

Bases para Modernização e Aprimoramento do Sistema de Suprimento de Matérias-primas no Polo de Cerâmica Vermelha de Tatuí – SP

Luiz Carlos Tanno^{a*}, Marsis Cabral Junior^a, Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli^a, Tomaz Teodoro da Cruz^b

^a *Seção de Recursos Minerais e Tecnologia Cerâmica, Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, SP, Brasil*

^b *T2C Minerais Industriais, Mogi das Cruzes, SP, Brasil*

*e-mail: tanno@ipt.br

Resumo

Um dos grandes desafios para a melhoria da competitividade da indústria de cerâmica vermelha no Brasil refere-se às condições insatisfatórias do abastecimento de matérias-primas minerais. Os problemas mais comuns compreendem a escassez de argila em determinadas regiões do país, as carências tecnológicas na pesquisa mineral, lavra e beneficiamento, que se refletem na qualidade das matérias-primas, e as dificuldades dos mineradores no atendimento às exigências legais para regularização dos empreendimentos. O estudo em questão objetivou a caracterização da estrutura produtiva e de mercado do sistema de suprimento mineral do polo de cerâmica vermelha de Tatuí (SP). Os trabalhos envolveram levantamentos em campo de cerca de 10 minerações de argila, a partir das quais foi estabelecido um conjunto de procedimentos e orientações para modernização e aprimoramento dessa atividade. Pela abrangência do diagnóstico e importância dos polos cerâmicos avaliados, as referências de planejamento, operação e controle da produção de argila podem servir também para a modernização da estrutura produtiva de outros polos minero-cerâmicos do país.

Palavras-chave: matéria-prima, cerâmica vermelha, argila, mineração.

1. Introdução

Os diagnósticos realizados nos últimos anos sobre o setor minero-cerâmico brasileiro mostram que os desafios tecnológicos para o seu aprimoramento competitivo podem ser agrupados em três principais vertentes: melhoria e inovação de produtos; uso racional de energia e garantia do suprimento qualificado de matérias-primas minerais.

Ao se analisar o setor mineral paulista, no tocante aos insumos minerais, constata-se que a garantia do suprimento qualificado de matérias-primas constitui-se um dos principais gargalos para o aprimoramento da competitividade das aglomerações minero-cerâmicas, principalmente daquelas especializadas em produtos de cerâmica vermelha e de revestimento via seca. Os problemas vão da carência de depósitos de argila, tecnologias deficientes de pesquisa, lavra e beneficiamento, e dificuldades no cumprimento das exigências legais para regularização dos empreendimentos.

No presente trabalho foi feita uma caracterização da estrutura produtiva e de mercado do sistema de abastecimento de matéria-prima mineral no polo de cerâmica vermelha de Tatuí (Figura 1), buscando identificar os principais gargalos para o seu aprimoramento tecnológico, econômico e legal.

2. Polo Cerâmico de Tatuí

O polo de Tatuí é formada por 41 empresas¹ apresentando uma produção média mensal por cerâmica de 2,5 milhões de peças (5.000 toneladas) e gerando em

torno de 2.500 postos diretos de trabalho². Além de Tatuí, onde se concentra a maioria dos empreendimentos, o aglomerado abrange também os municípios de Cesário Lange, Laranjal Paulista, Itapetininga e Salto de Pirapora.

As indústrias da região são especializadas na produção de blocos estruturais, de vedação, lajes, canaletas e telhas. As cerâmicas visitadas neste estudo estão equipadas com caixão alimentador, destorroador/desintegrador, laminador, misturador, extrusora, secador e forno (abóbada, metálico ou túnel). Algumas unidades fabris possuem também moinho de martelo ou fresas para cominuição do material mais duro.

2.1. Contexto geológico e características tecnológicas das matérias-primas

O Estado de São Paulo abriga o maior parque industrial do setor no país, constituído por cerca de nove aglomerações produtivas, parte delas reconhecida pelas instâncias governamentais como arranjos produtivos locais – APLs de Itu, Tatuí, Tambaú, Vargem Grande do Sul e Panorama, como ilustra a Figura 2.

