cerca de 1 milhão pessoas, embora seja banhada pela bacia do Rio Jequitinhonha, é bastante castigada pela seca no outono e no inverno pelas enchentes no verão, as quais inviabilizavam o cultivo de lavouras⁸. Como consequência, acabam por forçar a evasão da população masculina para outros locais onde conseguem emprego, como os canaviais das indústrias de açúcar e álcool de São Paulo ou as carvoarias do centro-oeste. Nesse contexto, as mulheres encontraram como única forma de sustento a produção de artesanatos, principalmente a cerâmica, a tecelagem e os bordados, a cestaria, as esculturas em madeira, os trabalhos em couro e a pintura. No caso específico da cerâmica, elas desenvolveram um artesanato único, confeccionados totalmente usando argila coletadas a beira dos riachos da bacia do Jequitinhonha, onde um dos principais elementos são figuras femininas vestidas de noivas. Após preparar os artefatos com barro, é feita a “pintura” das peças com emulsões aquosas pouco viscosas obtidas com barros contendo elementos químicos diferentes. Ao queimar, essas suspensões produzem uma espécie de esmalte superficial nas peças contendo as cores desejadas. Note que geralmente a cor da argila usada para preparar a emulsão é diferente da coloração que a peça adquire após o processo de queima. Na Figura 4 é mostrada a produção de cerâmica na comunidade de Campo Alegre, no município de Turmalina, MG, Brasil. Nesse cenário, as mulheres passam a chefiar as famílias e, principalmente com artesanato advindo do barro, elas assumem um lugar central na economia familiar.



Figura 4. Produção de artesanato em cerâmica no Vale do Jequitinhonha, MG, Brasil: (a) forno individual para queima de peças de barro da paneleira (como são conhecidas as artesãs no Vale do Jequitinhonha) Durvalina; (b) argila usada para preparar os artesanatos; (c) argilas diferentes emulsionadas em água usadas para colorir o produto; (d) produtos antes (cinza) e após a queima no forno; (e) Noiva, principal artesanato da região. Fotos Paulo A. Z. Suarez.

4. Mas afinal, o que são Argilas?

Ao contrário do que muitas vezes se imagina as argilas, assim como a areia, não representam um tipo de composto químico específico. De fato, argila é um vasto conjunto de compostos químicos que apresentam uma granulometria muito fina, com diâmetro inferior a $2\ \mu\text{m}$, conforme ilustração da Figura 5. Outra característica dessas partículas é o fato de, quando umedecidas com água, formarem uma mistura com certa plasticidade ².

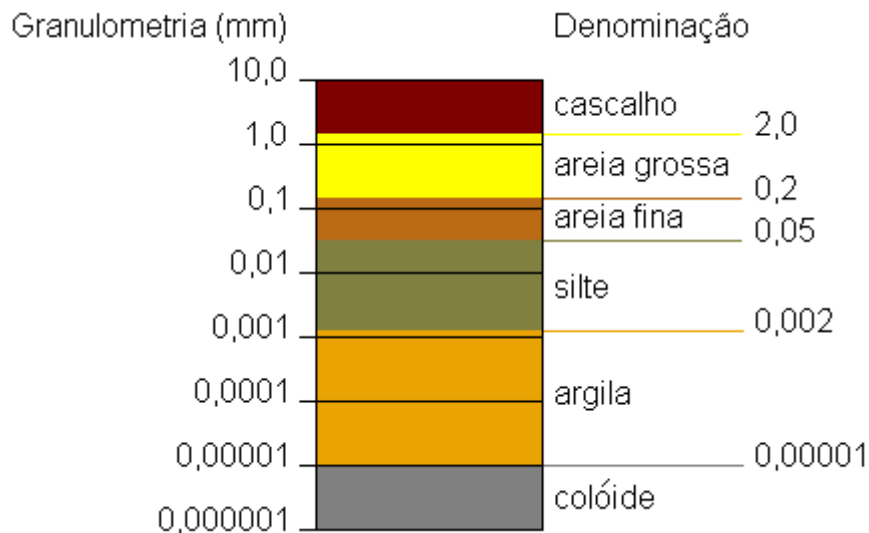


Figura 5. Classificação de partículas sólidas.

No caso dos solos, as argilas são cerca de 90 % da massa total do material seco, podendo ser tanto partículas orgânicas quanto os compostos inorgânicos cristalinos originados pelo processo de intemperismo das rochas ígneas. Dentre os principais minerais presentes estão os óxidos e os aluminossilicatos ¹⁰.

Dentre os óxidos, os principais constituintes são a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e os óxidos de ferro (Fe_2O_3 , Fe_3O_3). Também são encontrados em quantidades importantes no solo derivados hidratados dos óxidos de metais, tais como a bauxita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a laterita ($\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ².

