

## **CAPÍTULO 2**

### **REVISÃO DA LITERATURA**

Na revisão bibliográfica foi pesquisada a literatura referente à mineração de areia no Estado de São Paulo e sua importância, e os aspectos da produção de cerâmica vermelha, desde a sua matéria prima, até os produtos finais. Também foram levantados trabalhos semelhantes à proposta desta tese.

O levantamento relativo ao meio físico foi apresentado no CAPÍTULO 1, introdução, uma vez que compreende a contextualização do tema.

A base de dados constituiu principalmente na rede SibiNet da USP e o Portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Secundariamente, foram consultados outros artigos de revista e a rede mundial InterNet.

#### **2.1 A importância dos minerais de uso na construção civil**

A base da produção mineral paulista constitui da extração de areia, cascalho, argilas e pedras britadas.

Segundo o Anuário Mineral (DNPM, 2006) o Estado de São Paulo produziu substâncias minerais no valor superior a R\$ 2 bilhões, de um total nacional de quase R\$ 31 bilhões, ou seja, mais de 6% da produção do país. Com base nestes valores o Estado de São Paulo ocupa o quarto lugar no cenário da produção mineral brasileira, atrás apenas de Minas Gerais, Pará e Goiás.

Dos minerais produzidos no Estado de São Paulo predomina amplamente os de origem não metálica. Dentro deste grupo, oito substâncias minerais respondem juntas por mais de 90% da produção mineral total do Estado, que são, em ordem crescente: caulim, areia industrial, argilas comum e plástica, calcário e rochas fosfáticas, água mineral, areia e cascalho e pedras britadas (DNPM, op. cit.). A

preponderância destes tipos de minerais no Estado de São Paulo se deve não só aos atributos do substrato geológico, mas em grande parte à demanda destes materiais pelo seu principal mercado consumidor: o parque industrial e grandes centros urbanos. A produção mineral paulista se destina principalmente ao consumo interno de diversos setores de transformação, como o cerâmico, o siderúrgico, o cimenteiro, o vidreiro, entre outros.

A distribuição geográfica das minerações no território paulista subordina-se não apenas aos condicionantes geológicos, mas também às diversas formas de ocupação humana (cidade, indústrias e agricultura). Especificamente para o caso das substâncias de uso direto ou indireto na construção civil, a combinação entre condições geológicas favoráveis à ocorrência destas substâncias, com o acelerado crescimento urbano e industrial, resultou na formação de pólos produtores, que compreendem a região da Grande São Paulo, Vale do Paraíba e eixo Sorocaba-Ribeirão Preto (CABRAL; ALMEIDA, 1999). Quanto à cerâmica de revestimento, destaca-se o pólo de Santa Gertrudes (Figura 2.1).

A atividade mineral paulista abastece o parque industrial, a agricultura e a construção civil com insumos minerais estratégicos para o progresso social e econômico, bem como para o conforto da população e melhoria da qualidade de vida.

Grande parte do progresso no Estado de São Paulo, bem como ao desenvolvimento da maior parte do país, deve-se à extração de minerais não metálicos, base da construção civil.

No Estado são produzidas, por ano, 96 milhões de toneladas de areia para uso na construção civil e 60 milhões de toneladas de pedra britada (DNPM, 2006). A areia e a pedra britada constituem o que se denomina como agregados, que representam 80% da massa do concreto. Em 2005, foram produzidos no Brasil 19 milhões de m<sup>3</sup> de concreto. O Estado de São Paulo responde por 40% desse volume.

O Estado de São Paulo é o maior produtor e consumidor de areia e brita do Brasil, o que se pode observar pelo seu índice de consumo, da ordem de 3,5 toneladas por habitante/ano, sendo a média nacional de menos de 2 toneladas por habitante/ano (DNPM, 2001).

O Estado de São Paulo é o maior produtor de revestimentos cerâmicos das Américas. Foram produzidos, em 2007, 431 milhões de m<sup>2</sup> (Figura 2.1),

correspondente a 65% da produção brasileira. O setor de revestimentos cerâmicos gera em torno de 25.000 empregos diretos e 250.000 indiretos. Em 2007, foram exportados U\$ 394 milhões sendo U\$ 152 milhões só do Estado de São Paulo (ASPACER, 2008). Além disso, deve-se considerar a cerâmica estrutural, com milhares de famílias dependentes diretamente das argilas nas olarias e cerâmicas produtoras de telhas, tijolos e blocos, assunto que será abordado no item 2.2.6.



Figura 2.1 - Dados do setor de cerâmica de revestimento. Fonte: ASPACER (2008)

## 2.2 Definição de produtos cerâmicos

Cerâmica compreende todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em temperaturas elevadas.

Para classificar um produto cerâmico deve-se levar em consideração o emprego dos seus produtos, natureza de seus constituintes, características texturais do biscoito (massa base), além de outras características cerâmicas, técnicas e econômicas (SEBRAE, 2008). Com base nestes aspectos, a seguinte classificação, em geral, é adotada:

**Cerâmica vermelha:** Compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas) e também utensílios de uso

doméstico e decorativa.

*Materiais de revestimento:* São aqueles materiais usados na construção civil na forma de placas para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas de ambientes internos e externos. Recebem designações tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, grés, lajota, piso, etc.

*Cerâmica branca:* Este grupo é bastante diversificado, compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor e que eram assim agrupados pela cor branca da massa, necessária por razões estéticas ou técnicas. Compreendem os seguintes produtos: louça sanitária, louça de mesa, isolantes elétricos, cerâmica artística, cerâmica técnica para fins diversos (químico, elétrico, térmico e mecânico)

*Materiais refratários:* Este grupo compreende uma diversidade de produtos, que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que em geral envolvem esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações. Para suportar estas solicitações e em função da natureza das mesmas, foram desenvolvidos inúmeros tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou mistura destas. Dessa forma, podemos classificar os produtos refratários quanto a matéria-prima ou componente químico principal.

*Isolantes elétricos:* os produtos deste segmento podem ser classificados em:

- a) refratários isolantes que se enquadram no segmento de refratários;
- b) isolantes térmicos não refratários, compreendendo produtos como vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro e lã de rocha, que são obtidos por processos distintos ao do item a) e que podem ser utilizados, dependendo do tipo de produto até 1.100°C; e
- c) fibras ou lãs cerâmicas que apresentam características físicas semelhantes as citadas no item b, porém apresentam composições tais como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia, que dependendo do tipo, podem chegar a temperaturas de utilização de 2.000°C ou mais.

*Cimento, vidro e cal:* São três importantes segmentos cerâmicos e que, por suas particularidades, são muitas vezes considerados à parte da cerâmica.