A distribuição das aglomerações de cerâmica estrutural guarda íntima relação com os terrenos geológicos portadores das principais jazidas de argila. Em primeiro plano, distingue-se uma sequência de polos que acompanha a Depressão Periférica Paulista, associando-se às minerações que exploram a extensa faixa de afloramentos de rochas

argilosas formacionais da Bacia Sedimentar do Paraná. Constituem uma faixa que se estende do sul do Estado (região de Itapeva) até a porção nordeste (região de Tambaú), praticamente contínua, e com regiões em que a aproximação das concentrações industriais chega a formar um amalgamento de aglomerações.

Os depósitos de argilas formacionais são intensamente lavrados no território paulista e abastecem as regiões de Tatuí, Itu, Santa Gertrudes, Tambaú e Vargem Grande do Sul e correspondem aos Grupo Itararé, Grupo Guatá (Formação Tatuí) e Grupo Passa Dois (Formação Estrada Nova e Formação Corumbataí).

Característica importante das argilas formacionais é a grande dimensão dos seus depósitos, apresentando relativa homogeneidade textural e podem atingir espessuras de algumas dezenas de metros.

Na região de Tatuí, o substrato geológico é constituído por diversas unidades sedimentares e por rochas intrusivas básicas. Os litotipos sedimentares estão representados pelos grupos Itararé, Guatá (Formação Tatuí) e Passa Dois (Formações Irati e Estrada Nova), além de depósitos aluvionares. Dessas unidades, destacam-se as formações Tatuí e Estrada Nova como as mais importantes como fontes de argila para o segmento de cerâmica vermelha.

A Formação Tatuí é a unidade de maior expressão em superfície, composta por uma sequência de siltitos e siltitos arenosos, cores cinza e esverdeada e arenitos cinza claro, fino a médio. Furos de sondagem realizados na região⁴, mostram que esta unidade atinge valores entre 35 e 40 metros de espessura.

A Formação Estrada Nova é a segunda unidade em extensão superficial, constituída por argilitos, folhelhos e siltitos, cinza escuros, e intercalações de arenitos finos de cor cinza claro, e localmente, ocorrem camadas de material calcário. A espessura desta unidade varia de 10 a 50 metros.

Dentre as diversas unidades geológicas aflorantes, destaca-se a Formação Tatuí como a principal fonte de argila para o parque cerâmico regional. Os materiais lavrados, como observados em várias minas, apresentam aspectos visuais diferenciados e podem ser separados em duas faixas de afloramentos: próximo à sede do município de Cesário Lange e nas imediações da cidade de Tatuí.

A sul da cidade de Tatuí, o pacote argiloso tem espessura máxima de 10 metros. Observa-se na base um siltito argiloso esverdeado, friável com espessuras de 1 a 3 metros, e nas porções intermediária e superior, o material torna-se mais alterado e mais arenoso, apresentando cores variegadas, com tendência para o avermelhado, e espessura ao redor de 7 metros. Esse pacote argiloso encontra-se recoberto por um solo arenoso de cor avermelhada com espessura de até 4 metros.

Quanto a mineralogia dessas argilas, dados bibliográficos⁵ mostram que a Formação Tatuí tem como minerais primários quartzo, illita e feldspatos alcalinos detriticos, com possível contribuição autigênica. Segundo esses autores, a presença de caulinita é resultado da alteração supérgena dos feldspatos e da illita.

A granulometria fina e o elevado teor de álcalis associado, sobretudo, ao conteúdo potássico das illitas contido nas rochas frescas ou pouco intemperizadas, proporcionam aos taguás desempenho cerâmico destacado, apresentando resistência mecânica elevada e baixa absorção de água após queima em temperaturas na faixa de 800 a 1.150 °C. Já a alteração intempérica dos horizontes mais superficiais, que provoca a remoção parcial dos óxidos fundentes e o incremento da refratariedade, propicia a desagregação dos materiais, diminuição da granulometria e aumento da plasticidade, o que facilita o processo de conformação das peças cerâmicas e incrementa as reações de sinterização durante a queima das peças.

2.2. Sistema produtivo da matéria-prima

O sistema produtivo é composto de minas cativas dos próprios ceramistas que, eventualmente, comercializam excedentes, e de pequenos mineradores que operam, muitas vezes, de maneira informal, com deficiências tecnológicas e gerenciais.

As áreas de lavra de argila são compartimentadas em bancadas, onde a extração é feita por escavadeiras hidráulicas e pás-carregadeiras, com lavra seletiva de até três tipos de minério, a depender de sua cor e grau de dureza.