Outro importante grupo de compostos encontrados no solo são os aluminossilicatos, como as micas, os feldspatos e as zeólitas. A principal característica dos aluminossilicatos é a presença de tetraedros formados pela ligação de 4 oxigênios a um átomo de silício (Figura 6a), com carga formal -4. Por outro lado, átomos de alumínio podem estar substituindo parcialmente os átomos de silício (Figura 6c), aumentando sempre em uma unidade o número de cargas negativas. Um fato interessante é que átomos de alumínio também podem ser encontrados nos aluminossilicatos formando estruturas octaédricas (Figura 6d), coordenados a 6 átomos de oxigênio. Os tetraedros podem estar isolados, formando um grupo de minerais conhecidos como nesossilicatos. No entanto, dois átomos de silício podem estar compartilhando um átomo de oxigênio (Figura 6b), formando um grupo de compostos conhecidos como Sorosilicatos. Pode ocorrer, também, a condensação de mais de dois tetraedros, onde cada átomo de silício compartilha dois dos quatro átomos de oxigênio, levando a ânions mais complexos, como estruturas cíclicas contendo 3 ou mais átomos de silício (Ciclossilicatos) e polímeros lineares com grande número de átomos de silício (Inossilicatos). O compartilhamento de 3 átomos dos oxigênios leva a formação de estruturas bidimensionais, semelhantes a folhas, conhecidos como Filossilicatos. Já o compartilhamento dos quatro átomos de oxigênio leva a formação de polímeros tridimensionais conhecidos como Tectossilicatos, os quais

podem não possuir carga (no caso da sílica, SiO_2) ou a diversos grupos de ânions tridimensionais, com carga e formato diferentes dependendo da quantidade de substituição de átomos de alumínio e condições em que foram gerados, como os feldspatos e as zeólitas.

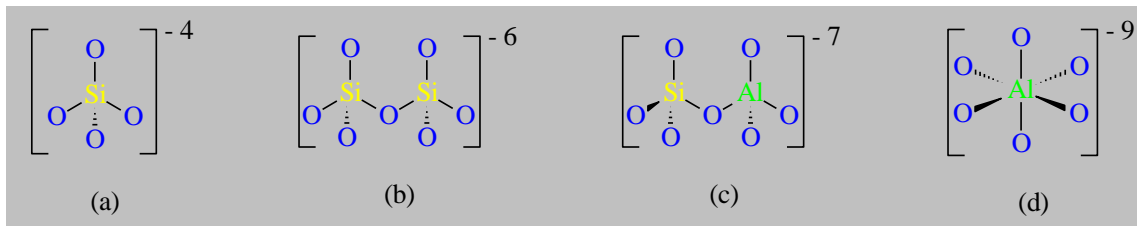


Figura 6. Estruturas básicas dos aluminossilicatos.

Dentre os aluminossilicatos, os mais importantes para o estudo de solos e cerâmicas são os argilominerais, termo usado para designar os filossilicatos (do grego *phyllos*, folha). Estes compostos na sua maioria são hidrofílicos, tendo geralmente alta capacidade de adsorver água. Esta característica lhes confere certa plasticidade, ou seja, capacidade de ser moldável e de aderir a determinadas superfícies. Nestes compostos, os tetraedros com silício ou alumínio estão compartilhando 3 oxigênios formando estruturas bidimensionais, ou folhas, como a mostrada na Figura 7a. Além disso, ocorre também a formação de folhas com octaedros de alumínio, com 4 oxigênios nas posições equatoriais do octaedro sendo compartilhados e íons OH ligados nas posições axiais, as quais ficam sobrepostas a folhas de tetraedros formando estruturas chamadas de lamelas^{2, 9}. Deve-se destacar que ocorrem duas formas possíveis de lamelas: (i) a associação de uma folha de tetraedros com uma folha de octaedro (1:1); ou (ii) a formação de uma estrutura tipo sanduiche, com uma folha de octaedro em meio a duas de tetraedro (2:1). Essas lamelas apresentam cargas negativas, as quais são balanceadas por cátions de metais alcalinos e alcalinos terrosos, principalmente Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , que ficam dispersos na ao longo da lamela. Na estrutura final do mineral têm-se camadas sobrepostas de lamelas e cátions, conforme mostrado na Figura 7b. De acordo com o tipo de estrutura (1:1 ou 2:1), a carga da lamela e o tipo de cátion presente se tem uma gama ampla de minerais, os quais apresentam propriedades completamente diferentes. Dentre eles, os mais importantes são o talco, a pirofilita, as caulinitas, as serpentinas, as micas, a clorita, as vermiculitas e as esmectitas^{2, 10}.