*Especiais, Cerâmica de alta tecnologia ou cerâmica avançada:* estão ligadas ao desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das existentes nas mais diferentes áreas, como aeroespacial, eletrônica, nuclear e muitas outras e que

passaram a exigir materiais com qualidade excepcionalmente elevada. Tais materiais passaram a ser desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas de altíssima pureza e por meio de processos rigorosamente controlados. Eles são classificados, de acordo com suas funções, em: eletroeletrônicos, magnéticos, ópticos, químicos, térmicos, mecânicos, biológicos e nucleares. Os produtos deste segmento são de uso intenso e a cada dia tende a se ampliar. Como alguns exemplos, podemos citar: naves espaciais, satélites, usinas nucleares, materiais para implantes em seres humanos, aparelhos de som e de vídeo, suporte de catalisadores para automóveis, sensores (umidade, gases e outros), ferramentas de corte, brinquedos, acendedor de fogão, etc.

No quadro da Figura 2.2 são mostrados as classificações dos produtos cerâmicos, relacionados com as matérias-primas envolvidas e processo de produção utilizado.

Motta et al. (1998) classifica as matérias-primas cerâmicas utilizadas na indústria de revestimentos em plásticas e não plásticas. Ainda segundo este autor, as principais matérias-primas plásticas constituem as *argilas plásticas*, que apresentam cor após queima branca ou clara, *caulim* e *argilas fundentes*, que apresentam cor após queima vermelha. Dentre as matérias-primas não plásticas destacam-se os filitos, fundentes feldspáticos, talco e carbonatos.

As argilas plásticas são compostas de caulinita e outros argilominerais associados (ilitas e esmectitas), com varável conteúdo em quartzo. Os depósitos mais comuns de argilas plásticas são encontradas normalmente em planícies aluvionares recentes, descontínuos e erráticos, constituindo corpos de pequenas dimensões. No Estado de São Paulo, as maiores reservas encontram-se na região de São Simão (CABRAL JÚNIOR et al., 2001).

As argilas fundentes são compostas por uma mistura de argilominerais, que incluem ilita, caulinita, e esmectita. Com presença de quartzo e outros minerais não plásticos, com presença de óxidos fundentes. Os principais depósitos no Estado de São Paulo são representados por rochas sedimentares antigas, tais como siltitos e argilitos, usualmente denominados de “taguá” no jargão cerâmico (MOTTA et al., op. cit.).

O termo argila refratária compreende materiais argilosos de natureza caulínica ou haloisítica, com conteúdo variável de gibbsita e baixo teor de álcalis, o que lhes confere elevado ponto de fusão (superior a 1.435°C). Estas argilas

constituem importante matéria-prima na indústria cerâmica, para produção de materiais refratários sílico-aluminosos e aluminosos, servindo também como agente ligante para outros produtos refratários (CABRAL JÚNIOR et. al., 2001).

Classificação		Produto	Matéria-prima							Moagem via úmida	Moagem via seca	Processo de conformação				Temperatura de Queima (°C)					
Tipo de Cerâmica*	Grupo**/ Setor		Plástica			Não -Plástica						Extrusão	Tornearia	Prensagem	Colagem	800	900	1.000	1.100	1.200	> 1.200
			Argila Comum	Argila Plástica	Caulim	Feldspato (***)	Filito	Talco	Calcário												
Cerâmica silicática de base argilosa (ou tradicional)	1	Cerâmica Vermelha	Blocos, lages	P									P								
			Telha	P				O						P	P						
			Agregado leve	P								O		P							
	2	Cerâmica Branca	Grês Sanitário		P	S	P	O		S	O	P									
			Porcelana Mesa		P	P				P		P		S	S		O				
			Porcelana Eletr.		P	P				P		P		S	S		O				
			Faiança		P	O	S	S	S	P	S		P				P				
	3	Revestimentos	Pisos Rústicos	P								O		P							
			Pisos via Seca	P										P							
			Azulejo		P	P			O	S	S		P				P				
			Piso Gresificado	O	P	S	S	P	O		S		P		O		P				
			Grês Porcelânico		P	S	P		O		S	O	P				P				
Outros	4	Refratários			O					O	P										
	5	Isolantes				O					O	P									
	6	Especiais								O	P										
	7	Cimento	S						P	S	O		P								
	8	Vidro							S	P	P										
P = Processo ou composição principal (> 20 %)			S = Processo ou composição secundária (< 10%)							O = Processo ou composição ocasional											

**Figura 2.2 – Principais produtos cerâmicos e suas características. Fonte: MOTTA et al. (2001) apud SEBRAE (2008). Obs.: \* Classificação de Schuller & Henniche (apud MOTTA et al., 2001); \*\* 21,26; \*\*\* O feldspato (ou concentrado de feldspato) é utilizado apenas nas porcelanas e, eventualmente, no grês porcelânico, enquanto que nos demais produtos são utilizadas rochas feldspáticas.**

## 2.3 Cerâmica vermelha

Os produtos da cerâmica vermelha, também chamada cerâmica estrutural, caracterizam-se pela cor vermelha que seus produtos geralmente adquirem após a queima. São representados por tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, agregados leve de argila expandida e outros.

### 2.3.1 Matéria-prima

O principal componente da matéria-prima da cerâmica vermelha é a argila

Argila é um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire plasticidade quando umedecido com água (SOUZA SANTOS, 1975).

Plasticidade entende-se como a propriedade de o material úmido apresentar deformação, sem romper, pela aplicação de uma tensão, sendo que a deformação permanece após a retirada da tensão.

O termo genérico “argilas” é utilizado tanto para definir a constituição mineralógica de um material (argilominerais), como também para designar uma faixa de distribuição de partículas na análise granulométrica de solo ou rocha sedimentar (fração argila).

Quimicamente os argilominerais são constituídos por filossilicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio, podendo conter ainda elementos alcalinos e alcalinos-terrosos (SOUZA SANTOS, op. cit.).

Como termo de granulometria, a maior dimensão da fração argila é definida de maneira diferente em escalas granulométricas utilizadas por diversos autores. Em geologia a tendência tem sido a de adotar como fração argila aquela cujo diâmetro das partículas é inferior a 4  $\mu\text{m}$  (TEIXEIRA et. al., 2000). Em estudos de solos, a tendência usual é utilizar 2  $\mu\text{m}$  como limite superior de dimensões da fração argila. Segundo Santos (op. cit.) na fração de diâmetro inferior a 2  $\mu\text{m}$  os não argilominerais estão quase ausentes, e ocorre uma concentração de argilominerais, o que seria portanto, uma razão para adotar este limite na classificação da fração argila.