As cerâmicas que utilizam argilitos duros trituram o material em moinhos de martelos ou com uso de trator com fresas antes de misturá-los com o argilito mole para compor a massa cerâmica.

A maioria das cerâmicas não opera com sazonalidade das matérias-primas e nem dispõem de grandes estoques de reposição. A preparação das matérias-primas é feita na própria cerâmica, onde os diversos tipos de argilas (mais alteradas ou mais duras) são misturados em diferentes proporções e utilizados na preparação das massas.

Quanto aos argilitos mais alterados e friáveis, apenas uma cerâmica realiza a preparação de sanduíches, com camadas de argilitos provenientes de duas minas, os quais passam por sazonalidade de 7 a 8 meses no pátio da cerâmica.

A dosagem entre os diferentes tipos de argila é realizada de três formas diferentes a depender da cerâmica: (i) por conchas de pás-carregadeiras, que também homogeneizam a matéria-prima, descarregando a mistura pronta no caixão alimentador; (ii) por inversor de frequência acoplada às correias transportadoras que saem dos caixões alimentadores; e (iii) por balanças também acopladas às correias transportadoras. O inversor de frequência regula a velocidade de saída das argilas de cada um dos vários caixões alimentadores existentes; já no caso da balança, a dosagem ocorre pelo peso das argilas que passam pela correia transportadora.

Três realizam ainda uma etapa de preparação com desintegrador e/ou destorroador e laminador, onde a massa cerâmica torna-se homogeneizada, compondo uma pilha que passará por alguns dias de sazonalidade antes de ir para o misturador e extrusora.

No que tange às questões de logística, a matéria-prima é transportada por distâncias curtas de até 15 km, em estradas

de terra ou asfaltadas, uma vez que as minas cativas estão situadas próximas às unidades fabris. Dessa forma, o custo com o transporte é pequeno comparativamente com outros gastos (mão de obra, energia, manutenção), inferior a 5% do total (informações verbais dos ceramistas).

No polo de Tatuí existe apenas uma grande fornecedora de matéria-prima, com produção em torno de 40.000 toneladas/mês, e vendendo para cerca de 25 cerâmicas. O transporte da matéria-prima é feito pelas próprias empresas consumidoras e o valor de venda na mina varia de R\$ 15 a R\$ 26 por m³ (FOB), a depender do tipo de minério escolhido. Não foi constatada na região a existência de empresas terceirizadas para o transporte da matéria-prima até as cerâmicas.

2.3. Reservas e demandas por argila

Com base no cadastro mineiro do DNPM⁶, foram relacionados 458 títulos minerários na região do polo de Tatuí para extração de várias substâncias minerais. Do total, 277 são referentes à extração de argila e assemelhados (argilitos, siltitos, folhelhos) representando 60% do total. A maior parte desses títulos é de autorização de pesquisa (98 títulos), sendo que os títulos de concessão e licenciamento representam juntos 21% (57 títulos).

As reservas de argila na região estão baseadas nas informações contidas no Anuário Mineral Brasileiro de 2010, como ilustra a Tabela 1. Trata-se de dados consolidados anualmente, a partir dos Relatórios Finais de Pesquisa e Relatórios de Reavaliação de Reservas aprovados pelo DNPM, sendo subtraídas as produções ocorridas no respectivo período. Os dados do DNPM não incluem os recursos minerais lavrados sob os atos autorizativos de Registro de Licença (Licenciamento).

O consumo de matéria-prima no polo pode ser estabelecido a partir da produção de peças cerâmicas. No Quadro 1 estão relacionados os parâmetros considerados para a estimativa de demanda de argila. Trata-se de valores médios estimados baseados em informações da Acertar (Associação dos Ceramistas de Tatuí e região).

Levando-se em conta que a produção média mensal de peças por cerâmica chega a 2,5 milhões e um fator de consumo estimado em 6.000 toneladas de argila, multiplicado pelo número de cerâmica (41) chega-se a um consumo anual em torno de 3 milhões de toneladas de argila.