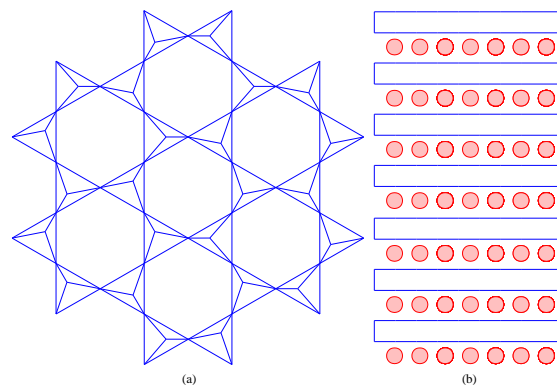
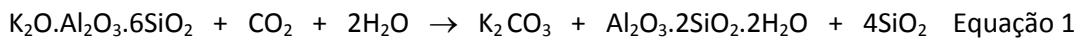


Figura 7. Estrutura dos filossilicatos: (a) estrutura de uma folha formada pela associação de tetraedros de silício onde ocorre o compartilhamento de 3 átomos de oxigênio. Nos vértices dos tetraédros encontramos átomos de oxigênio e no centro átomos de silício ou alumínio, os quais não estão representados para maior clareza da figura; (b) sobreposição de lamelas (retângulos) e camadas de íons metálicos (esferas rosa).

Outro importante grupo de aluminossilicatos presentes em solos são os feldspatos. Nestes compostos os quatro oxigênios dos tetraedros são compartilhados, levando a estruturas tridimensionais. Note que a quantidade de carga da estrutura tridimensional depende diretamente da quantidade de íons alumínio que estão substituindo íons silício. Como contra-íons geralmente estão presentes cátions de metais alcalinos e alcalinos terrosos, os quais ficam alojados em espaços vazios existentes na estrutura tridimensional do ânion. Os três tipos mais comuns de feldspatos são: os potássicos ou ortoclase ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), os sódicos ou albita ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) e os cálcicos ou anortita ($CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$). No entanto, dificilmente são encontrados esses 3 compostos de forma pura, sendo comumente formados minerais contendo dois ou mais diferentes cátions. Por exemplo, a série entre a albita e a anortita é conhecida como plagioclase.

Durante o processo de intemperismo, os feldspatos se decompõem formando principalmente flossilicados. Na equação 1, por exemplo, é mostrada a decomposição do feldspato ortoclase em caulinita e carbonato de potássio na presença de água e dióxido de carbono:



5.0 Como se produz a cerâmica?

Os processos de fabricação de materiais cerâmicos são bastante parecidos, independente do tipo de produto desejado. De fato, é possível identificar 4 etapas básicas: (a) extração de argilas; (b) preparação da matéria-prima, incluindo a mistura dos diferentes minerais, eventualmente também são adicionados aditivos, e preparo da massa; (c) formação das peças; e (d) tratamento térmico. Muitas vezes, uma quarta etapa de acabamento se faz necessária, como a adição de uma camada de revestimento na superfície. No intuito de ilustrar a produção de um material cerâmico foi acompanhada a produção artesanal de peças decorativas e utilitárias em um pequeno atelier no Polo de Artesanato localizado na Região do Jardim Botânico no Distrito Federal de propriedade dos artesãos D. Elza e Sr. Iraci.

5.1. Extração

A maioria das canteiras de extração de argila no Brasil é operada a céu aberto, sendo geralmente feito de forma mecanizada, com o uso de máquinas retroescavadeiras, ou de maneira rudimentar, utilizando pás. Quando o material possui certa dureza, são empregados explosivos e tratores esteiras para transportar e carregar os caminhões. Nessa etapa, são retirados os *estéreis* (vegetação e materiais que não interessam). Após o esgotamento das jazidas, esses locais devem ser recuperados para o ressurgimento da vegetação ⁷.

No caso da produção cerâmica que foi avaliada, os artesãos Elza e Iraci adquirem dois tipos de argila para usar como matéria-prima na região de Anápoles - GO. As argilas são compradas na forma de britas com diâmetros entre 5 e 10 cm, sendo uma com coloração escura (CE), que os artesões consideravam como “forte”, e outra com coloração branca (CB), considerada “fraca”, as quais estão ilustradas na Figura 8. Segundo os artesões, a mistura de uma argila “fraca” e uma “forte” em proporções adequadas é essencial para se conseguir uma cerâmica com boa qualidade, pois se somente uma das duas é usada ou o barro fica difícil de ser modelado ou a cerâmica fica quebradiça.



Figura 8. Argilas utilizadas pelos artesões Elza e Iraci: uma escura (CE) e outra clara (CB), ambas originárias da região de Anápolis, GO.