Segundo o “Comité Internacional pour l'Étude des Argiles – CIPEA

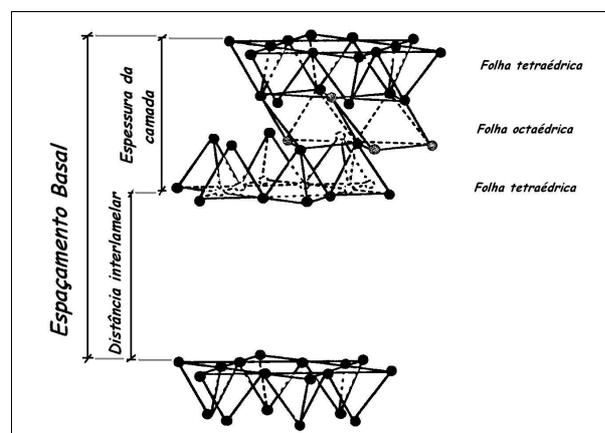
(MACKENZIE, 1959 apud SOUZA SANTOS, 1975) os argilominerais cristalinos são divididos em duas classes gerais: silicatos cristalinos com retículo em camadas ou lamelar e silicatos cristalinos com reticulados de estrutura fibrosa.

Os silicatos de estrutura fibrosa são constituídos apenas pelos argilominerais sepiolita e paligorsquita.

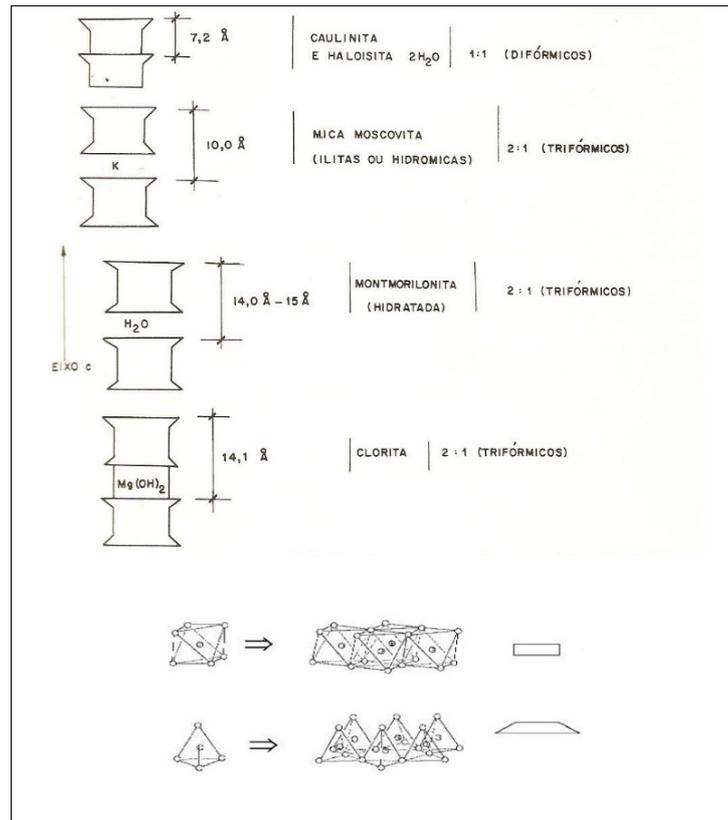
O restante dos argilominerais têm estrutura lamelar, e são subdivididos em três grupos ou famílias: dimórficos (ou 1:1), trimórficos (ou 1:2), ou tetramórficos (ou 2:2). A nomenclatura 1:1 e 2:2 é referente ao número de camadas de tetraedros de  $\text{SiO}_4$  e de octaedros de gibsita  $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ , respectivamente, que entram na constituição da cela unitária do retículo cristalino dos argilominerais.

Existem ainda, dentro dos argilominerais lamelares, subdivisões que são feitas em função de suas propriedades estruturais, tais como: distância interplanar, basal, grau de substituição na camada octaédrica da cela unitária, capacidade de expansão da camada basal pela introdução de moléculas de água e tipo de arranjo ao longo dos eixos cristalográficos que definem as espécies minerais de um mesmo grupo. Algumas dessas características estão resumidas na Figura 2.3. Dessa forma dentro dos argilominerais lamelares têm-se os seguintes grupos principais: Grupo da caulinita, grupo das esmectitas ou montmorilonitas, grupo da vermiculita, grupos das micas hidratadas (ilitas), e grupo as cloritas.

Na Figura 2.4 são mostradas representações esquemáticas das estruturas unitárias dos principais argilominerais.



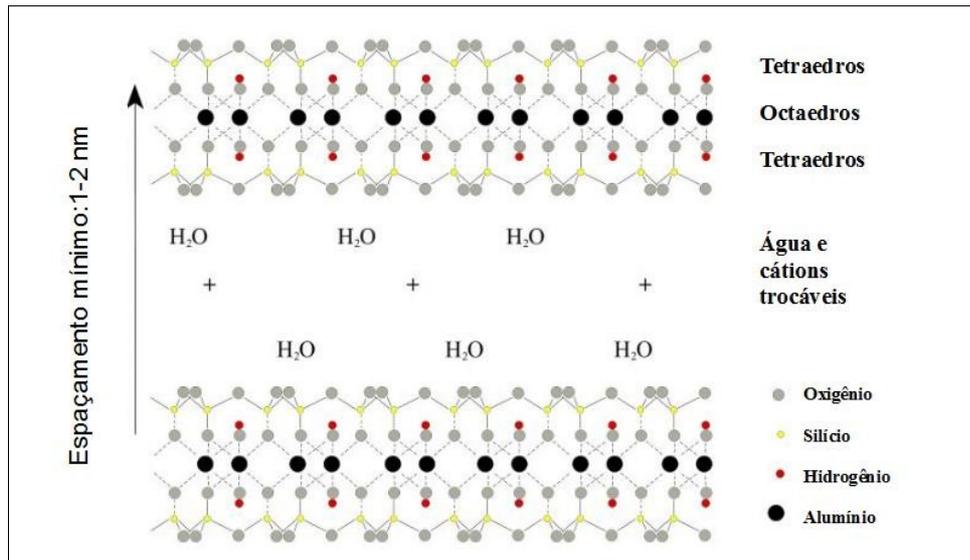
**Figura 2.3 – Principais elementos da cela unitária da estrutura cristalina das argilas. Adaptado de Souza Santos (1975).**



**Figura 2.4 – Representação esquemática da estrutura da cela unitária dos principais tipos de argilominerais. Adaptado de Souza Santos (1975).**

O grupo da caulinita constitui argilominerais do tipo 1:1, com estrutura unitária composta por uma camada tetraédrica e uma camada octaédrica, cuja fórmula química é:  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ . É representado pela caulinita, haloisita, dicrita e nacrita, e corresponde ao grupo de argilominerais mais comuns e mais utilizados em cerâmica vermelha.