Em decorrência da importância das reservas da substância argila para o suprimento do parque cerâmico regional, foi efetuada uma estimativa de demanda dessa matéria-prima, sendo cotejada com a dotação mineral da área de alguns municípios do polo. Com base no consumo anual de matéria-prima foi feita uma projeção da demanda de argila, arbitrando-se dois cenários de expansão: conservador e otimista, com taxas de crescimento da produção de cerâmica vermelha, respectivamente, de 2,5% e 5%, para os próximos 20 anos. Em ambos os cenários, a demanda de argila até 2034 (até 107,2 milhões de toneladas) é inferior às reservas medidas totais do polo de Tatuí, englobando os municípios de Tatuí, Cesário Lange, Pereiras e Laranjal Paulista (162,6 milhões de toneladas).

3. Avaliação dos Resultados: Diretrizes para a Melhoria e Modernização do Sistema do Suprimento de Matérias-primas

Os estudos realizados no setor minero-cerâmico de Tatuí revelam que o sistema de suprimento mineral ao seu parque industrial devem ser aprimorados para possibilitar a produção de matérias-primas mais qualificadas, fator fundamental para a otimização do processo industrial cerâmico, e obtenção de produtos de qualidade.

Para tanto, os controles de processo devem obrigatoriamente ser iniciados pela garantia da qualidade e constância das propriedades das matérias-primas, o que depende do conhecimento das jazidas, antes mesmo da extração das argilas, e continua nas etapas subsequentes do processo fabril. De uma maneira geral, os jazimentos minerais são únicos e, portanto, para cada depósito deve ser buscado um projeto específico de lavra, adequado

Tabela 1. Reservas de argilas dimensionadas oficialmente nos municípios da região de Tatuí.

	RESERVAS (t)		
	Medida	Indicada	Inferida
Tatuí	109.418.210	149.558.102	43.181.872
Cesário Lange	42.871.624	35.793.006	35.282.710
Pereiras	6.089.350	2.007.657	
Laranjal Paulista	4.261.333	5.126.640	78.952.982
Total	162.640.517	192.485.405	78.952.982

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro⁷.

Quadro 1. Parâmetros empregados na estimativa do consumo de argila no polo de Tatuí.

▪ Número de cerâmicas no APL Tatuí	41
▪ Produção média mensal por cerâmica	2,5 milhões de peças
▪ Consumo médio mensal de matéria-prima por cerâmica	6.000 t
Valores médios considerados: umidade – 12 a 15%, perda ao fogo – 5%, equivalendo a um valor total de perdas da ordem de 20%.	

às características locais quantitativas e qualitativas dos minérios argilosos.

A Figura 3 apresenta o fluxograma simplificado do ciclo de produção e preparação das matérias-primas no sistema mina-cerâmica, onde se constata que boa parte das atividades relativas à mineração é feita na própria cerâmica.

São descritos a seguir alguns aspectos ou etapas que devem ser considerados para melhorar o controle de qualidade das matérias-primas, envolvendo basicamente:

3.1. Pesquisa mineral e caracterização qualitativa do depósito de argila

Constitui-se na etapa de quantificação e qualificação da jazida, por meio da coleta sistemática de dados em afloramentos e furos de sondagens, acompanhada da caracterização laboratorial dos materiais encontrados. Esta etapa é recomendada para atender ao bom planejamento e execução da lavra, à formulação da composição mistura e a preparação da massa cerâmica, e às próprias exigências legais do DNPM.