5.2. . Preparação da massa e dos artefatos

O primeiro passo na produção de cerâmicos é a desintegração dos torrões de argila oriundos da extração, que ocorre em britadeiras ou laminadores. A seguir, diferentes argilas são misturadas, podendo nesta etapa também serem adicionados aditivos, e umidificada. Então, a mistura é colocada em uma extrusora, que é uma espécie de prensa mecânica contínua tipo parafuso de rosca-sem-fim, também chamada de maromba. Nesse equipamento, além dos diversos ingredientes serem misturado até atingir um aspecto homogêneo, uma massa plástica com consistência adequada para ser modelada. O processo de moldagem para se produzir o artefato com o formato desejado pode ocorrer na própria saída da extrusora, colocando-se um bocal adequado na saída, ou feito pela injeção da massa em moldes. Em processos artesanais, como o executado pelos artesões Elza e Iraci, a massa que sai da extrusora é moldada em um torno, que consiste em uma superfície circular que gira impulsionada por um motor ou mesmo pelo próprio artesão, onde as peças ganham forma sobre as mãos do artesão. Na Figura 9 pode ser visualizado o processo de preparação e moldagem do barro feitos de forma artesanal.



Figura 9. Processo artesanal de preparação de peças de barro moldadas: (a) mistura de britas de argilas em tachos; (b) as britas são umedecidas e ficam repousando por 24 h; (c) a mistura é homogeneizada em uma maromba; (d) uma porção do barro é separada; e (e) girando no torno, a porção de barro toma a forma desejada nas mãos ágeis da artesã Elza.

Outra técnica utilizada tanto em indústrias quanto por artesões é a obtenção de peças a partir de suspensões de argila finamente dividida com o uso de moldes. Nesse caso, obtém-se uma mistura das diferentes argilas na forma de pó finamente dividido em moinhos de bola ou de martelo que é misturada com uma quantidade grande de água de forma a obter uma suspensão de baixa viscosidade. Esta suspensão é colocada em um molde, normalmente feito com material absorvente,

onde a água é retirada e as partículas de argila se aglomeram e tomam o formato desejado. Na Figura 10 pode ser visualizado o processo de preparação de peças em moldes a partir de suspensões líquidas de forma artesanal.

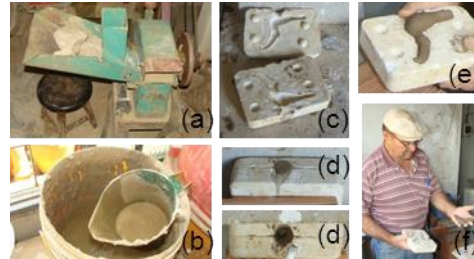


Figura 10. Processo artesanal de preparação de peças de barro em moldes: (a) moagem da argila para obtenção de pós finamente divididos; (b) mistura do pó com grande quantidade de água; (c) molde em gesso; (d) enchimento do molde fechado com a suspensão; (d) em poucos minutos a água é absorvida pelo molde; (e) e (f) o molde é aberto e a peça é desenformada pelo artesão Iraci.

5.3 Secagem e queima

A secagem consiste na eliminação da água utilizada durante a formação das peças de cerâmica. Existem vários métodos de secagem, dentre eles, o mais comum é a secagem natural em ambientes abertos. Durante o processo, a água migra pelos poros até a superfície, onde ocorre a sua evaporação. O tempo de secagem quando realizada por este método depende de vários parâmetros, como a umidade e movimentação do ar e temperatura ambiente. Em processos industriais em que a demanda de produção é muito alta ou onde a qualidade da final da peça depende da velocidade de secagem, são utilizadas câmaras secadoras. Nessas câmaras os parâmetros de secagem são controlados de forma a se ter um processo o mais parecido possível. Para tal, a secagem é feita em câmaras onde introduz ar quente e seco pela parte inferior das paredes laterais. Quando a corrente de ar passa pela superfície das peças ocorre a transferência de umidade. Então, o ar saturado de umidade sai pela parte superior da câmara. No final da secagem se verifica uma redução do volume e um aumento na resistência mecânica da peça ^{5, 7, 11}

A transformação de argila seca em cerâmica ocorre pelo processo de queima ou sinterização, que consiste em aquecer as peças em temperaturas que variam de 800 °C a 1100 °C, com tempos que podem variar de horas até dias em função do tipo de matéria-prima e do produto desejado. Para tal, as peças são empilhadas dentro de um forno e se faz passar entre elas uma corrente de ar extremamente com a melhor distribuição possível de temperatura ^{5, 7}. Ao final, as peças são resfriadas e o material obtido possui características físicas e químicas completamente diferentes. Na Figura 10 é mostrado o processo artesanal de queima realizado pelos artesões Elza e Iraci.



Figura 10. Processo de queima ou sinterização artesanal das peças: (a) e (b) as peças são empilhadas no interior do forno; (c) a entrada lateral do forno, por onde foram introduzidas as peças é lacrada e é colocado fogo na base do forno; (d) após terminada a queima espera-se esfriar e abre-se novamente a parede lateral; (e) as peças de cerâmicas são selecionadas e (f) colocadas para venda.

