

Central de Massa: uma Alternativa para o Aprimoramento do Suprimento de Matéria-Prima à Indústria de Cerâmica Vermelha

Marsis Cabral Junior^{a*}, Tomaz Teodoro da Cruz^b, Luiz Carlos Tanno^a

^a*Seção de Recursos Mineraiis e Tecnologia Cerâmica, Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, São Paulo - SP, Brasil*

^b*T2C Mineraiis Industriais – Consultoria, Estrada do Itapeti, 100, Quadra 47, lote 4, Parque Residencial Itapeti, Mogi das Cruzes - SP, Brasil*
**e-mail: marsis@ipt.br*

Resumo: O artigo aborda o dimensionamento preliminar de uma central de produção de massas cerâmicas com vista à padronização e melhoria da qualidade das matérias-primas mineraiis, para os APLs mínero-cerâmicos de Tambaú e Vargem Grande do Sul no centro-leste do Estado de São Paulo. O projeto conceitual formulado abrange o esboço do *layout* da estrutura produtiva, dimensionamento dos equipamentos estacionários e móveis, operações unitárias de processamento de substâncias e produtos mineraiis, estimativas de investimentos, entre os quais se inclui um laboratório para caracterização tecnológica cerâmica. A implantação da central deve corresponder a um *upgrade* tecnológico na atual estrutura de produção de matérias-primas, ofertando aos ceramistas argilas beneficiadas (cominuídas e homogeneizadas) e misturas dosadas prontas para o consumo, com a composição específica para cada tipo de produto (telhas, blocos, tubos, etc.), ambas armazenadas em lotes com propriedades controladas. Os benefícios esperados aos negócios dos ceramistas advindos do suprimento mais qualificado, realizado por uma atividade especializada de processamento de massas cerâmicas, correspondem a ganhos de produtividade, em função da diminuição de perdas no processo, da redução dos custos de investimentos e operacionais (estocagem de argilas, preparação das misturas) e de despesas com o manuseio e destino de refugos, bem como à melhoria da qualidade dos produtos. Outra consequência é a simplificação das plantas industriais, visto que algumas das etapas de preparação de massa, que tradicionalmente são feitas dentro das próprias cerâmicas, seriam assimiladas pela central. Esse último desdobramento criaria condições para a ampliação do foco empresarial no negócio efetivo do ceramista, isto é, na manufatura e venda de produtos cerâmicos.

Palavras-chave: *central de massa, cerâmica vermelha, mineração, argila.*

1. Introdução

A cerâmica vermelha ou estrutural integra o ramo de produtos de mineraiis não-metálicos da Indústria de Transformação, fazendo parte, juntamente com outras indústrias, como as de cerâmica de revestimento, sanitários, indústria cimenteira e vidreira, do conjunto de cadeias produtivas que compõem o Complexo da Construção Civil. Tem como atividade a produção de uma grande variedade de materiais, como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, lajotas e tubos, além de produtos para fins diversos como argilas piroexpandidas, objetos ornamentais e utensílios domésticos¹.

Trata-se de um setor com uma estrutura empresarial bastante diversificada, em que coexistem pequenos empreendimentos familiares artesanais (olarias, em grande parte não incorporadas nas estatísticas oficiais), cerâmicas de pequeno e médio portes, com deficiências de mecanização e gestão, e empreendimentos de médio a grande portes (em escala de produção) de tecnologia mais avançada (processos mais automatizados, com preparação melhor de matéria-prima, secagem forçada e fornos de queima semi-contínua ou contínua). A grande maioria das empresas tem sua competitividade baseada em custos⁶.

Mais recentemente, o setor empresarial vem tomando iniciativas para aprimoramento tecnológico e competitivo, como a adesão em programas de qualidade, implantação de laboratórios de caracterização tecnológica de matérias-primas e produtos, qualificação de mão-de-obra, desenvolvimento do uso de novos combustíveis, estudos de incorporação de resíduos na massa cerâmica e diversificação da produção. Esse esforço de modernização do setor tem sido liderado pela Anicer – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, articulada com associações e sindicatos regionais, muito deles equivalendo a

estruturas organizativas de APLs – Arranjos Produtivos Locais^{*}, e conta com a participação ativa de órgãos como o Sebrae – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Senai – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e outros centros de pesquisa e inovação.

Trabalhos e diagnósticos realizados sobre esse setor têm demonstrado 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, como ilustra a Figura 1.