O grupo das esmectitas compreende minerais do tipo 2:1, com estrutura unitária composta por duas folhas de silicato tetraédricas, com uma folha central octaédrica (Figura 2.5). As camadas sucessivas estão fracamente ligadas entre si, podendo ocorrer entre elas moléculas de água interlamelar. A capacidade de absorver moléculas de água determina a elevada plasticidade e pode também proporcionar o desenvolvimento de trincas em peças cerâmicas. A fórmula teórica deste grupo de argilominerais é:  $\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4.n\text{H}_2\text{O}$ . Compreendem uma série de argilominerais entre eles: montmorilonita, saponita, nontronita, etc.



**Figura 2.5 – Estrutura dos argilominerais do grupo das esmectitas. Modificada de Wikipédia, 2009.**

As ilitas correspondem às micas hidratadas e pertencem ao tipo 2:1, com presença de potássio interlamelar. Este cátions neutraliza a carga devida a maior substituição do silício pelo magnésio. Compreendem as muscovita-ilitas, glauconita, paragonita, celadonita, flogopita. Em cerâmica, as argilas ilíticas apresentam bom comportamento devido à presença do potássio, que atua como fundente, aumentando a resistência mecânica.

Além de argilominerais a fração argila pode conter outros materiais e minerais, tais como: matéria orgânica, sais solúveis, e partículas de quartzo, pirita, mica, calcita, dolomita e materiais não cristalinos ou amorfos.

O conhecimento da constituição química das matérias-primas é fundamental para o processo de fabricação da cerâmica vermelha.

No que se refere à matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente: só argila. Esta pode ser denominada ainda de massa simples ou natural (MOTTA et al., 2001). Tal massa deve conter as necessárias proporções entre os minerais, que permitam a manufatura da peça cerâmica desejada.

Os componentes das matérias-primas cerâmicas podem ser classificadas como plásticos e não plásticos. As matérias-primas plásticas constituem as argilas e outros filossilicatos. Conferem importantes características na fase de conformação das peças cerâmicas, tais como a trabalhabilidade e resistência mecânica a cru, e no processamento térmico, como estrutura e cor (MOTTA, 2002).

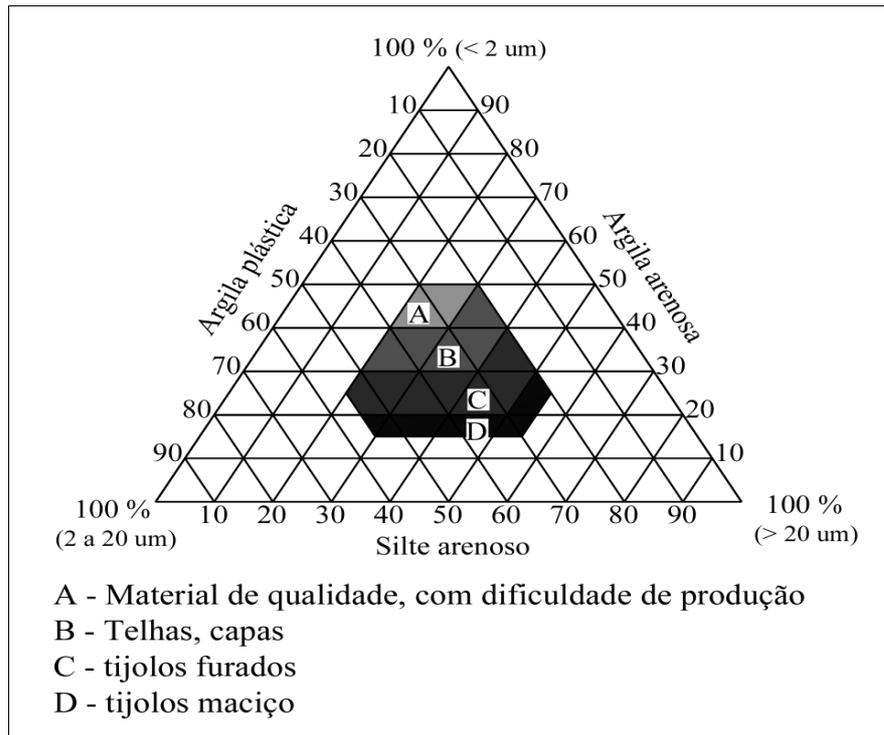
Os componentes não plásticos também atuam nas fases de conformação e secagem, diminuindo a retração das peças e favorecendo a secagem, porém desempenham papel mais importante na fase de queima, controlando as transformações, deformações e a sintetização (MOTTA, 2002). Devido principalmente ao seu papel na fase de queima, os minerais não plásticos são qualificados ainda em: inertes, vitrificantes e fundentes. Os minerais inertes, como o quartzo, permanecem inalterados durante a fase de queima e constituem o esqueleto da massa cerâmica. Suas principais funções no processo cerâmico são: diminuição da plasticidade da massa, diminuição da retração de secagem e queima, aumento da porosidade aberta. Os componentes fundentes constituem os carbonatos, feldspatos, silicatos e materiais alcalino-terrosos. Atuam como desplastificante na massa crua, diminuem a temperatura de formação da fase vítrea, que é responsável pela fusão do componente plástico e participam na reação de formação de silicato e silício-aluminato cristalino, que assegura a resistência mecânica e coesão do produto (MOTTA, op. cit.).

A composição granulométrica da argila também é importante para definição do seu campo de aplicação, pois reflete o conteúdo de argilominerais e quartzo. A composição granulométrica das argilas e seus respectivos campos de aplicação são previstos no diagrama triaxial de *Winkler*, apresentado na Figura 2.6. Este diagrama triangular apresenta a distribuição granulométrica e dá uma idéia da composição mineralógica e das características físico-químicas das argilas.

Observa-se contudo, que na prática ceramista a utilização da classificação granulométrica da massa é empírica, baseada na experiência do cerâmico prático, o que dificulta a sua padronização.

Verifica-se ainda que o limite entre as classes de argilas não é rígido, principalmente entre as classes C e D. Na prática, vários ceramistas utilizam a mesma massa para fabricação de telhas e blocos cerâmicos (MOTTA et. al., 2001).

Adicionalmente à composição mineralógica, as argilas contém proporções variadas de matéria orgânica, material que contribui para maior plasticidade e resistência mecânica a cru das peças (SOUZA SANTOS, 1975).