6. Qual a transformação química que acompanhou a modificação da argila em cerâmica?

Com o objetivo de entender as transformações químicas que acompanham a produção de cerâmica, foram analisadas amostras de materiais coletadas nas principais etapas do processo realizado pelos artesões Iraci e Elza: a argila branca (AB); a argila escura (AE); a mistura de argila seca (AS); e o material cerâmico (MC). As amostras foram inicialmente pulverizadas com ajuda de almofariz e pistilo.

O primeiro teste a ser realizado foi o de umidade superficial. Esta umidade representa apenas o percentual em massa da água que fica adsorvida na superfície do material. Pesou-se 5 g de cada amostra em um cadinho de porcelana e se aqueceu por 6 h em uma estufa a 110 °C. Após, resfriou-se em um dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se novamente para determinar a massa seca (ms) da amostra. A umidade (U) foi então calculada pela equação 2:

$$U (5) = 100 \times (ms) / 5 \quad \text{Equação 2}$$

A umidade calculada para as amostras foi: 2,13 % (AB); 2,40 % (AE); 2,24 % (AS); e 0,9 % (MC). Ou seja, percebe-se que as 3 amostras de argila tem capacidades semelhantes de adsorver água na superfície e que, após a sinterização, o material possui quase a metade dessa capacidade.

Em seguida foi realizada a determinação da água perdida durante o processo de sinterização ou queima. Para tal, uma amostra de argila seca foi pesada e colocada em um forno mufla no laboratório e aquecida gradativamente até se chegar a uma temperatura de 998 °C permanecendo por 12 h. Pesando-se a amostra antes e após a queima, verificou-se uma perda de massa de 10,68 %, o que, descontando a água superficial, indica uma perda de cerca de 8 % de água de cristalização, ou seja, da água que esta ligada quimicamente e fazendo parte dos compostos argilominerais.

Na sequencia, foi realizado teste de granulometria usando-se uma série de peneiras com malhas com abertura especificadas de para tamanho de grãos (granulometria) de 800 µm, 400 µm, 250 µm, 100 µm e 63 µm. As peneiras são pesadas e dispostas umas sobre as outras, da granulometria mais alta para mais baixa, e a pilha foi colocada sobre uma mesa vibratória. Em seguida, 150 g de amostra foram pesados e colocados sobre a peneira superior, sendo acionada a agitação de 50 rpm por 10 min. Ao final, as peneiras foram pesadas novamente para medir a massa da amostra que foi retida em cada uma. A distribuição granulométrica para as amostras de argila podem ser visualizadas na Figura 11. Repetiu-se o procedimento para as amostras A2 E A3. Ao final, obteve-se a seguinte relação entre % de massa retida em cada peneira em relação à massa inicial. Verifica-se que a argila AB é a que possui uma disparidade maior na distribuição granulométrica quando comparada com as demais, apresentando uma maior quantidade de material com granulometria de areia.

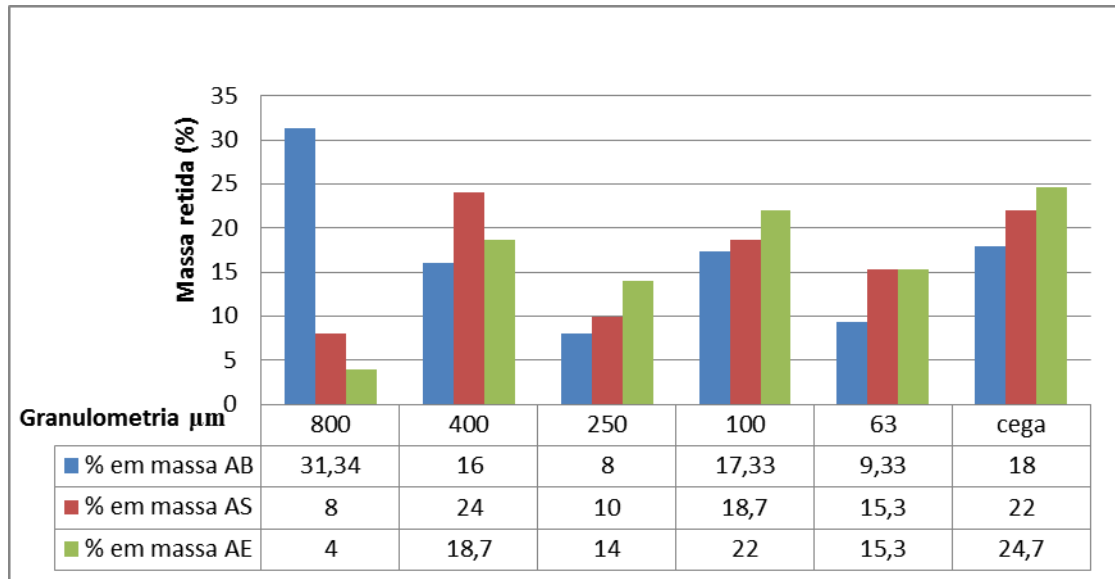


Figura 11. Gráfico mostrando a distribuição de granulometria das amostras de argila.