Os estudos desenvolvidos no presente trabalho estão inseridos na vertente que trata do aprimoramento do suprimento de matérias-primas. A abordagem aqui efetuada abrange especificamente o dimensionamento preliminar de uma central de produção de massas com vista à padronização e melhoria da qualidade da matéria-prima mineral, para os APLs mínero-cerâmicos de Tambaú e Vargem Grande do Sul no centro-leste do Estado de São Paulo.

Conceitualmente, a central de massa deve corresponder a um *upgrade* tecnológico na atual estrutura de produção de matérias-primas. Enquanto as mineradoras ofertam simplesmente diferentes

^{*}O termo arranjo produtivo local, ou simplesmente APL, tem sido utilizado no meio técnico-científico brasileiro e pelos organismos de governo e instituições de apoio ao setor empresarial para referir-se “a concentrações geográficas de empresas e de instituições que se relacionam em torno de um setor ou de uma atividade econômica. Como uma forma de organização espacial da produção, são radicados territorialmente em decorrência das vantagens que a própria localização enseja. Seu diferencial competitivo pode ser potencializado por meio de interações entre os agentes empresariais da cadeia produtiva industrial, contando, geralmente, com a participação de organismos externos – governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa -, o que acarreta economias externas de longo alcance e que tende a beneficiar todos os negócios associados localmente” (CABRAL JUNIOR, 2008). O setor mínero-cerâmico é uma das cadeias produtivas com tendência à aglomeração geográfica, sendo favorecida por fatores como disponibilidade de matérias-primas, proximidade de mercados e infraestrutura estabelecida^{2,3}.

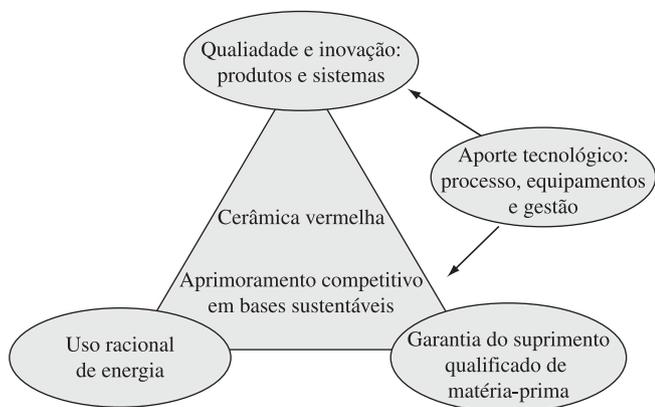


Figura 1. Desafios tecnológicos para modernização e aprimoramento competitivo do setor de cerâmica vermelha².

tipos de argilas, a central está sendo concebida como uma unidade de processamento mineral a ser implantada entre a mineração de argila (fornecedores de matéria-prima in natura) e as indústrias cerâmicas consumidoras, avançando nas etapas de preparação de misturas balanceadas para os diferentes processos e produtos cerâmicos.

O modelo conceitual de fornecimento de matérias-primas por meio de um elo especializado no beneficiamento mineral e na composição de massas é baseado em estrutura produtiva similar já estabelecida em países europeus (Itália, Espanha e Portugal). No entanto, as congêneres européias constituem unidades industriais que formulam massas compostas (misturas de diferentes matérias-primas plásticas e não-plásticas) por processo via úmida, destinadas, sobretudo, às indústrias de revestimento e sanitários.^{**}

Para o abastecimento das unidades de cerâmica vermelha, em função do tipo de matéria-prima processada e massa consumida (massa simples – constituída apenas por diferentes tipos de argilas mais ou menos plásticas), a central deverá compreender um conjunto de operações relativamente mais simples envolvendo estocagem, sazonalidade, cominuição, homogeneização, mistura de diferentes tipos de argilas (composição de massas) e formação de lotes de matérias-primas. Os produtos a serem comercializados abrangerão argilas beneficiadas (cominuídas e homogeneizadas) e misturas dosadas prontas para o consumo, com a composição específica para cada tipo de produto (telhas, blocos, tubos, etc.), ambas acondicionadas em lotes com propriedades controladas.

As informações essenciais aqui contidas sobre o projeto conceitual da central de massa fazem parte de trabalhos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT para a Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo – SD⁴.

