

ANÁLISE DE PROCESSOS PRODUTIVOS EM CERÂMICA VERMELHA – ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE BRASIL E ALEMANHA.

Sergio F. TAVARES¹, Friederich W. GRIMME²

¹CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Av. Maracanã 229. CEP 20271-110, Rio de Janeiro, Brasil. Tel.: +55 21 569-3022, Rm 179. Telefax: +55 21 569-4495 E-mail: sergioft@bol.com.br,

²ITT – Institut für Tropentechnologie – FH Köln

Fachhochschule Köln, Betzdorfer Strasse 2 – 50679 Köln, Deutschland. Tel.: +49 221 8275-2148, FAX +49 221 8275-2774. E-mail: : Friedrich.Grimme@fh-koeln.de

RESUMO:

A indústria da cerâmica vermelha é das mais tradicionais entre as dos materiais de construção. Apesar disto os produtos cerâmicos vermelhos brasileiros têm os seus processos produtivos pouco eficientes, com baixo valor agregado e custos energéticos e ambientais elevados.

Este trabalho faz uma comparação entre indústrias cerâmicas alemãs e brasileiras, propondo alternativas para, a partir de ajustes no processo produtivo, melhorar a qualidade e confiabilidade dos produtos cerâmicos brasileiros, além de reduzir seus custos energético e ambiental.

Para tal é proposto o desenvolvimento da cerâmica estrutural de alta porosidade que, considerando o aproveitamento do uso de materiais orgânicos na mistura de argilas, como no padrão alemão, visa a redução do tempo de queima, melhoria das condições de extrusão e secagem e a redução da densidade final do bloco. Este produto teria condições de desempenhar as funções de vedação, estrutura e isolamento térmico.

A retomada do uso da cerâmica como elemento estrutural no Brasil, o que requer condições de produção muito bem controladas, reforça a necessidade deste estudo. São também avaliados os pontos de dificuldade de adaptação das indústrias cerâmicas brasileiras às tecnologias européias visando uma atividade mais integrada ecologicamente, além da ênfase na mudança da matriz energética para o gás.

PALAVRAS CHAVES: ANÁLISE DE PROCESSOS, CERÂMICA VERMELHA, MEIO-AMBIENTE

INTRODUÇÃO:

As cerâmicas são dos materiais de construção mais antigos que se têm notícia. Estima-se que há 10.000 anos atrás já se utilizavam os adobes, tijolos secos ao sol, para a construção de edificações.

Apesar de tradicional a alvenaria estrutural tem sido restringida em função do desenvolvimento das estruturas metálicas e de concreto armado a partir do século XIX. Na década de 50 houve na Europa uma retomada do uso da alvenaria estrutural em blocos cerâmico em função da necessidade de melhoria da eficiência energética das edificações. Desde então há uma preocupação constante com a redução dos índices de consumo energético nos processos de fabricação dos materiais de construção e no seu uso nas edificações (WAGNER, 1998).

A tecnologia Poroton desenvolvida na Alemanha preconiza o uso de materiais orgânicos na mistura das argilas de forma a reduzir o tempo de queima em alta temperatura e gerar um nível de porosidade

que, alterando a menor sua densidade, diminua conseqüentemente sua condutividade térmica. Desta forma obtêm-se um produto que visa economia de energia na fabricação e no uso.

O trabalho visa tecer uma análise comparativa dos processos produtivos de cerâmica vermelha no Brasil e na Alemanha. A partir de comentários dos pontos críticos do processo propõem-se alternativas que visam à melhoria da produtividade e qualidade dos processos brasileiros bem como a redução do consumo energético do processo, em curto prazo, e redução no consumo energético das edificações feitas com estes produtos, a médio e longo prazo.

Indústria da cerâmica vermelha no Brasil:

O desenvolvimento tecnológico na indústria da cerâmica vermelha do Brasil, em comparação com a da Europa, é muito restrito. A produtividade brasileira situa-se 13.000 peças (bloco vazado de 8 furos 9x19x19) por funcionário, quando a europeia chega em média a 200.000 (SEBRAE, 1997), defasagem que se deve, pelo lado europeu, a fatores como: pesquisas em inovações tecnológicas e processos correlatos, modernização de instrumental e equipamentos, qualificação da mão de obra e incentivo governamental para o uso da cerâmica térmica-estrutural.

Já no Brasil, estudos realizados por ZANDONADI (1996), SEBRAE (1997) e CEFET/RJ (2000), identificam problemas como: baixa qualidade dos processos e conseqüente baixo custo do produto final, má qualificação e remuneração de mão-de-obra, falta de profissionalização dos empresários e até a pressão exercida por outros setores para a manutenção do padrão estrutural em concreto armado.

Entretanto este setor industrial gera uma quantidade de empregos e recursos consideráveis. O faturamento atinge em todo Brasil cerca de R\$ 2.300.000.000,00 para 300.000 empregos diretos (SEBRAE, 1997). Vale ressaltar que boa parte destas indústrias funciona informalmente; assim estes dados podem atingir cifras até 50% maiores segundo estimativa do IBGE.