A análise química das amostras foi feita por difratometria de Raios X (DRX) em um equipamento RIGAKU modelo ULTIMA-IV, operando com tubo de cobre e filtro de níquel, sob voltagem de 35 kv e 15 mA e velocidade de varredura de 1 °/min, no intervalo de ângulo 2θ de 3° a 40°. A interpretação dos difratogramas foi realizada comparando-se os espectros obtidos com o banco de dados PDF-ICDD utilizando o software JADE 9.0. Cada composto químico tem uma sequência de picos característica que depende do arranjo dos átomos, o que permite determinar por comparação com espectros da base de dados a composição química da amostra. A análise das argilas AE e AB apresentaram uma composição química muito semelhante, tendo como principais componentes o quartzo (SiO_2), os filossilicatos Muscovita ($\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) e Caolinita ($\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e o feldspato Ortoclásio (KAlSi_3O_8). A diferença entre as duas está nos componentes minoritários: enquanto que a AB possui os óxidos Goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$) e Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), a AE possui o feldspato Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e o sal Fluorita (CaF_2). A presença destes constituintes menores explica a diferença observada pelos artesões entre as duas argilas: enquanto que o sal faz com que a mistura funda a uma temperatura menor, melhorando a plasticidade e facilitando a sinterização, a presença dos óxidos confere uma maior característica vitrificante, que torna a cerâmica mais resistente. Ou seja, as duas argilas se complementam e é necessário misturá-las para se conseguir melhorar o processo de produção da cerâmica, bem como as propriedades finais do produto. Após misturar e umidificar as argilas, modelar a peça e secar, a AS apresentou um espectro que representa exatamente a mistura dos espectros da AE e AB. Ou seja, durante todo o processo não ocorreu nenhuma alteração química do material. No entanto, ao se analisar a amostra obtida após a sinterização verificou-se uma profunda alteração na composição química, sendo observado apenas a presença de quartzo como maior constituinte, a mica Ilita ($(\text{K},\text{H}_3\text{O}^+)(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2)$) e o argilomineral amorfo Alofanita ($(\text{Al}_2\text{O}_3)_2(\text{SiO}_2)_3(\text{H}_2\text{O})$). Na Figura 12 aparecem os espectros de Raios X de amostras de uma peça antes (AS) e após a queima MC).

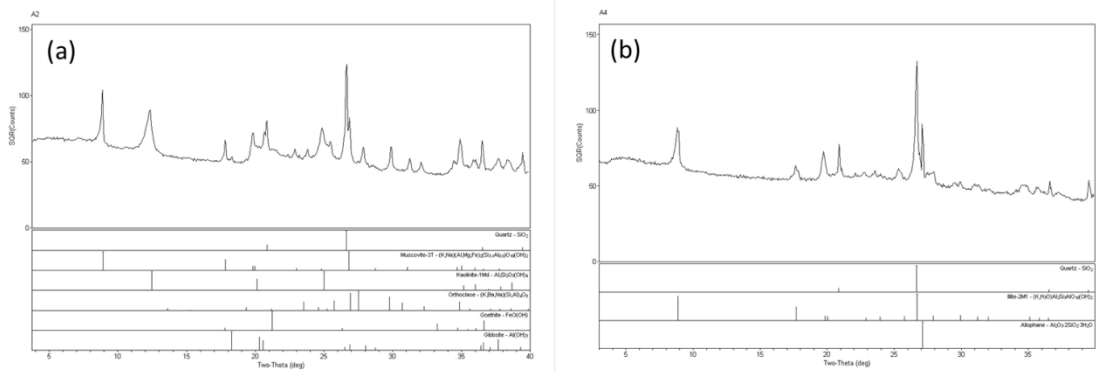


Figura 12. Espectros de Raios X de amostras: (a) antes da queima, AS; e (b) depois da queima, MC.

7. Conclusões

O entendimento sobre a química de minerais do solo serve como base para compreender de forma detalhada as etapas dos processos de preparação de materiais cerâmicos, que ainda utiliza os mesmos princípios desde as primeiras sociedades agrícolas da humanidade. Com o conhecimento da estrutura química dos componentes do barro e da cerâmica é também possível entender as alterações químicas que ocorrem, refletindo diretamente nas propriedades físicas e químicas da matéria-prima e do produto final. Este conhecimento permite compreender os processos industriais de obtenção de materiais cerâmicos, os quais foram um dos primeiros a serem dominados pelo homem e que hoje estão presentes não só nos produtos tradicionais, como jarros, telhas e tijolos, mas em uma miríade de produtos de alta tecnologia, tais como componentes eletrônicos e supercondutores.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr. Iraci e D. Elza pela disponibilidade de nos orientar e permitir que acompanhássemos todo o processo de fabricação das peças de cerâmica.