Além deste primeiro tópico introdutório, no qual é conceituada a estrutura produtiva idealizada e evidencia-se a sua importância para o aprimoramento competitivo do setor minero-cerâmico, este trabalho inclui mais quatro partes. A segunda parte aborda de maneira sucinta a situação atual do suprimento de matérias-primas na indústria de cerâmica vermelha no País. Na terceira parte é apresentada uma descrição do setor minero-cerâmico da região de estudo – APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul. Na quarta parte é apresentado o projeto conceitual da central de massa - *layout*, operações, equipamentos e investimentos. No tópico final são feitas observações conclusivas sobre a exequibilidade do projeto de central de massa e indicações de ações subsequentes para a viabilização da implementação desse empreendimento.

^{**}Caso ilustrativo de funcionamento de centrais de massa, refere-se ao *cluster* de Sassuolo na Itália. Nesse importante pólo cerâmico europeu, grande parte do suprimento de matérias-primas minerais é feito por fornecedores especializados e altamente qualificados. As centrais ficam geralmente estabelecidas junto às cerâmicas e incorporam importantes inovações no beneficiamento, preparo e distribuição de matérias-primas (produção de massa em pó atomizado em especificações rígidas, controle de qualidade, distribuição em silos, entre outras), processando substâncias minerais italianas e importadas, sendo referência para outras iniciativas similares internacionais (CABRAL JUNIOR, 2008)²³.

2. O Suprimento Mineral do Setor Minero-Cerâmico

Ao se analisar o desempenho do setor minero-cerâmico brasileiro, constata-se que a garantia do suprimento qualificado de matérias-primas constitui-se um dos principais gargalos ao seu desenvolvimento em bases sustentáveis, sobretudo para os segmentos especializados em produtos de cerâmica vermelha e de revestimento via seca. Os problemas no abastecimento incluem a carência de depósitos de argila, tecnologia deficiente de pesquisa, lavra e beneficiamento, o que se reflete na qualidade das matérias-primas, e dificuldades no cumprimento das exigências legais para regularização dos empreendimentos.

Por se tratar de substâncias minerais de baixo valor unitário, baixa densidade tecnológica e envolver grandes volumes de produção, as matérias-primas para cerâmica vermelha não comportam transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação das cerâmicas o mais próximo possível das jazidas. Por sua vez, a mineração de argila constitui quase sempre uma atividade econômica localmente vinculada à sua indústria de transformação, sendo composta, principalmente, de minas cativas dos próprios ceramistas que, eventualmente, comercializam excedentes, e de pequenos mineradores. Os preços praticados pelo mercado estão na faixa de R\$ 5,00 a R\$ 25,00.t⁻¹ (FOB), dependendo do tipo de matéria-prima, da disponibilidade local e a da finalidade de uso.^{***}

As operações mineiras praticamente restringem-se à extração de argilas, as quais são comercializadas in natura, com o carregamento e expedição feitos diretamente na frente de lavra ou a partir de pilhas de estocagem. Geralmente, os processos de homogeneização, sazonalidade e composição de misturas de matérias-primas são realizados no pátio das cerâmicas. Eventualmente, algumas mineradoras podem agregar etapa de beneficiamento como secagem, homogeneização e cominuição de argilas. Isto acontece em APLs mais estruturados, nos quais já vem ocorrendo a participação mais efetiva de empreendedores especializados, como mineradores e fornecedores de argila. Trata-se de uma tendência recente, assim como se inicia também um processo, ainda incipiente, de lavras cooperativadas de ceramistas - “mineradoras comuns” (p.ex. Cuiabá, MT, Socorro e Panorama - Paulicéia, SP).

3. Setor Minero-Cerâmico na Região de Tambaú e Vargem Grande do Sul

Os APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul estão localizados na microrregião de São João da Boa Vista, que abrange 14 municípios (Figura 2) e constituem uma das mais importantes concentrações de empresas do setor minero-cerâmico do País, contando com aproximadamente 160 empreendimentos. Sua produção é bastante diversificada incluindo telhas, blocos de vedação e estruturais, lajes, tubos e conexões (principal produtor brasileiro), elementos vazados, pisos extrudados, utensílios e peças de adorno.

O município de Tambaú concentra as principais unidades industriais na região, agrupando cerca de 93 empreendimentos, sendo 82 cerâmicos e 11 mineiros⁵. A maioria das indústrias conserva ainda os métodos convencionais utilizados na cerâmica vermelha, principalmente no tocante aos processos de secagem e queima. Este fato deve-se em parte às características das empresas, predominantemente de pequeno porte, e ao caráter familiar dos principais empreendimentos.