**Figura 2.6 – Aptidão das massas de cerâmica vermelha segundo a classificação granulométrica. Fonte: Motta et. al., 2001.**

### 2.3.2 Processo de fabricação

A indústria cerâmica é caracterizada por duas etapas distintas, quais sejam, a primária (que envolve exploração e exploração da matéria-prima - neste caso, a argila) e de transformação (para elaboração do produto final).

Independentemente de essas fases serem ou não desempenhadas pela mesma empresa, elas estão intimamente interligadas e interferem no desempenho de toda a cadeia produtiva.

Na seqüência do processo de fabricação, a massa é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente acima de 20%), e processada em misturadores e homogeneizadores rústicos, sendo conformadas a seguir em extrusoras (marombas), quando adquirem as suas formas finais (blocos, lajes, lajotas, tubos) ou seguem para prensagem (telhas) ou tornearia (vasos).

Na Figura 2.7 é ilustrado o fluxograma do processo de fabricação de blocos cerâmicos e telhas.

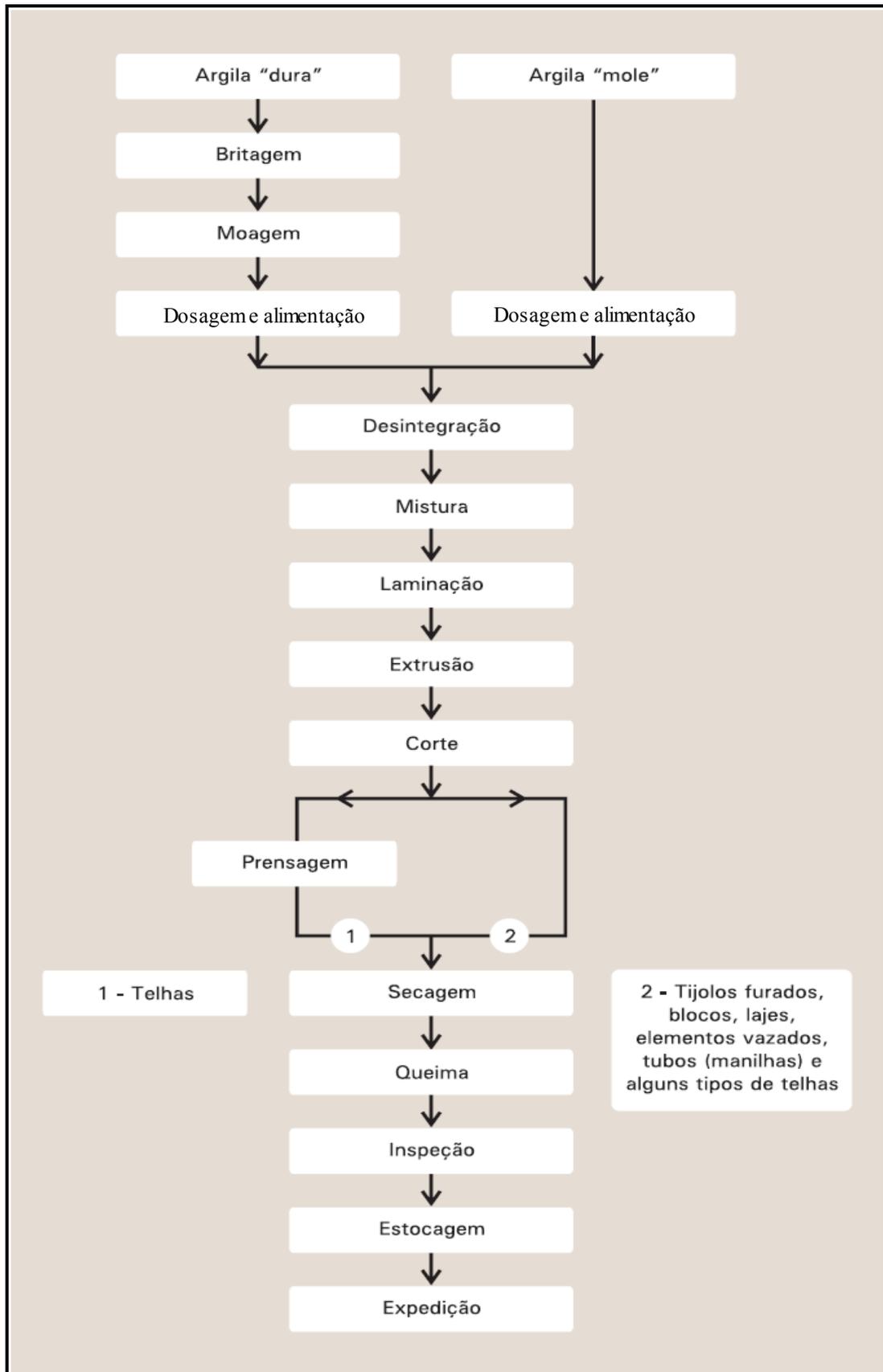


Figura 2.7 – Cadeia produtiva da cerâmica vermelha. Fonte: ABC (2008).

No laminador a matéria prima homogeneizada é amassada na forma de lâminas antes de ser transportada até a maromba.

No processo de extrusão, que é realizado na maromba, a massa plástica é comprimida em uma câmara de alta pressão, à vácuo, contra uma forma (molde) que tem o formato do produto desejado. A peça é então cortada por um cabo de aço para se obter as peças nas dimensões determinadas.

No processo de secagem as peças reduzem a sua umidade, que é de 20 a 30%, para 5%. A secagem pode ser natural, quando as peças são secas ao ar livre, ou forçada, utilizando secadores.

Na queima, que acontece nos fornos, as peças são submetidas a temperaturas que variam entre 800 a 1.000° C.

O processo de queima constitui o de maior consumo energético no processo produtivo, correspondendo a 32% da energia total consumida, o restante é dividido entre: secagem (26%), moldagem (26%), preparação da misturadora (14%) e outros (2%) (SCHWOB et al., 2009).

Segundo o SEBRAE (2008) no Brasil, em 2005, a matriz energética para a produção de cerâmica estava assim distribuída: 48% lenha, 26% de gás natural, 8% de eletricidade, 18% de outras fontes alternativas, tais como óleo combustível e bagaço de cana.

A exigência técnica dos produtos de cerâmica vermelha é mais rigorosa para telhas e blocos estruturais, requerendo maior sinterização das peças. Nesses materiais, as argilas devem ser mais ricas em ilitas, ou conter a mistura destas ou de outros fundentes como filitos, como já vem sendo experimentado em algumas regiões (MOTTA et al., 2001).