Os autores também agradecem ao Laboratório de Difractometria de Raios-X do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília pelas análises das amostras realizadas.

8. Bibliografia

- (1) Budziak, C. R.; Maia, C. M. B. F.; e Mangrich, A. S. Transformações Químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 3, 399-403, **2004**. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000300007>
- (2) CHAGAS, A.P. **Argilas: Essências da Terra**. 3ª edição. São Paulo, Editora Moderna, **1997**.
- (3) MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História da agricultura no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea**. Unesp, São Paulo, **2008**. ISBN 978-85-7139-994-5.
- (4) MARTIN, G. **Pré-história do nordeste do Brasil**. (3ª ed.). Recife: Editora Universitária UFPE, **1999**.
- (5) NORTON, F.H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Edgard Blücher, São Paulo, Inc. **1973**.324p
- (6) SHREVE, R. N. & BRINK JR, J. A. **Indústria de Processos Químicos**. 4ª Edição Rio de Janeiro-RJ, Editora Guanabara Koogan S.A, **1977**, pág. 122 à 137.

- (7) SOUTO, F. A.F. **Avaliação das características físicas, químicas e mineralógica da matéria-prima utilizada na indústria de cerâmica vermelha nos municípios de Macapá e Santana- AP.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica UFPA, Belém-PA, **2008**. 103p.
- (8) Cerâmica Popular- Vale do Jequitinhonha- MG. Disponível em: <http://www.ceramicanorio.com/artepopular/valedojequitinhonha/valejequitinhonha.html> . Autor: Renato Wandeck. Acessado em 20 de Maio de 2013.
- (9) SANTOS, P.; **Ciência e Tecnologia de Argilas**, 2a ed., Edgar Blücher: São Paulo, **1992**, vol. 1.
- (10) Teixeira, E. N.; Albuquerque, A. **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado.** *Quím. Nova*, 2009, vol.32, no.3, p.809-817. ISSN 0100-4042.
- (11) SOARES, A. G. **Propecção de Resíduos a serem utilizados na produção de blocos cerâmicos.** Dissertação de mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de SP, São Paulo- SP, 2009. 74 p.

Apêndices 2

Texto para o aluno do ensino médio

Argilas- Matéria-prima para produção de Cerâmicas

O solo também conhecido como barro, que constitui a cobertura sólida do nosso planeta, é uma mistura complexa de várias substâncias onde os principais ingredientes são a água, o ar, matéria orgânica (humos) e diversos compostos minerais.

Ao longo dos anos o homem aprendeu a utilizar o solo para os mais diversos fins, dentre eles, o cultivo de alimentos. Acredita-se que o homem começou a utilizar o solo para práticas agrícolas, por volta de 12 000 anos A. P (antes do presente) no período Neolítico, também conhecido como período da Pedra Polida, assim chamado por, junto com agricultura, surgirem novos utensílios bastante resistentes para manipulação dos alimentos. Podem-se destacar os pilões, almofarizes e copos feitos dos mais diversos materiais, tais como madeira, pedra e em especial o barro. A partir dele descobriu-se a técnica de se fazer cerâmica, cuja presença serve como indicadora de práticas agrícolas.

Os utensílios de barro mais antigos fabricado pelo homem já descobertos são cestos de vime recobertos de argila. Encontram-se

louça de barro datados de 17.000 A. P. Séculos depois, o homem descobriu que o calor fazia o barro endurecer, tornando-se resistente à água - técnica bastante desenvolvida pelos egípcios.

Com o passar dos anos, a manipulação de diferentes tipos argilas permitiu desenvolver materiais de características específicas, como alta resistência térmica, mecânica e químicas tais como as cerâmicas brancas e vermelhas.

Cerâmicas brancas e vermelhas:

Os processos tradicionais de obtenção de produtos cerâmicos brancos ou vermelhos são apenas a mistura de dois ou mais barros diferentes. São usados na indústria para produção de manilhas, tijolos, pisos, azulejos, telhas, xícaras, vasilhas, louças sanitárias, filtros para purificação de água, moringas e vasos para decoração. Na Figura 1 são mostrados produtos manufaturados no Vale do Jequitinhonha- MG, região que se destaca pela produção de artesanato e riquezas naturais, porém, uma das mais pobres do país.

Existem também as cerâmicas conhecidas como refratários, que resistem a altíssimas temperaturas,

bem como a efeitos mecânicos, químicos e físicos. São geralmente confeccionados na forma de tijolos de alta densidade, baixa porosidade para evitar a entrada de ar e evitar rachaduras na peça cerâmica. São usados como revestimento de fornos metalúrgicos, de caldeiras e fornos usados para fabricação de vidros.