O APL de Vargem Grande do Sul conta com cerca de 30 cerâmicas, tendo como principais produtos blocos (40%), lajes (40%) e telhas (20%).

^{***}Como também acontece internacionalmente, os custos de transação relativamente elevados (insueto específico de baixo valor unitário frente aos custos elevados para a consolidação de um mercado produtor) induzem a produção verticalizada de argila pela indústria cerâmica, não havendo, praticamente, estoques ou mesmo um mercado estabelecido ofertante de matérias-primas.



Figura 2. Localização dos APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul.

A região de Tambaú dispõe de importantes depósitos de argilas para abastecimento das unidades locais, que suprem as necessidades de suas indústrias, e também atendem outros centros consumidores no Estado, como Porto Ferreira e Santa Gertrudes. Segundo Del Monte et al.⁵, as matérias-primas produzidas correspondem a rochas argilosas da Formação Corumbataí da Bacia do Paraná (em torno de 65% da produção) e às argilas plásticas aluvionares provenientes das várzeas do rio Pardo e de paleo-aluviões da parte centro-sul do município (25%). Uma pequena porcentagem de argila plástica é proveniente de Porto Ferreira (10%).

A região possui grandes áreas onde afloram as argilas da Formação Corumbataí, com parcela considerável situada em locais propícios à lavra (pequena cobertura de materiais estêreis e facilidade de acesso). Esses sedimentos apresentam-se com espessuras de dezenas de metros, muito compactados e com alta rigidez nos horizontes mais inferiores. Quanto mais próximo à superfície, encontram-se mais alterados e mais friáveis, podendo ser lavrados por escavadeiras hidráulicas sobre rodas ou esteiras. Em direção à superfície, essas rochas tendem a perder parte dos álcalis constituintes (K, Na), tornando-se mais refratárias. Ao contrário, quanto mais em profundidade e menos alteradas, mais álcalis conservam, apresentando características mais fundentes. A utilização dos argilitos menos alterados aporta resistência mecânica e diminui a absorção de água das peças queimadas devido à sua característica mais fundente. No entanto, esse material além de exigir um desmante por explosivos, requer prévia moagem para sua adição às massas cerâmicas.

As argilas plásticas aluvionares têm a função de incrementar a plasticidade da massa e resistência das peças a verde e a seco, compondo de 15 a 25% das massas.

O preço médio das argilas oscila em torno de R\$ 23,00.t⁻¹ (FOB). Entretanto, alguns materiais podem atingir preços mais elevados, caso, por exemplo, das argilas aluvionares provenientes de Porto Ferreira que devido, sobretudo, ao frete atingem valores de R\$ 40,00t⁻¹.

Estimativa feita pelo setor produtivo e representantes do APL de Tambaú apontam para um consumo mensal de argila de cerca de 250 mil toneladas em Tambaú, devendo a demanda alcançar 5 milhões de toneladas/ano para a microrregião de São João da Boa Vista.

Levantamento do IPT⁵ cadastrou 10 principais minas que têm participado da produção na região, estando parte delas atualmente paralisada, em virtude, principalmente, de ajustes frente à legislação mineral e ambiental. Além dessa dezena de jazidas, o município

de Tambaú encontra-se parcialmente recoberto por 78 processos minerários relacionados à substância mineral argila, destacando-se três regiões onde existem maiores concentrações.

A comparação entre o número de mineradoras operando em Tambaú, cerca de 10 empresas, e os processos minerários incidentes no município, que totalizam 78 títulos minerários, evidencia o grande potencial de ampliação das minas regularizadas em operação e a expectativa da entrada de novos fornecedores nesse mercado mineral.

No entanto, como acontece em todos os APLs minero-cerâmicos paulistas, a atividade mineral na região de Tambaú desenvolve-se de maneira desordenada, sendo que em grande parte das minas de argila não há investimentos adequados em pesquisa mineral e no planejamento da lavra³. Estas deficiências técnicas estendem-se para práticas não satisfatórias no controle e recuperação ambiental das minas e na própria regularização dos empreendimentos. Apesar de esforços mais recentes dos empresários em corrigir essas limitações, as carências técnicas e gerenciais dos empreendimentos minerários continuam a afetar a indústria cerâmica, impondo dificuldades ao controle na padronização e qualidade das matérias-primas, que se refletem em perdas significativas dentro da cerâmica, e incertezas no suprimento em decorrência da necessidade do cumprimento da legislação minerária e ambiental.