Vários autores estudaram materiais alternativos para adição na massa cerâmica, a maioria constituídos de resíduos de outros processos industriais, destacando-se: resíduos de construção civil (OLIVEIRA SILVA, 2007), serragem de mármore e granito (SILVA, 2003; PONTES, 2001; XAVIER, 2001; MELLO, 2006), resíduos da produção de ardósia (OLIVEIRA, 2001), lodo de estação de tratamento de efluentes da indústria de celulose (CAMPREGHER, 2005), resíduo de borra de petróleo (SANTOS, 2001), rejeitos oleosos (RIBEIRO, 2002), entre outros.

Quanto à materiais naturais alternativos, Gaspar Júnior (2003) estudou materiais rochosos, tais como granitos, filitos, gnaisses, quartzitos do Grupo São Roque e rochas sedimentares da Bacia do Paraná, na região de Santa Gertrudes,

para utilização como aditivos em massas para fabricação de cerâmica para revestimentos. Este autor conclui que siltitos argilosos na Formação Tatuí (Bacia Sedimentar do Paraná) embora não apresente bons resultados para cerâmica de revestimento, possui potencial para utilização em cerâmica vermelha.

Saito (2002) realizou ensaios em argilas terciárias da Bacia Sedimentar de São Paulo, oriundas do capeamento (estéril) de uma jazida de areia.

Na consulta à base de dados referida no início deste capítulo, não foi encontrada referência sobre utilização de rejeitos de extração de areia proposta neste trabalho.

### *2.3.3 Produtos*

O setor de cerâmica vermelha no Brasil gera, como seus produtos principais, tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, lajotas, ladrilhos vermelhos, tubos e agregados leves.

Neste trabalho será abordado os produtos blocos e telhas.

#### *2.3.3.1 Blocos*

Os blocos cerâmicos são componentes construtivos utilizados em alvenaria (vedação, estrutural ou portante). Apresentam furos de variados formatos, paralelos a qualquer um dos seus eixos (SANTOS; STUNM, 2008a).

A conformação ocorre por extrusão, onde a massa de argila é pressionada através do molde que dará a forma da seção transversal. A coluna extrudada obtida, passa por um cortador, onde se tem a dimensão do componente, perpendicular a seção transversal. Posteriormente os blocos são submetidos a secagem e a queima, que é feita a temperaturas que variam entre 900°C e 1.000°C.

São dois os tipos de blocos cerâmicos utilizados na construção civil, produzidos no Brasil:

1. Bloco de vedação - são aqueles destinados a execução de paredes que

suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios, etc). Geralmente apresentam furos na horizontal e com atual tendência ao uso com furos na vertical (Foto 2.1). Os blocos cerâmicos para vedação são especificados conforme a NBR 15270-1 (ABNT 2005a)



**Foto 2.1 – Blocos cerâmicos para vedação. (Foto: Autor).**

2. Blocos estruturais ou portantes - são aqueles que além de exercerem a função de vedação, também são destinados a execução de paredes que constituirão a estrutura resistente da edificação (podendo substituir pilares e vigas de concreto). Estes blocos são utilizados com os furos sempre na vertical (Foto 2.2). Quando apresentam elevada resistência mecânica e padronização das dimensões, concorrem técnica e economicamente com as estruturas de concreto armado. Os blocos cerâmicos estruturais têm suas especificações técnicas dadas pelas normas técnicas NBR 15270-2 (ABNT, 2005b) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005c).

Quanto às qualidades e desvantagens do uso dos blocos cerâmicos, na Tabela 2.2 é feita uma comparação com produtos substitutos, ou sejam, aqueles feitos a partir de outras matérias-primas, por meio de diferentes processos produtivos, que apresentam características físicas, de aplicação e mercadológicas diferenciadas, mas que, de alguma forma, atendem às mesmas necessidades que os produtos feitos de cerâmica vermelha. Foram considerados nesta comparação,

os produtos mais utilizados no mercado: blocos de concreto, blocos cerâmicos (furados), e tijolos (maciços, produzidos por prensagem e queima).



Foto 2.2 – Blocos cerâmicos estruturais ou portantes. (Foto: Autor).

Tabela 2.1 – Comparação dos blocos cerâmicos com outros produtos concorrentes. Adaptado de SEBRAE (2008).

Produto	Vantagem	Desvantagem
Tijolo comum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior conforto térmico</li> <li>• Maior conforto acústico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior consumo por m<sup>2</sup></li> <li>• Maior irregularidade nas medidas</li> <li>• Maior consumo de argamassa e mão de obra.</li> <li>• Maior índice de quebra</li> </ul>
Bloco de concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior resistência</li> <li>• Melhor rendimento</li> <li>• Maior precisão nas dimensões</li> <li>• Dispensa revestimento externo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior peso</li> <li>• Menor conforto térmico</li> <li>• Exige proteção externa contra umidade</li> </ul>
Bloco cerâmico de vedação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa produtividade</li> <li>• Menor quebra em relação ao comum</li> <li>• Maior conforto térmico em relação ao bloco de concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• exige proteção externa contra umidade</li> </ul>

Os tijolos comuns oferecem maior conforto térmico e acústico, mas

apresentam maior irregularidade na forma e necessitam mais unidades por m<sup>2</sup>, sendo portanto, menos competitivos em preço. Quanto ao bloco cerâmico, apresenta boa produtividade e resistência, mas é inferior ao tijolo comum em termos de conforto térmico e necessidade de proteção para evitar umidade. Em relação ao bloco de concreto apresenta melhor desempenho térmico e melhor resistência. Segundo Santos e Stunm (2008a), os blocos cerâmicos estruturais apresentam melhor desempenho e durabilidade que as alvenarias com outros tipo de blocos, uma vez que as deformações em função das variações térmicas são extremamente inferiores.

### 2.3.3.2 Telhas

As telhas cerâmicas são componentes utilizados para coberturas, empregadas praticamente em todas as regiões do país, apresentando variadas conformações e características técnicas (SANTOS; STUNM, 2008b).

São fabricadas geralmente com matéria-prima melhor selecionada e preparada, face às características que deverão ser compatíveis com a exigências tecnológicas do produto.

A massa argilosa é conformada por extrusão na forma de um bastão com seção quadrada ou cilíndrica e cortada em segmentos compatíveis com o volume da telha. Posteriormente são prensadas, obtendo-se a forma final do produto através do molde tipo macho e fêmea (de gesso, metal ou borracha). Passam pelo processo de secagem e em seguida são queimadas a temperaturas entre 900°C e 1.100°C. Atualmente há uma grande tendência do uso de telhas esmaltadas que se adaptam ao estilo e se harmonizam com os aspectos externos da obra, em cores variadas.