Definição:

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC) material cerâmico ou cerâmica é todo material ou produto químico inorgânico de uso em engenharia, excetuando-se os metais e suas ligas, que são produzidos geralmente por tratamento em temperaturas elevadas (TOLMASQUIM, 2000).

A cerâmica vermelha ou estrutural é um produto cerâmico fabricado pelo processo de extrusão e prensagem, utilizando-se geralmente matérias primas compostas de 25 a 70% de argilas e teor variável de 3,5 a 8% de óxido de ferro, elemento que lhe confere a sua coloração comum após a queima (SEBRAE, 1997).

Caracterização do setor cerâmico:

A ABC divide os materiais cerâmicos em dois grandes grupos:

Cerâmicas de alta tecnologia: classificadas em função de suas propriedades específicas (elétricas, magnéticas, térmicas, óticas, químicas, biológicas, nucleares) e processos produtivos altamente controlados, feitos a partir de materiais primas majoritariamente sintéticas e ultrafinas (<10 µm).

Cerâmicas tradicionais: utilizam matérias primas naturais processadas por métodos convencionais (prensagem, colagem, extrusão e torneamento). Estas são divididas nos seguintes setores: Cerâmica Estrutural ou Cerâmica Vermelha, Cerâmica de Revestimento, Cerâmica Branca, Cerâmica Refratária, Cimento e Vidros.

Os dois últimos, apesar de se enquadrarem tecnicamente na definição de materiais cerâmicos, têm características muito peculiares e compõem grupos empresariais e industriais distintos das demais cerâmicas (TOLMASQUIM, 2000).

ANÁLISE DOS PRODUTOS E PROCESSOS

Matérias primas básicas para cerâmicas vermelhas:

As argilas compõem a maior parte dos materiais cerâmicos vermelhos pela sua capacidade de reterem água e moldarem-se por meio de pequenos esforços. Esta propriedade plástica se dá pelo fato destas

serem formadas basicamente por compostos lamelares de baixa granulometria. Estes compostos dão as características de moldagem à argila quando umedecida.

As argilas que permitem maior adsorção de água tem compostos de espaços intralamelares maiores, como as montmorilonitas. Estas são conhecidas como plásticas ou gordas. Já os compostos mais regulares de espaços intralamelares mais fechados, como a caulinita, formam as argilas de menor adsorção de água, pouco plásticas ou também chamadas de magras. Existem também os compostos mistos de desenho atômico variável, como a clorita, que poderão ter mais ou menos plasticidade em função dos outros elementos que sempre estão presentes, normalmente em forma de óxidos, nas matrizes argilosas como o alumínio, ferro e magnésio, entre outros (FACINCANII, 1986).

As argilas podem ser caracterizadas por análises químicas, termodiferenciais, termogravimétrica e difração de raio X. No caso específico da cerâmica vermelha os compostos e substâncias citadas no parágrafo anterior devem ser determinados por estas análises. O índice de plasticidade também pode ser obtido pelos ensaios recomendados pela NBR 7180 (ABNT, 1984).

Um ensaio básico para caracterizar a granulometria é descrito na norma NBR 7181 (ABNT, 1984). Se este for composto de 60% de partículas na fração argila, 20% na fração silte e 20% na fração areia, terá alta plasticidade e boa resistência à flexão após secagem. Porém a massa básica para cerâmicas vermelhas não pode ser composta apenas de materiais de alta plasticidade, devendo haver, portanto, uma regulação na mistura entre os tipos de materiais argilosos, que variará em função das substâncias que compõe as argilas.

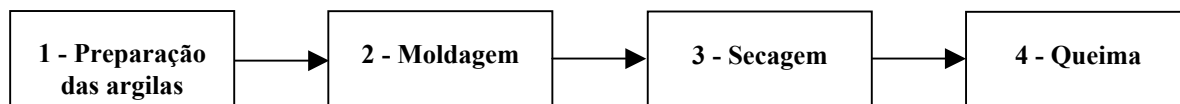
A caracterização das argilas é de vital importância para definição das etapas de produção. Embora este não seja o único problema da indústria da cerâmica vermelha é dos mais significativos. Além do fato inexorável de ser a primeira das etapas do processo de fabricação, seus efeitos se traduzirão posteriormente em outros problemas como, por exemplo, a baixa produtividade em função das perdas por trincas e rachaduras após a queima.

Descrição básica do processo de fabricação de cerâmica vermelha:

Inicialmente secos ao sol os objetos de argila tinham uma resistência e conseqüente durabilidade limitadas. Percebeu-se que para melhorar suas características era necessário que estes fossem cozidos a temperaturas mais elevadas.