Nesse contexto de suprimento mineral falho, a implantação de uma central de massa tem condições de melhorar substancialmente as matérias-primas atualmente ofertadas ao mercado, com expectativas de ganhos de produtividade e de melhoria da qualidade dos produtos.

4. Projeto Conceitual da Central de Massa Cerâmica

O projeto concebido para a central de massa abrange uma unidade de beneficiamento de matérias-primas cerâmicas, cujas operações buscam a obtenção de argilas homogêneas e massas (misturas) dosadas, ambas com propriedades controladas.

Com relação à situação geográfica da unidade de beneficiamento, uma referência logística importante é a sua proximidade com as indústrias consumidoras. O módulo básico inicialmente idealizado leva em conta o principal parque industrial consumidor na região, situado no município de Tambaú. Nesse APL, as indústrias estão localizadas junto à zona urbana, o que implica a alocação dessa unidade de processamento mineral nas cercanias da cidade, em zona rural ou industrial, em consonância com a legislação de ordenamento territorial do município.

Para o projeto concebido, a área requerida para a central de massa é de cerca de 20 ha, sendo recomendável a disponibilidade de terrenos nos seus entornos, destinados a acomodar um parque industrial para a cadeia produtiva minero-cerâmica, que poderá abrigar novas unidades cerâmicas e empresas subsidiárias.

Considerando, a minimização de custos de investimentos e as características inovadoras do empreendimento, a concepção do projeto de central de massa partiu de três fundamentos básicos:

- Unidade de processamento habilitada para comercialização de produtos minerários – matérias-primas e massas cerâmicas –, com propriedades controladas e mínima variabilidade no fornecimento ao longo do tempo;
- Capacidade de produção que possibilite ganhos significativos de escala, congregando equipamentos de fabricação em série para minimização de custos de investimentos; e
- Unidade modular, permitindo o aumento da capacidade produtiva e aprimoramentos de processos.

Para esse projeto de beneficiamento de argilas e formulação de misturas, há várias possibilidades de estruturação do sistema operacional, sendo relevantes, entre outros, os seguintes fatores:

- Demanda para os seus produtos, com uma expectativa de alcançar um maior número de consumidores;

- Tipologia dos produtos dos potenciais consumidores – os APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul contam com uma produção diversificada (provavelmente, com um dos maiores portfólios brasileiros de peças de cerâmica vermelha), com destaque a fabricação de telhas, blocos, lajes, elementos vazados, adornos e utensílios, tubos, pisos, entre outros;
- Tipos básicos de matérias-primas, a partir dos quais seja possível realizar misturas em proporções adequadas para atender às particularidades de cada um dos segmentos consumidores. Levando-se em conta as argilas empregadas tradicionalmente nos APLs e a potencialidade de reservas na região, foram considerados três padrões básicos de matérias-primas – **principal** (taguá mole – argilas intemperizadas da Formação Corumbataí), **fundente** (taguá duro – rochas argilosas da Formação Corumbataí) e **argila plástica** ou **ligante** (argilas aluvionares); e
- equipamentos de beneficiamento de materiais argilosos e de preparação de massa disponíveis no mercado, e fornecedores qualificados acessíveis.

No desenvolvimento do projeto conceitual, foram estudadas alternativas de rotas de processo e escala de produção, chegando-se a um esboço básico. A partir desse esboço, foram consultados fabricantes de equipamentos no Brasil – Verdés S.A. Máquinas e Instalações, e Pricemaq – Indústria Comércio Importação e Exportação Ltda. e a Talleres Jois S.A., com instalações na Espanha. Com técnicos especialistas dessas três empresas foi detalhadamente analisada a compatibilidade das variantes operacionais inicialmente idealizadas, com as linhas de equipamentos disponíveis no mercado.

Subsidiando-se nos estudos apresentados por esses fornecedores especializados, consolidaram-se os elementos técnicos e econômicos do projeto conceitual da central de massa para o APL de Tambaú e região.

A Figura 3 apresenta o *layout* do projeto preliminar dessa unidade de beneficiamento, no qual constam a linha de equipamentos, instalações e sequência de operações. Parte dos equipamentos indicados encontra-se disponível no mercado, como os de cominuição, sendo que outros deverão ser construídos para adequar a este projeto. O principal deles é a empilhadora, que, apesar de ser largamente utilizada na homogeneização de minérios (minerações de ferro, cimenteiras, etc.) não é empregada no beneficiamento de argilas para cerâmica no Brasil.