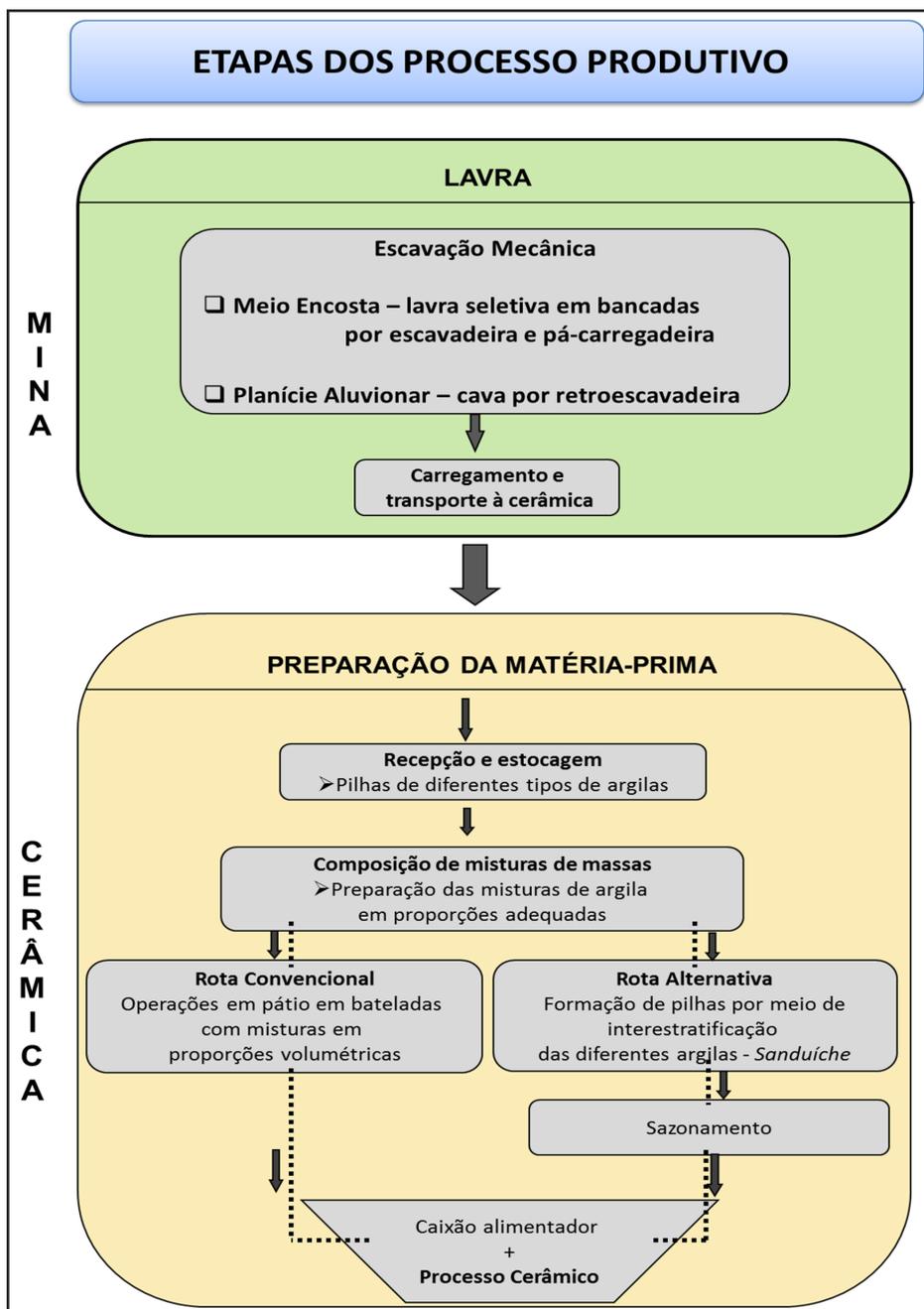


Figura 3. Etapas do processo produtivo da matéria-prima no polo de Tatuí.

No entanto, na maioria das vezes, o estudo não é sistemático e se restringe a alguns furos de trado manual ou motorizado e escavações mecanizadas. Porém, esses estudos muitas vezes não são suficientes para o planejamento adequado da lavra e a otimização do aproveitamento das reservas de argila.

PREFERENCIALMENTE, os depósitos de argila devem ser avaliados por meio de sondagens e amostragens, em malhas regulares, de forma a permitir o conhecimento da distribuição tridimensional dos teores e das características físico-químicas e tecnológicas dos materiais argilosos presentes. Isto possibilitará o planejamento adequado das operações de lavra e beneficiamento, no sentido de propiciar a produção de matérias-primas com propriedades controladas.

Dependendo da consistência da camada argilosa, a sondagem pode ser efetuada com trados manuais ou motorizada (argilas aluvionares e rochas alteradas) ou, no caso de rochas frescas (taguás duros), exigir a utilização de perfuratrizes mecânicas.

O espaçamento da malha de sondagem vai depender da geometria do depósito, isto é, depósitos irregulares, tipo bolsões ou lentes, necessitam de um maior controle espacial para se conhecer as suas reservas. Para estes casos, recomendam-se malhas regulares com espaçamento entre 20 m e 50 m. Já para os depósitos estratiformes, tipo taguá, que possuem uma distribuição espacial mais homogênea, as malhas de sondagem podem ser mais espaçadas, tendo-se, como referência, distâncias entre 50 m e 100 m. Para o dimensionamento mais preciso, é aconselhável o uso de ferramentas estatísticas para melhor avaliar os parâmetros controladores da qualidade e volume das reservas.