O fenômeno básico que altera a estrutura cristalográfica das argilas expostas a altas temperaturas é a sinterização. Característico justamente dos compostos de baixa granulometria este fenômeno requer, porém, para resultados satisfatórios, condições específicas de preparação. Grãos muito grandes e mal processados não conseguem ser sinterizados. Outro fator fundamental é a temperatura de queima. Além de ter que atingir o patamar de 900 a 950°, para a maior parte dos casos, esta também deve ser distribuída de forma homogênea no interior do forno para realizar a sinterização regularmente em todas as peças.

As etapas básicas do processo são expostas no fluxograma abaixo



Fontes: LOSANO (2000); OLIVEIRA (2000) e SANTOS (2000).

1 - Inicialmente as argilas são retiradas das lavras e levadas para as indústrias aonde serão submetidas a um sazonalamento feito geralmente a céu aberto. Os blocos são destorreados e laminados até a granulometria adequada.

2 - As argilas são hidratadas para atingirem plasticidade suficiente para a moldagem que é feita na maioria dos casos em uma extrusora que dá o formato da seção reta, no caso dos blocos, ou gera os toletes para a prensagem, no caso das telhas. O corte vai definir o tamanho final da peça a ser produzida.

3 - Depois de obterem a forma desejada as peças passam por uma etapa de secagem. Os processos mais efetivos realizam a secagem em fornos específicos, mas a secagem ao ar livre ainda é comum em algumas regiões.

4 - Nesta etapa as peças secas são levadas a temperaturas de 900 a 950°, quando ocorre o fenômeno da sinterização que dá as características de resistência ao material cerâmico.

Produtos cerâmicos brasileiros e alemães:

De um modo geral os blocos cerâmicos brasileiros são feitos da mistura de argilas com água, havendo alguns procedimentos isolados de misturas de materiais para melhoria de algumas propriedades e ganho de eficiência energética nos fornos.

Misturam-se argilas magras, menos plásticas, com argilas gordas, mais plásticas, de forma empírica, fazendo-se poucas análises físico-químicas destas. Os controles de umidade da massa também variam e são feitos de maneira precária justamente pela falta de conhecimento das características das argilas. Normalmente as medições são feitas após a extrusão quando se detectam dificuldades na saída da boquilha. Nestas situações observam-se índices de 20 a 25% de umidade da massa.

Outro controle pouco observado é o de granulometria dos materiais processados, que é geralmente elevado. A maior parte dos processos trabalha entre 1,5 e até 3 mm. Uma granulometria muito elevada prejudica as misturas e ocasiona gastos elevados de energia na extrusora, além de reduzir a resistência do produto final.

Assim, a maior parte dos produtos brasileiros tem um nível de regularidade muito baixo, com variações de índices físicos e químicos, em função justamente do pouco controle que se faz das matérias primas e etapas do processo.

Os blocos cerâmicos alemães diferem dos brasileiros a princípio pelo seu uso. Enquanto os blocos brasileiros servem em sua grande maioria para vedação de estruturas feitas em concreto armado, os alemães são autoportantes e isolantes térmicos.

A junção das características de estrutura e isolamento térmico se dá em função efetivamente da questão de eficiência energética da edificação. O uso da alvenaria estrutural em blocos cerâmicos reduz de forma considerável o uso de concreto e cimento, e conseqüentemente a transmitância térmica das paredes. Esta também é limitada pela geometria do bloco que tem um número grande de divisões internas e conseqüentes câmaras de ar.

Outra diferença fundamental está certamente na composição de matérias que forma a mistura básica a ser queimada. O acréscimo de materiais orgânicos à massa básica de argilas aqui constituídas por dois tipos, uma mais magra de altos teores de óxido de Alumínio e uma betuminosa, altamente plástica.

Os materiais orgânicos são de duas naturezas: um muito fino, menor que 0,5 mm, normalmente serragem e pasta de celulose; e outro de maiores dimensões como bolinhas de isopor ou mesmo serragem de dimensões em torno de 2 mm. A mistura destes materiais ocasionará em um primeiro momento uma homogeneização regular, o que advém também de uma laminação à uma granulometria adequada, menor que 0,5 mm, e um tempo de maturação da massa já misturada, de pelo menos 36 horas.

Posteriormente durante a moldagem haverá menor resistência na saída da extrusora e ganho também do tempo de secagem. Mas é na queima que se dá o maior ganho energético do processo. A temperaturas de 250 a 300° C, os materiais orgânicos entram em combustão gerando uma troca de calor endotérmica, o que reduz a permanência no forno em alta temperatura (WIENERBERGER, 1994).

Tabela 1: Dados comparativos dos produtos Brasileiros e Alemães

Produto alemão	Índice ou Característica	Produto Brasileiro
0,25 a 0,13 W/m.K	Condutividade Térmica	0,65 A 1,0 W/m.K
650 a 900 Kg/m ³	Densidade	1000 a 2000 Kg/m ³
2 a 4 h	Tempo de Secagem	18 a 24 h (em forno)
16 a 18 h	Tempo de Queima	24 a 35 h
0,5 mm	Granulometria na Laminação	3 mm
1,5 a 2 %	Índice de umidade após a secagem	4 a 6 %

Fontes: Produto Alemão: WIENERBERGER, 2001 e WAGNER, 1998. Produto Brasileiro: SEBRAE/RJ, 1997; LAMBERTS, 1997 e ZANDONADI, 1996.