Figura 1. Produção de artesanato em cerâmica no Vale do Jequitinhonha, MG, Brasil: (a) forno individual para queima de peças de barro da paneleira (como são conhecidas as artesãs no Vale do Jequitinhonha) Durvalina; (b) argila usada para preparar os artesanatos; (c) argilas diferentes emulsionadas ou dissolvidas em água usadas para colorir o produto; (d) produtos antes (cinza) e após a queima no forno; (e) Noiva, principal artesanato da região. Fonte Paulo A. Z. Suarez

O QUE É O BARRO OU ARGILA?

As argilas, que comumente são chamadas de barro, são um conjunto de compostos químicos que apresentam um tamanho muito pequeno, com diâmetro inferior $2 \mu\text{m}$ ($0,0002$ centímetros!!), conforme ilustração da Figura 2. Outra característica é o fato de quando umedecidas a água penetra entre as partículas de argila, formando uma

mistura com certa plasticidade, ou seja, capazes de serem moldáveis.

No caso dos solos, as argilas são cerca de 90 % da massa total do material seco, podendo ser tanto partículas orgânicas quanto compostos inorgânicos gerados pelo processo de intemperismo, ou seja, o desgaste das rochas pela chuva, água, vento e etc.

A argilas fazem parte de um grupo de minerais chamado de aluminossilicatos. Estes, são formados pelos átomos dos elementos Silício (Si), alumínio (Al) e oxigênio (O) além de outros elementos como ferro (Fe), potássio (K) formando óxidos sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e os óxidos de ferro (Fe_2O_3 , Fe_3O_3)..

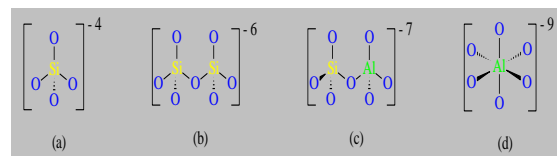


Figura 2. Estruturas básicas dos aluminossilicatos.

Os átomos desses elementos se apresentam numa estrutura organizada, construindo os cristais de argilas que formam o chamado *retículo cristalino argiloso*. Tais cristais se dispõem como camadas empilhadas umas nas outras com 1nm (1×10^{-9} metro!!!) de espessura e algumas centenas de nanômetros

médios de comprimento. Tais lamelas são constituídas de dois tipos de retículos cristalinos: o *tetraédrico* - com um átomo de Si no centro e 4 átomos de oxigênio nas extremidades, sendo que 3 destes são compartilhados com tetraedros vizinhos derivando fórmula estrutural $(Si_2O_5)_n$; e *octaédrico* - como um cátion Al^{+3} no centro e 6 ânions de oxigênio O^{2-} e OH nas extremidades, derivando fórmula química $AlO(OH)_2$. Desta forma, a distinção básica entre os tipos de argilas está nas disposições das lamelas ou camadas, que podem ser 1:1 - em que uma folha tetraédrica está disposta sobre uma octaédrica (características das argilas

chamadas de caulinita) e 2:1 na qual uma octaédrica se encontra ao meio de duas tetraédricas (características das argilas montmorilonitas), como descrito na figura 3:

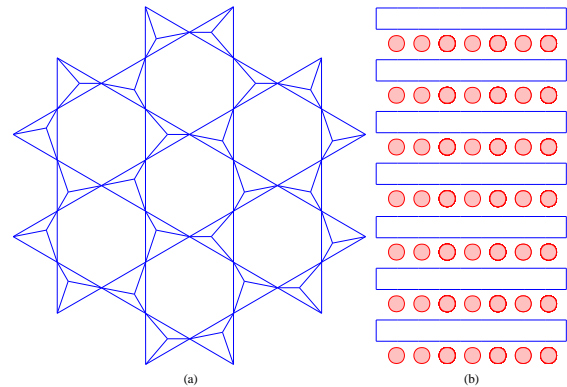


Figura 3.(a) estrutura de uma folha formada pela associação de tetraedros de silício onde ocorre o compartilhamento de 3 átomos de oxigênio. Nos vértices dos tetraédros encontramos átomos de oxigênio e no centro átomos de silício ou alumínio, os quais não estão representados para maior clareza da figura; (b) sobreposição de lamelas (retângulos) e camadas de íons metálicos (esferas rosas).

Material e Leitura complementar:

Curta-Nordeste feito à Mão: Artesanato em Cerâmica. Adelina Pontual. Documentário 2001. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=TRQZRC_MxjA

Livro: **Argilas: Essências da Terra**. Autor: Aécio Pereira Chagas. 3ª edição. São Paulo, Editora Moderna, 1997.

Livro: **Introdução à tecnologia cerâmica**. Autor: F. H. Norton. Edgard Blücher, São Paulo, 1973.

Revista Contemporâneos: Vale do Jequitinhonha: Entre a carência social e a riqueza cultura. Disponível em: <http://revistacontemporaneos.com.br/n4/pdf/jequiti.pdf>