A partir das amostras obtidas nas sondagens, são realizadas descrições das características físicas e macroscópicas das amostras em seus respectivos intervalos, devendo incluir: cor da argila, constituição textural e granulométrica, plasticidade, conteúdo de matéria orgânica, etc.

Uma alternativa menos custosa em relação à sondagem tradicional seria a abertura de pequenas frentes de lavra experimentais com uso de escavadeira hidráulica, em alguns locais específicos da jazida para melhor visualização dos tipos de minério, espessura e distribuição espacial.

Os materiais argilosos amostrados devem ser encaminhados a laboratório e submetidos a análises e ensaios. Uma caracterização padrão deve incluir as seguintes determinações físicas:

- Ensaio cerâmico: realizado com corpo de prova de 60 mm × 20 mm × 5 mm, moldados, geralmente, por extrusão. Em seguida à conformação, é feita a secagem dos corpos à temperatura ambiente e, depois, em estufa a 110 °C. Após esse primeiro estágio do ensaio, são determinadas umidades de extrusão, contração linear, tensão de ruptura à flexão e cor. Procedem-se, depois, à queima dos corpos-de-prova em temperaturas entre 800 e 950 °C. Após o processamento térmico, são estabelecidos os seguintes característicos cerâmicos: perda ao

fogo, contração linear, tensão de ruptura à flexão, absorção de água, massa específica aparente e cor.

- Para o entendimento do comportamento cerâmico e auxílio na formulação das massas, podem ser feitos estudos complementares, envolvendo análises químicas dos elementos maiores e a determinação mineralógica dos materiais por difratometria de raios X.

As informações coletadas na etapa de campo e as caracterizações laboratoriais podem ser migradas para um banco de dados e manipulados em *softwares* específicos para a modelagem do depósito, possibilitando seu dimensionamento e espacialização de suas propriedades, tais como distribuição dos tipos de minério argiloso e das espessuras de capeamento estéril (materiais não cerâmicos).

Ao longo do desenvolvimento da lavra, o banco de dados e a modelagem da jazida vão sendo acrescidos das informações de laboratório e/ou novas informações, e continuamente atualizados, até a exaustão das reservas.

No caso de uma mina cativa, em termos de dimensão de jazida, uma indicação para o ceramista-minerador é a detenção de reservas que garantam o suprimento de sua planta pelo menos por 10 anos. É conveniente, que à medida que uma área com reservas desse porte vai sendo lavrada, a partir do momento que a sua vida útil cair pela metade, sejam efetuados novos estudos de pesquisa mineral, devidamente acompanhados de procedimentos de legalização, para bloqueio e caracterização cerâmica de reservas adicionais que cubram o abastecimento por mais um período mínimo de 10 anos.

3.2. Lavra e beneficiamento da argila

A partir do conhecimento da jazida, estabelece-se o método de extração e o plano de lavra. Nesta ocasião pode ser necessária a realização de amostragens de maior volume das diferentes matérias-primas do depósito e comprovar os resultados obtidos na pesquisa, e para melhor delinear o plano de lavra.

Trabalhos analíticos complementares permitem os ajustes finais e a classificação das argilas para o plano de lavra e para a exploração. As áreas com as diversas qualidades de argila devem ser demarcadas também no terreno, para orientar a extração.

Os processos de lavra e beneficiamento (eventual), por meio de destorroagem, transporte e armazenamento intermediário devem estar orientados para a homogeneização dos diversos tipos de minério argilosos. Recomendações para esta etapa são as amostragens e ensaios para comparar com os valores de referência da pesquisa geológica. O procedimento operacional de extração normalmente prevê a remoção e a disposição do solo agrícola, dos materiais estéreis (material normalmente localizado em camadas que recobrem o minério) e dos rejeitos (resíduos gerados durante o processo produtivo), em locais que não danifiquem pastagens, agricultura, cursos de água, estradas, e que possibilitem eventual uso futuro na recuperação da área.