Assim, em função das características dos materiais empregados e dos controles rigorosos das etapas do processo, o bloco alemão terá um índice de porosidade elevado, o que diminuirá sua densidade e, conseqüentemente sua condutividade térmica, sem, entretanto perder a resistência necessária para o uso estrutural.

Descrição do processo alemão:

Todas as referências desta etapa são da “WIENERBERGER Ziegel Industrie” em Büldern, na Alemanha (WIENERBERGER, 1994). (v. fluxograma seguinte).

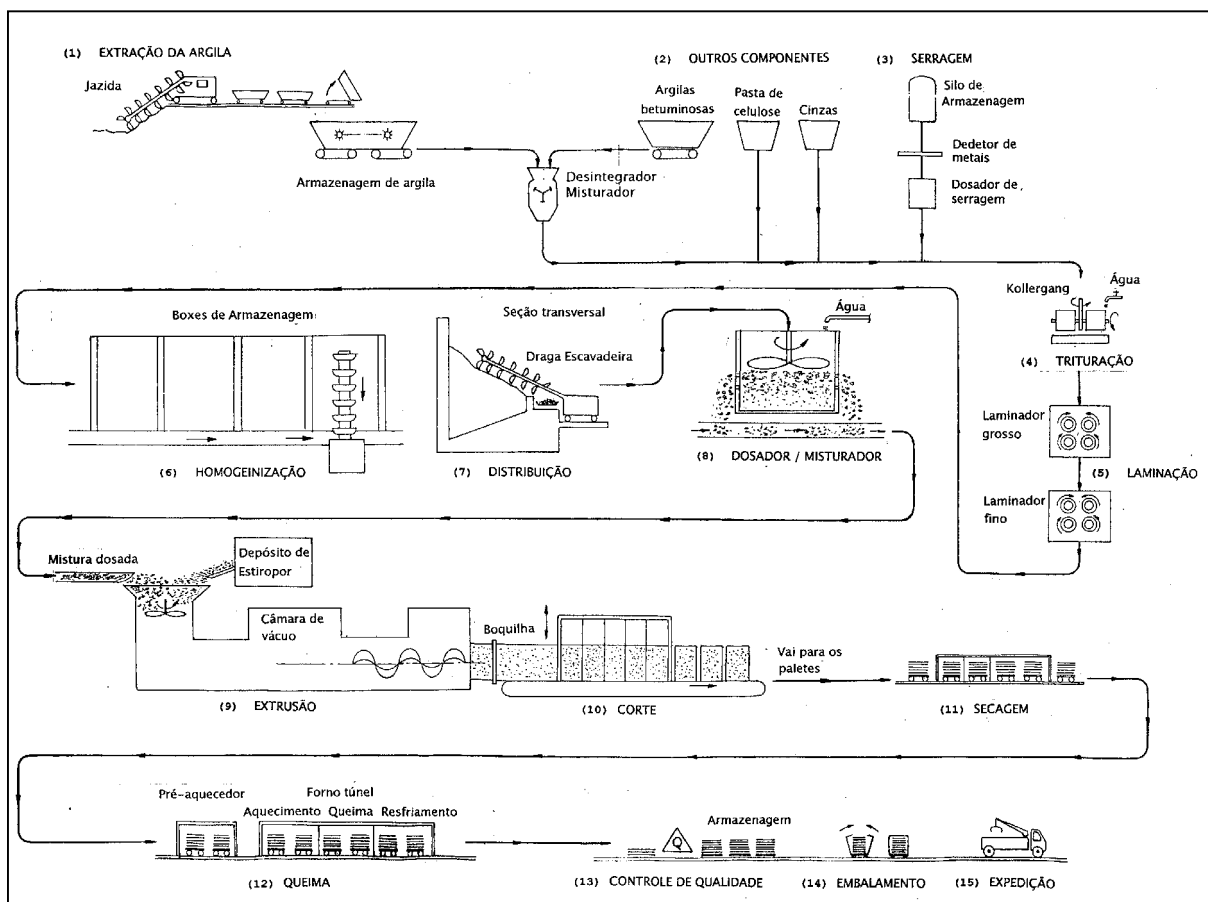


Figura 1: Fluxograma do processo alemão

(1) Extração da argila – O processo tem início com a extração na lavra feita por uma empresa especializada em processamento de argilas, que fornece o material testado e analisado.

(2) Outros componentes – As argilas e os outros componentes (serragem, cinzas, argila betuminosa, estropor) são classificados e alocados nos recipientes específicos. No caso das argilas em caixões e os demais materiais em silos separados.