Estas telhas podem ser obtidas pelos processos de bi-queima (processo utilizado nos azulejos e louças sanitárias) e mono-queima.

As telhas, além de serem esmaltadas externamente, podem também apresentar esmaltação interna.

As peças esmaltadas não tem utilização em habitações de interesse social, devido ao custo elevado e as exigências com relação a sua fixação individual sobre a estrutura do telhado.

Verifica-se no país uma grande diversificação de telhas que variam de região para região, causando uma desordenação no mercado. Pois existem telhas de mesma forma mas com dimensões bastantes diferenciadas. Desta forma, a ABNT e o INMETRO, visando disciplinar o mercado, decidiram normalizar apenas os seguintes tipos de telhas (Foto 2.3): portuguesa, francesa, romana, plana ou colonial (SANTOS; STUNM, 2008b). As especificações técnicas referentes às telhas estão na norma NBR 15310 (ABNT, 2005d).

As telhas cerâmicas apresentam poucas variações dimensionais quando submetidas à variações térmicas e de umidade, o que é um fato positivo em um país que apresenta temperaturas altas, principalmente no verão. Dispensam elementos adicionais ou acessórios para obter impermeabilidade da cobertura devido ao perfeito encaixe de seus componentes. São duráveis e têm bom desempenho no que se refere a conforto térmico. Por outro lado, são frágeis e demandam cuidado especial durante o transporte e instalação, para evitar perdas. Seus preços elevados as tornam de difícil acesso para consumidores de baixa renda, mas são as preferidas para construções residenciais de melhor padrão.



**Foto 2.3 – Alguns tipos de telhas cerâmicas. (Foto: Autor).**

Em relação à competitividade das telhas cerâmicas com outros materiais de

cobertura, é apresentada na Tabela 2.3 uma comparação entre estas e produtos de cobertura mais utilizados.

**Tabela 2.2 – Comparação entre telhas cerâmicas e outros materiais de cobertura . Adaptado de SEBRAE (2008).**

<b>Produto</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Telha de fibrocimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil instalação</li> <li>• Leveza</li> <li>• Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragilidade</li> <li>• Baixo isolamento térmico</li> <li>• Alta permeabilidade</li> <li>• Pior estética</li> </ul>
Telha de concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor permeabilidade</li> <li>• Menor custo</li> <li>• Mais resistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior peso</li> <li>• Pior estética</li> </ul>
Telha cerâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior conforto térmico</li> <li>• Baixa variação dimensional</li> <li>• Menor permeabilidade</li> <li>• Melhor estética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior custo</li> <li>• Instalação mais complexa</li> </ul>

#### *2.3.4 Aspectos mercadológicos e de produção*

Segundo a ANICER (2008) o mercado de cerâmica vermelha possui no Brasil cerca de 5.500 empresas entre cerâmicas e olarias, sendo responsável por mais de 400 mil empregos diretos, 1,25 milhões indiretos e gerando um faturamento anual de R\$ 6 bilhões (4,8% do faturamento da indústria da construção civil).

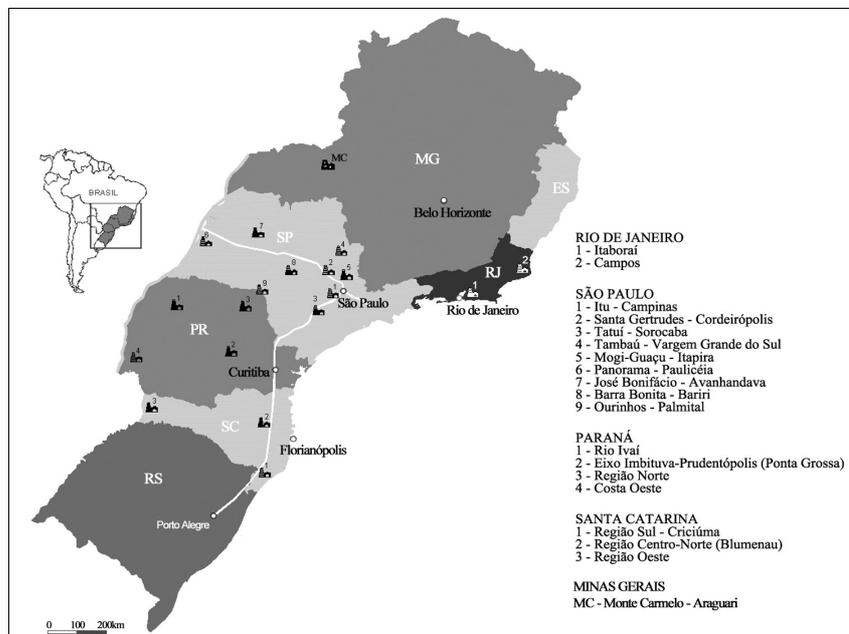
Já a ABC (2008), contabiliza, especificamente para a cerâmica vermelha, a existência de 11.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo País, empregando cerca de 300 mil pessoas, gerando um faturamento da ordem de R\$ 2,8 bilhões.

O fato de tal divergência é explicado pelo SEBRAE (2008) como sendo motivado pela informalidade, problema que atinge toda a cadeia de construção civil. As empresas que produzem cerâmica vermelha são, em sua maioria, de micro, pequeno e médio portes que, segundo dados do SEBRAE (op. cit.), utilizam processos produtivos tradicionais.

Ainda segundo a ANICER (op. cit.), na região Sudeste estão instaladas cerca

de 2.000 olarias e 1.600 cerâmicas. As cerâmicas produzem uma média de 500.000 peças por mês, com 40 funcionários cada, e as unidades oleiras 75.000 peças por mês, com 8 funcionários cada. Juntas consomem mensalmente em média 3.000.000 de toneladas de argila

As argilas empregadas em cerâmica vermelha, como recurso mineral apresentam alto valor locacional, ou seja, devem necessariamente estar situadas nas proximidades das cerâmicas. Desta forma, as distribuições das unidades produtoras são controladas pelas ocorrências dos depósitos de argila. A localização dos principais pólos cerâmicos nos estados do Sul e Sudeste é apresentada na na Figura 2.8.



**Figura 2.8 – Principais pólos de cerâmica vermelha nas Regiões Sul e Sudeste. Fonte: Motta et. al. (2001).**

O setor movimentava ao redor de 60.000.000 de toneladas de matérias-primas ao ano. A distância máxima para o envio de produtos é de 250 km, a partir do qual o custo com transporte encarece em demasia o produto (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000). Para telhas, que apresenta um preço mais elevado, este alcance é maior, podendo chegar a 500 km. Esta dependência locacional pode ser visualizada na Figura 2.9, que mostra a distribuição das regiões fornecedoras de matéria prima para cerâmica vermelha no Brasil.