À medida que se extraem as camadas de argila de interesse, a área deve ser recuperada utilizando-se dos materiais anteriormente retirados e estocados (rejeitos, estêreis e solo agrícola), de acordo com o plano previamente aprovado pelo órgão ambiental (por exemplo, retaludamento e revegetação, áreas de lazer e expansão urbana).

A opção por alguns equipamentos está associada à adequação da máquina às características da distribuição espacial do depósito, aos fatores de produção, capacidade efetiva de escavação, investimentos e custos operacionais. As categorias de equipamentos mais utilizados seguem algumas regras gerais:

- **Depósitos minerais localizados em meia encosta** (jazidas de argilitos, e rochas alteradas): são escavados prioritariamente com pás-carregadeiras, auxiliadas por carregadeiras de lâmina frontal, para produções de pequeno a médio porte. Minas com produções elevadas podem requerer pás-carregadeiras de grande porte;
- **Depósitos minerais em áreas aluvionares:** formados por camadas horizontais de pequena profundidade em subsuperfície, requerem, para produções de pequeno a médio porte, escavações por retroescavadeiras hidráulicas combinadas com pás-carregadeiras nos serviços de apoio.

O avanço das lavras em encosta ou com aprofundamento em cava pode atingir desníveis de escavação superiores a 20 m. Nestes casos, é necessária a formação de um ou mais níveis de bancadas. Uma altura recomendável para os taludes formados entre as bancadas situa-se na faixa de 5 m a 12 m, dependendo de uma avaliação específica sobre as condições de segurança e de estabilidade. A formação de taludes muito elevados cria condições de risco nas operações e acentua processos erosivos, de escorregamentos e assoreamento em áreas circunvizinhas.

Na maior parte das minerações, as máquinas que realizam a escavação mecânica também podem ser responsáveis pela operação de carregamento das unidades de transporte do material escavado. No transporte, são empregados caminhões basculantes convencionais.

Em situações em que o minério e seu capeamento apresentam-se compactado e muito duro para escavação ou escarificação, podem ser necessárias operações de desmonte com explosivos, requerendo um planejamento específico.

Com a implantação das operações mineiras, podem ser estabelecidos ensaios rotineiros mais simples para o controle e padronização das matérias-primas, tais como: granulometria, via determinação de resíduo em peneira pré-determinada; retração de secagem e queima e resistência mecânica (seco e queimado). Esses ensaios expeditos de qualificação, além dos baixos custos, têm a vantagem de poder ser realizados nas instalações da mina ou da indústria cerâmica, requerendo apenas alguns equipamentos poucos sofisticados e o treinamento de um funcionário.

3.3. Implementação de etapa específica de mistura e homogeneização das argilas

O principal objetivo da lavra e dos processos de beneficiamento é a produção de matérias-primas e de misturas (massas) com características cerâmicas homogêneas.

A implementação dessa etapa de mistura, homogeneização e sazonalidade das matérias-primas permitirá que a unidade fabril tenha uma melhor estabilidade no processo produtivo, refletindo na diminuição das perdas e consequentemente no aumento da produtividade. Além disso, com a matéria-prima mais homogênea e controlada outros possíveis gargalos poderão ser identificados e corrigidos mais facilmente, tais como controle dos fornos e equipamentos.

As operações de beneficiamento podem incluir estágios de cominuição, associados à classificação granulométrica, secagem ao ar livre, formação de pilhas de estocagem e blendagem para composição de massa cerâmica. A cominuição pode exigir operações de britagem e moagem, como é o caso do aproveitamento de rochas mais compactadas. Tais operações são intercaladas com sistemas de peneiramento para classificação das frações de argila obtidas no processo.

Outro procedimento complementar importante é o sazonalidade das argilas e/ou das misturas, que corresponde, basicamente, a formação de pilhas de estoques a céu aberto, e que sofrem os efeitos das intempéries, durante períodos que podem variar de alguns meses a vários anos. Dentre outros fenômenos, a exposição de argilas às intempéries provoca a distribuição homogênea de água por entre as partículas, a lixiviação de sais solúveis e a desagregação de aglomerados. Esse conjunto de fatores promove condições de trabalhabilidade adequadas, melhorando sensivelmente as características do produto cerâmico.

O período de tempo mínimo para que uma argila adquira condições adequadas de trabalhabilidade pode variar em função de diversos fatores, tais como: características intrínsecas da argila, condições atmosféricas locais e método adotado de estocagem. Portanto, para cada caso, há necessidade de um estudo prático de forma a obter os resultados mínimos para que se possa efetuar uma análise.