As etapas de beneficiamento começam com as argilas tratadas no desintegrador misturador aonde são quebrados os torrões maiores e se dá a primeira mistura. Posteriormente pela própria correia transportadora são adicionados os materiais orgânicos como pasta de celulose, cinzas de chaminé e serragem.

(3) A serragem – A serragem tem um tratamento específico sendo passada por um detetor de metais e posteriormente uma peneira para garantir a retirada de impurezas e garantir a granulometria em volta de 0,5 mm. Esta ainda poderá ser acrescentada em uma etapa posterior do processo antes da mistura final.

(4) Trituração - Todos os materiais citados serão triturados em um equipamento chamado em alemão de Kollergang que reduz e tritura todos os materiais com um acréscimo de hidratação.

(5) Laminação - Posteriormente os materiais vão para um conjunto de laminadores aonde são laminados em duas etapas. Um laminador grosso reduz as partículas da mistura até 2,0 mm e um mais fino até 0,6 mm. As etapas de trituração e laminação, além de terem controle quanto à detecção de metais, também são monitoradas quanto a geração de gases oriundos da mistura com materiais orgânicos que são absorvidos e recolhidos a um biodigestor para geração de calor.

(6) Homogeneização - Etapa importante do processo que é feita em boxes aonde a massa é maturada por pelo menos 36 horas.

(7) Distribuição - Após este período a massa maturada é retirada dos boxes por escavadeiras mecânicas que trazem o material para uma esteira transportadora aonde este será levado para a etapa de mistura e hidratação.

(8) Dosador/misturador - Aqui recebendo uma hidratação controlada a massa será misturada e dosada em balanças para ser enviada a extrusora.

(9) Extrusão - Na entrada da extrusora, antes da câmara de vácuo, é adicionado o material orgânico de alta granulometria. No caso desta fábrica é utilizado extiropor em bolinhas de aproximadamente 2 a 3 mm de diâmetro. A extrusora possui dupla hélice e dupla boquilha o que facilita a manutenção e troca da mesma em função de produtos diferenciados.

(10) Corte - O procedimento de corte é totalmente sincronizado com a extrusão não havendo perdas por corte fora de medidas. Após o corte as peças são colocadas em paletes específicos para irem para secagem. O posicionamento dos blocos nos paletes é função do tamanho do bloco e constituição das argilas, a fim de possibilitar a circulação de ar adequada a secagem.

(11) Secagem - O secador é dividido em três áreas de controle da temperatura em função das dimensões e tipos de argilas dos blocos. Associados a controles de umidade e circulação com volume adequado do ar, os prazos podem ser reduzidos para até 2 h. Os estágios de temperatura para secagem são definidos através de curvas de comportamento das argilas de forma a se evitem a formação de trincas e outras deformidades. Ao final os blocos são realocados e transferidos para outros paletes específicos para a queima, pois já não precisam de tanto espaço entre si.

(12) Queima - Esta etapa da têm início com um pré-aquecimento, em uma faixa de 120 a 220o C, em um forno separado de forma a garantir o nível de umidade necessário e conseguir desta forma reduzir o tempo de aquecimento até às temperaturas de sinterização. Posteriormente os blocos passam para o forno túnel aonde ingressam em uma câmara que variará na faixa de 220 a 800o C durante aproximadamente 7,5 h, período no qual acontecerá a combustão dos materiais orgânicos. Por conta deste fenômeno há um grande cuidado na elevação gradual da temperatura e na extinção dos gases gerados. Posteriormente entra-se na faixa de queima plena aonde se trabalha entre 850 e 950o C durante aproximadamente 1,5 h. Depois ainda no forno inicia-se o processo de resfriamento para temperaturas ambientes durante aproximadamente 6 h. Nesta etapa é retirado o ar quente residual do processo para aproveitamento no pré-aquecimento e na secagem. O tempo de duração das etapas citadas varia em função da densidade do material utilizado.

(13) Controle de qualidade - Após o resfriamento são retirados alguns blocos para a aferição do controle de qualidade. Todo material é colocado em paletes de madeira.

(14) Embalamento - Os blocos são embalados em plástico resistente para garantir a integridade do produto.

(15) Expedição - Os produtos embalados são estocados no pátio da fábrica e distribuídos aos clientes em caminhões com suportes específicos para os paletes.

Descrição do processo brasileiro:

A descrição abaixo segue um padrão básico das indústrias Argibem, Pessanha, e Tijolar, situadas no Estado do Rio de Janeiro. É referente também o estudo do SEBRAE, 1997. (v. fluxograma anterior).