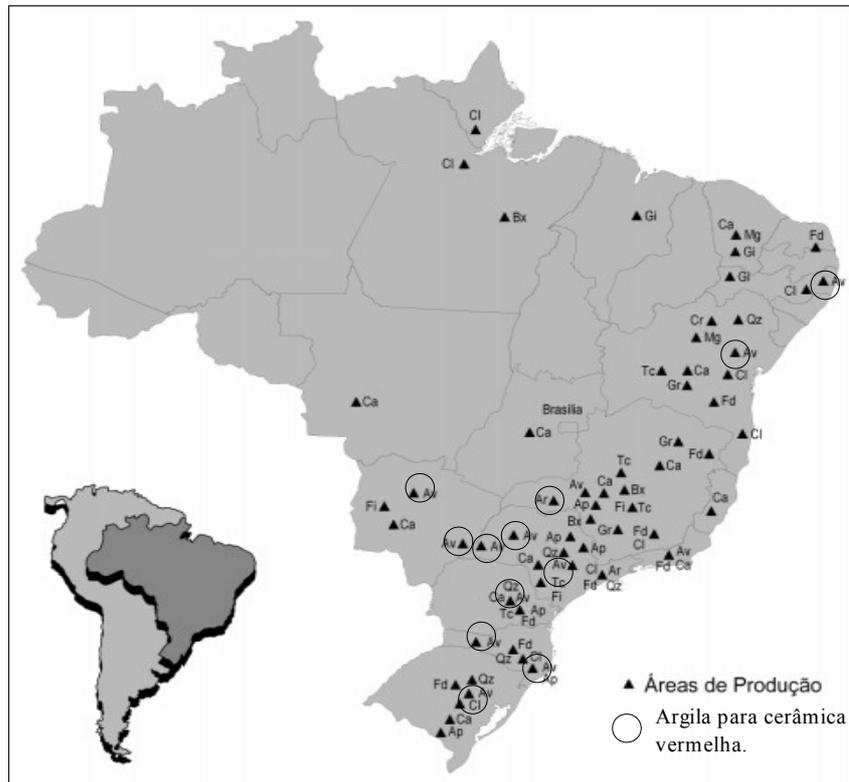


Figura 2.9 – Regiões produtoras de materiais industriais cerâmicos. Modificado de SEBRAE (2008).

Na Tabela 2.3 são apresentados dados sobre os principais pólos cerâmicos paulistas, apresentando suas respectivas distâncias em relação à cidade de São Paulo, segundo Mello (2006).

Tabela 2.3 - Principais pólos de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo (Modificado de Mello, 2006).

Pólo Cerâmico	Nº de Empresas	Produção mensal (milhares de peças)		Distância de SP (km)
		Blocos	Telhas	
Avanhandava	17	3.000	2.000	550
Barra Bonita	43	40.000	5.000	280
Tatuí - Sorocaba	66	64.000	13.000	160
Ourinhos	25	1.470	5.280	360
Panorama	84	35000	1.500	680
Presidente Epitácio	7	2.820	750	670
Porto ferreira	14	6.000	2.00	260
Tambaú	100	5.000	12.000	300
Vargem grande do Sul	35	15000	50	240
Teodoro Sampaio	9	2.000	50	750
Itu - Campinas	110	70.000	15.000	120
<b>Total</b>	<b>510</b>	<b>24.4290</b>	<b>91.187</b>	-

Para estimar o consumo de cerâmica vermelha, foram utilizados dados da ABC (2008), que considera o conceito de consumo aparente: equivalente à somatória do volume de produção e das importações, subtraído o volume de exportações. Considerando a distância máxima de 250 km para comercialização dos produtos, pode-se desconsiderar a parcela de exportação, e admitir que a produção e o consumo são praticamente coincidentes. Segundo os últimos dados disponíveis, a produção foi de 63,6 bilhões de peças entre tijolos e telhas em 2005, distribuídas da seguinte forma: Norte = 5%; Nordeste = 22%, Centro-Oeste = 7%, Sudeste, 42% e Sul = 24%.

Em decorrência das informações apresentadas, para um consumo “per capita” nacional de 345 peças/habitante tem-se uma variação de consumo regional entre 218 peças/habitante no Norte a 564 peças/habitante no Sul (SEBRAE, 2008).

Considerando uma população de aproximadamente 1.200.000 habitantes para o município de Guarulhos, e projetando-se os dados de 2005 para o consumo de produtos de cerâmica vermelha, pode-se esperar um consumo de aproximadamente 680.000.000 peças por ano. Provavelmente este número hoje é bem menor, uma vez que não há cerâmicas próximas, prevalecendo o uso do bloco de concreto. Porém com a disponibilidade deste material, e conseqüente baixa dos preços, a tendência é de aumento no uso.

Os preços de venda dos blocos cerâmicos praticados no mercado, comparados com blocos de concreto e tijolos são apresentados na Tabela 2.4. A fonte foi obtida de SEBRAE (op. cit.) e atualizada.

**Tabela 2.4 – Preços de tijolos e blocos. Fonte: Tijomax Tijolos (2009).**

<b>Produto</b>	<b>Medidas (cm)</b>	<b>Preço do milheiro</b>
Tijolo comum	4,5x9,5x20,5	R\$ 135,00
<b>Bloco cerâmico de vedação</b>	9x19x39	R\$ 760,00
	11,5x19x39	R\$ 880,00
<b>Bloco cerâmico estrutural</b>	14x19x39	R\$ 990,00
Bloco de concreto de vedação (2,5 MPa)	9x19x39	R\$ 930,00
	11,5x19x39	R\$ 1.170,00
Bloco de concreto estrutural	(4,5 MPa)	R\$ 1.400,00
	(10 MPa)	R\$ 3.100,00

Em relação às telhas cerâmicas, são apresentados na Tabela 2.5 exemplos de preços praticados no mercado.

**Tabela 2.5 – Preços de alguns tipos de telhas cerâmicas. Fonte: SEBRAE (2008).**

Tipo de telha	Preço por milheiro - R\$		
	Menor	Médio	Maior
Colonial	520,00	793,00	1060,00
Francesa	800,00	1052,00	1240,00
Paulista	510,00	755,40	931,00

Observa-se que os blocos cerâmicos de vedação e estruturais apresentam menor custo em relação aos blocos de concreto com a mesma função. A disponibilidade destes materiais próximo ao seu maior mercado consumidor pode promover uma diminuição nestes custos, o que tornaria o seu uso bastante atraente.