Para a formação de misturas homogêneas, o procedimento mais usual, e que exige menos investimento, é por meio da construção de pilhas de estocagem e sazonalidade, pelo método tradicional da formação de *sanduíche*, sobretudo para misturas envolvendo argilas moles. Em cerâmicas mais estruturadas essa operação pode ser feita por processo automatizado de formação de pilhas de homogeneização (*stacker*).

Estudos laboratoriais envolvendo o uso de resíduos de cerâmica vermelha (RCV) como chamote em massas cerâmicas⁸, indicaram que a incorporação do RCV de forma dosada acrescenta uma série de vantagens no processamento industrial e nos produtos de cerâmica vermelha, possibilitando o menor consumo de matérias-primas naturais (argilas), e ganhos econômicos em função da otimização do processo de secagem e diminuição de perdas decorrentes da menor retração das peças durante a secagem e queima.

Pelas amostras estudadas, os valores mais adequados de adição de RCV (moídas abaixo de 20 mesh) nas massas cerâmicas situam-se na faixa de 5% a 10%. Adicionalmente, a diminuição da contração linear possibilita o maior controle dimensional das peças, o que permite o desenvolvimento de produtos diferenciados, de maior valor agregado, caso de pisos extrudados (tipo cotto ou adoquim).

4. Considerações Finais

Os trabalhos realizados mostraram a expressão do aglomerado mínero-cerâmico de Tatuí frente à dimensão do segmento de cerâmica vermelha no Estado de São Paulo e a importância desta atividade na economia local. Trata-se de uma indústria, que apesar de apresentar uma série de desafios tecnológicos e gerenciais, é responsável, na escala local, por uma significativa geração de renda e postos de trabalhos, tanto diretos como também em atividades complementares.

No que tange à melhoria na qualidade do suprimento de matérias-primas, as empresas necessitam urgente investir de maneira sistemática na caracterização das jazidas e das matérias-primas. Tais procedimentos, sobretudo em médio prazo, podem ser facilitados por meio de ações cooperadas com a estruturação de empreendimentos de maior porte habilitados a suprir um conjunto de cerâmicas aos moldes de plataformas centralizadas de abastecimento. Em longo prazo sugere-se que as indústrias concentrem suas atividades apenas na produção cerâmica, propriamente dita, deixando as atividades de lavra e beneficiamento para as mineradoras, ficando a cargo destas um fornecimento homogêneo e padronizado de misturas.

Além disto, outra ação importante cabe ao poder público dos municípios que compõem o polo e refere-se ao ordenamento territorial, para compatibilizar a continuidade das atividades mínero-cerâmicas com outras vocações econômicas do seu território e com a preservação ambiental.

Isto pode ser obtido com a execução de um planejamento adequado, lastreado pela integração de conhecimentos envolvendo o meio físico, biótico e das vocações naturais do seu território, e que pode ser institucionalizado no seu Plano Diretor Municipal.

Referências

1. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relação de empresas cerâmicas e minerações**. São Paulo, 2014.
2. TANNO, L.C. et al. **Caracterização do sistema de suprimento mineral dos APLs cerâmicos de Tambaú e Tatuí**. São Paulo: IPT, 2014. Relatório Técnico 139 198-205.
3. CABRAL JUNIOR, M., TANNO, L. C., ALBARELLI, D. S. N. A. Caracterização geológica e tecnológica dos polos cerâmicos do Estado de São Paulo, Brasil. **Comunicações Geológicas**, v. 101, 757-760, 2014.
4. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Projeto “A borda leste da Bacia do Paraná”: Integração geológica e avaliação econômica**. São Paulo, 1986. Relatório final.
5. MORENO, M. M. T. et al. Mineralogia de argilas da Formação Tatuí na região de Cesário Lange e Laranjal Paulista (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 11., 2009, São Pedro. **Anais...**
6. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Sistema Cadastro Mineiro**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: jun. 2014.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro – 2010**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: jun. 2014.
8. CABRAL JUNIOR, M. et al. Desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento de resíduos da indústria de cerâmica vermelha nos APLs de Itu e Tambaú. São Paulo: IPT, 2013. Relatório Técnico 134 608-205.