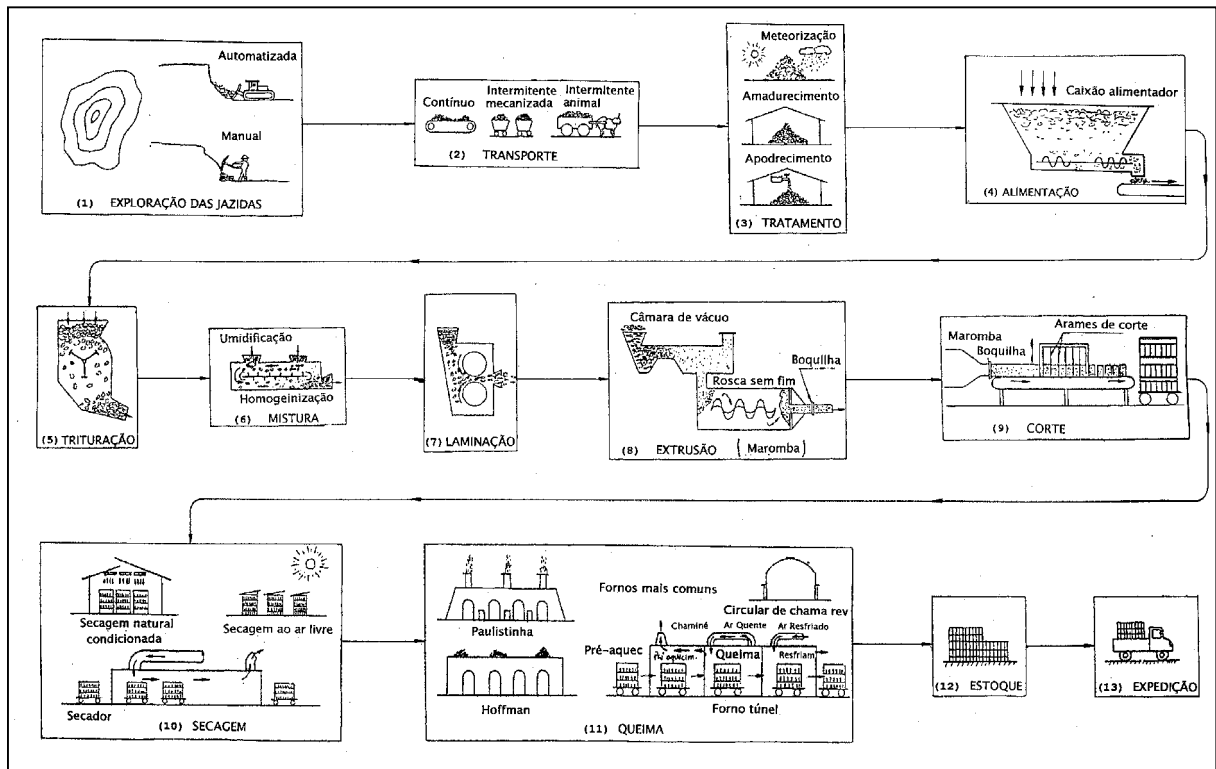


Fig. 2: Fluxograma do processo brasileiro

(1) Exploração das Jazidas - Mecânica ou manualmente a argila é retirada da lavra.

(2) Transporte - A argila é transportada para a Indústria cerâmica mecanicamente ou até por tração animal.

(3) Tratamento - Eliminação de impurezas que possam prejudicar o material. Os processos mais utilizados são: Meteorização (aonde a exposição a agentes atmosféricos elimina os sais solúveis e os luvões), Amadurecimento (quando a argila é aclimatizada em lugares fechados para processar naturalmente sais e bactérias prejudiciais ao processo) e Apropdecimento (que é o acondicionamento em ambientes abrigados e frios, sem circulação de ar com pouca luz e umidade constante uniformizando a umidade e reduzindo a ação dos sais indesejáveis).

(4) Alimentação - As argilas são acondicionadas no caixão distribuidor aonde sofre uma mistura inicial e é dosada nas esteiras transportadoras

(5) Trituração - Tritura os torrões e elimina os pedregulhos.

(6) Mistura - À matéria prima desintegrada é adicionada água para se obter a plasticidade necessária à extrusão.

(7) Laminação - A massa é adensada e são eliminadas bolhas de ar.

(8) Extrusão - Também conhecida como maromba. A massa é forçada a passar por uma chapa perfurada, para uma câmara de vácuo. Daí é forçada novamente por um fuso em uma matriz de aço (boquilha) onde a massa recebe a seção da forma desejada.

(9) Corte - A barra contínua de material extrudado é cortada manual ou automaticamente em dimensões padronizadas para cada tipo de produto: no caso de telhas segue-se a etapa de prensagem.

(10) Secagem - Reduzir o teor de umidade após a extrusão de 20 a 25% para 6 a 8%, pois a massa de argilas não pode ir muito úmida para o forno de queima. As técnicas mais comuns são:

Secagem ao ar livre, não garante um teor de umidade regular, mas tem um custo operacional reduzido. Pode levar de 2 a 5 dias dependendo do clima da região.

Secagem em fornos é mais efetiva e controlável, porém tem um custo maior. Neste processo leva-se de 12 a 18 h dependendo do forno.

(11) Queima - Dá aos produtos cerâmicos suas características finais típicas. As argilas são sinterizadas a partir da temperatura de 800 a 900°C. Esta etapa se divide em três sub-etapas : pré-aquecimento, a queima propriamente dita e resfriamento. Esta etapa como um todo leva em torno de 24h.

(12) Estoque - As peças são armazenadas em áreas para serem enviadas para os consumidores.

(13) Expedição - Distribui-se normalmente por via terrestre em caminhões e quantidades superiores a 10t.

ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS DO PROCESSO:

Na tabela abaixo estão descritos e comentados os pontos mais relevantes dos processos típicos de fabricação de cerâmica vermelha no Brasil em contraponto aos processos alemães.

Tabela 2: Pontos críticos do processo

PONTO DO PROCESSO	BRASIL 	ALEMANHA 	COMENTÁRIO
Uso da lavra	Regulamentação do DNPM desrespeitada	Legislação incentiva a recuperação da área explorada	O rigor no cumprimento da legislação existente e programas de recuperação ambiental podem incentivar e desenvolver outras atividades econômicas.
Caracterização e Análise das argilas	Praticamente não é realizada	Produtos certificados	Atividade de vital importância para a melhora dos processos e produtos cerâmicos vermelhos. A experiência consolidada com as empresas de cerâmicas de revestimento pode ser adaptada ao setor de cerâmica estrutural.
Transporte e estocagem de matérias primas	Sem planejamento	Planejamento anual	O planejamento de transporte e estocagem de matérias primas, de preferência anual, dá condições de melhor tratamento das argilas e organiza a produção da empresa.
Preparação inicial da massa	Sem processo de maturação. Misturas empíricas para blocos e algum cuidado para telhas	Misturas definidas em função da matéria prima e produto final. Maturação após a mistura.	A mistura específica para cada tipo de produto é fundamental para manter a qualidade e determinar os ciclos de secagem e queima. A maturação após as misturas das argilas homogeneiza a massa e dá melhores condições de extrusão. Para a mistura com materiais orgânicos esta deve ser realizada junto com a das argilas.
Mistura e laminação	Sem controle de granulometria e hidratação	Dois grupos de laminadores, controle de hidratação e dosagem da massa	A granulometria e hidratação da massa devem ser controladas a partir do preparo inicial e apuradas nesta etapa. A dosagem para a extrusão é definida após a hidratação final. Para o produto de alta porosidade o material orgânico grosso deve ser misturado à entrada da extrusora.
Extrusão	Marombas de boa qualidade desgastadas precocemente. Problemas com manutenção de boquilhas	Baixo consumo de energia na Maromba. Boquilhas duplas facilitando a manutenção	A plasticidade adequada da massa facilita a extrusão. Recursos como injeção de vapor devem ser realizados com cuidado afim de não alterar a hidratação adequada. A massa bem dosada aumenta a vida útil das boquilhas e fusos e reduz o consumo de energia da extrusora.

Corte	Desperdício por corte desregulado. Demora na troca de cordões	Regulagem sincronizada por computador. Dois dispositivos de corte	Regulagem sincronizada e entrada dos fios inclinados melhoram o rendimento das operações de corte além de reduzir as paradas para manutenção.
Secagem	Arrumação manual nos paletes. Secagem ao tempo. Arranjos ineficientes nos secadores (ciclos de até 16h)	Paletização automática. Secadores programados pelas curvas de Bigot. Ciclo de secagem (até 2 horas)	O transporte manual do bloco verde provoca deformações. Os paletes devem ser arrumados de acordo com o ciclo de secagem do produto. Todas as misturas devem ter suas curvas de Bigot definidas para otimização dos ciclos. O fluxo de ar úmido e sua saída do secador devem ser bem definidos. A divisão do secador em setores de diferentes temperaturas também otimiza o fluxo.
Queima	Combustíveis de alto impacto ambiental. Demora da passagem do secador para o forno. Ciclos de queima mal concebidos. Fornos ineficientes.	Uso do gás natural. Forno de pré-aquecimento. Ciclos de queima específicos para cada produto. Fornos túnel e de rolos.	O uso da lenha e do óleo BPF, além de ineficientes, tem alto impacto ambiental. A lenha pela sua variação de volume e densidade não mantém a temperatura constante para a sinterização. O tempo de passagem do secador para o forno deve ser o mínimo possível para evitar reabsorção de umidade do ar. Os ciclos de queima devem ser definidos para cada tipo de produto e massa. Os fornos de túnel e rolos além de terem maior produtividade tem um consumo energético menor, principalmente se usarem gás natural como combustível.
Embalagem e estocagem	Material acondicionado diretamente nos caminhões. Estocagem ao ar livre.	Embalamento de material paletizado. Estoques mínimos.	Os blocos devem ser paletizados e embalados, com plásticos ou fitas, para serem distribuídos com mais segurança e rapidez, atendendo a demandas variadas. Os estoques devem ser os mínimos e feitos em áreas abrigadas principalmente após a saída do forno
Uso na obra	Dificuldade de manuseio. Perdas elevadas. Alto gasto de argamassa.	Transporte e manuseio facilitados. Argamassa colante apenas na junta horizontal	O material embalado circula mais agilmente no canteiro de obras. Blocos com detalhes de encaixe e acabamento regular reduzem o uso de argamassa. Em função do tamanho podem até dispensa-las na junta vertical e reduzi-las a uma argamassa colante na horizontal

CONCLUSÕES:

Ainda que as diferenças tecnológicas e culturais de Brasil e Alemanha sejam grandes, a adaptação da tecnologia Poroton, mesmo que parcial, se mostra viável e interessante a partir das considerações a seguir:

O padrão de qualidade da cerâmica alemã se deve em grande parte ao rigoroso controle das etapas do processo de fabricação o que pode ser efetivado no Brasil, notadamente o que não depender de automação de alto-nível.

O ritmo da adaptação pode variar em função de cada indústria cerâmica e dos resultados obtidos. Pequenos ajustes imediatos como: qualificação e uso programado das argilas, controle de umidade e granulometria já trariam ganhos imediatos de qualidade nos processos.

A mistura de materiais orgânicos nas massas visando o produto de alta porosidade economizaria energia no processo de fabricação e no uso do material e promoveria uma reorganização em um processo produtivo que não absorveu mudanças significativas nos últimos anos.

A possibilidade de aproveitamento de resíduos de outros processos, como pasta de celulose e casca de arroz entre outros, amplia a influência econômica da proposta.

Mudanças na matriz energética ampliando o uso de gás natural teriam impactos ambientais e econômicos significativos, substituindo a queima de madeiras e preservando áreas de cobertura vegetal nativa.

O incremento da alvenaria estrutural com um material cerâmico mais leve e de melhor qualidade tenderia a baixar o custo e os prazos das edificações, e ampliar a oferta de empregos no setor industrial de blocos e na própria construção civil.

Outras considerações poderiam ser feitas no sentido de facilitar a adoção desta tecnologia como incentivos fiscais e financeiros advindo de fundos para preservação do meio-ambiente e combate ao desperdício de energia, como foi feito na Alemanha. O desenvolvimento de um material de baixo custo energético estimula outros setores a perseguir metas de redução de consumo em seus processos produtivos, outra consequência notada na Alemanha.

Coloca-se desta forma um cenário favorável a implantação desta tecnologia no Brasil visto que os insumos necessários para resultados satisfatórios não são muitos e as perspectivas de cunho econômico e social bastante promissoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite da plasticidade.** Rio de Janeiro. 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro. 1984.

ABC - Associação Brasileira de Cerâmica. **Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica.** CD ROM. São Paulo. 2000. Produzido pela MICROSERVICE Tecnologia Digital S.A.

ABC - Associação Brasileira de Cerâmica. **Anuário Brasileiro de Cerâmica 1996.** São Paulo.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA VERMELHA. Criciúma, SC: Pólo Produções, p. 19-23, 2000.

CEFET/RJ. **Uma Abordagem Interdisciplinar na Área de Inovação Tecnológica: Estudo da Indústria da Cerâmica Vermelha.** Relatório de atividades do projeto. Rio de Janeiro. 2000

FACINCANII E. **Tecnologia Ceramica: I Laterizi.** Editora Faenza Editrice S. p. A. Itália. 1986.

LAMBERTS, R. et alli. **Eficiência energética na Arquitetura.** PROCEL/UFSC. São Paulo, PW Editores. 1997

SEBRAE/RJ – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À PEQUENA E MÉDIA EMPRESA. **Setor de Cerâmica Vermelha - Projeto: "Conservação de Energia nas Pequenas e Médias Indústrias do Estado do Rio de Janeiro".** Relatório Final. Conservação de Energia: Estudos Setoriais. Aspectos Econômicos e Tecnológicos. Rio de Janeiro. 1997.

TOLMASQUIM, M.T. (Coord.) **A matriz energética brasileira na virada do milênio.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ENERGE, 2000. ISBN 85-285-0039-X.

WAGNER, S., HARR, B., MEYER, U. **Ökologisches Bauen mit Ziegeln.** Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V. Bonn. Deutschland. 1998

WIENERBERGER **Wienerberger Werk Dülmen-Büldern - Aufbereitung & Ofen.** Wienerberger Ziegelindustrie GmbH & Co. Büldern. Deutschland. 1994.

WIENERBERGER. **Produktinformation** - Catálogo da Wienerberger Ziegelindustrie GmbH & Co. Disponível em <http://www.poroton.de/index_2.html> acesso em 24 de setembro de 2001

ZANDONADI, A.R. **Panoramas setoriais - Cerâmica Estrutural** in Anuário Brasileiro de Cerâmica. Associação Brasileira da Cerâmica. São Paulo. 1996.