Apesar da demanda anual de matérias-primas da região dos APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul situar-se na faixa de 5 milhões de toneladas, optou-se pelo desenvolvimento de um projeto modular com uma unidade de partida de capacidade menor, sem prejuízo de ganhos de escala, de tal forma que haja possibilidade de melhorias na montagem dos módulos subsequentes. ****

4.1. Processamento industrial: beneficiamento de argilas e formulação de massas

O projeto formulado é dotado de três módulos de equipamentos de cominuição e uma empilhadora. Essa empilhadora poderá ser construída para atender de um a três módulos de operação, podendo também ser idealizada para trabalhar, inicialmente, com uma linha de cominuição e, com pequenas adaptações, ampliar a sua capacidade para atender os módulos complementares.

Os módulos foram projetados com uma capacidade unitária de 450.000 t.ano⁻¹, o que propiciará uma grande versatilidade ao projeto da central, permitindo ampliação da capacidade produtiva para 900.000 t.ano⁻¹ (dois módulos) e 1.350.000 t.ano⁻¹ (três módulos), correspondendo, nesse nível máximo de produção, a cerca de 45% do consumo atual do APL de Tambaú e a 27% da demanda regional.

****Ao se observar os empreendimentos mineiro-industriais implantados, percebe-se que há uma evolução a cada nova planta projetada, sendo que o mesmo deve ser esperado para a unidade de processamento de argila deste estudo.

Para essa capacidade instalada dos módulos de produção, os equipamentos de cominuição são de 90 t.hora⁻¹ e a empilhadora poderá operar com 90, 180 ou 270 t.hora⁻¹.

A seguir, descreve-se, de maneira sucinta, a rota de processamento projetada, com respectivas operações e equipamentos, concebida em três operações unitárias principais: 1ª etapa: recepção, estocagem e controle; 2ª etapa: cominuição e homogeneização; e 3ª etapa: composição de massas.

1ª Etapa: recepção, estocagem e controle das matérias-primas

Há necessidade de um amplo espaço para recepção e armazenagem das matérias-primas provenientes das minas, o qual deverá ser dividido por tipos de argilas (principal, fundente e plástica) e, dentro de cada tipo, é recomendável estocar separadamente os lotes de cada mina com propriedades distintas.

Uma equipe composta por profissionais (técnicos de mineração ou em cerâmica) deverá realizar amostragens sistemáticas das pilhas e ensaios físicos e tecnológicos das argilas. Para tanto, será necessária a instalação de um laboratório para análises e ensaios expeditos para caracterização das matérias-primas oriundas das minas, controle do processo de beneficiamento e qualificação controlada dos produtos (matérias-primas e massas).

O dimensionamento das pilhas de estocagem será efetuado em função do perfil da demanda dos produtos, observando-se que lotes maiores propiciam um fornecimento homogêneo por um prazo mais longo.

2ª Etapa: cominuição, empilhamento e homogeneização

A cominuição consiste na redução de tamanho dos fragmentos de rocha provenientes da lavra para partículas de até no máximo 3 mm, que corresponderá à granulação dos produtos finais fornecidos às cerâmicas.

Partindo-se das matérias-primas estocadas no pátio, a rota de processo é praticamente a mesma para todas as matérias-primas homogeneizadas e produtos finais, assim sintetizados:

- Uma pá carregadeira carrega os caminhões basculantes de matéria-prima in natura que a transportam do pátio para o caixão alimentador.
- O caixão alimentador de sapatas abastece o destorroador, que efetua a redução granulométrica dos fragmentos de 25 para 5 cm.
- Rota das argilas brandas - argilas principal (taguá mole) e plástica (argila de várzea):
 - as argilas principal e plástica passarão, sucessivamente, pelo destorroador, desintegrador e laminador de desbaste, sendo, em seguida transportadas para a empilhadora que, por meio do descarregamento controlado em movimentos retilíneos sucessivos, formará pilhas prismáticas longitudinais alongadas.
 - por este sistema de deposição o material é homogeneizado, com suas propriedades permanecendo constantes em toda pilha produzida.
- Rota do material duro: argila fundente (taguá duro):
 - o taguá duro passará pelo destorroador e, em seguida, conduzido por correias transportadoras para o moinho de martelos, trabalhando em circuito fechado com uma peneira com tela de 3 mm; e, posteriormente, o material passante é umidificado e transportado para a empilhadora que formará pilhas longitudinais homogêneas.

Na concepção deste projeto haverá uma única empilhadora para as três diferentes matérias-primas. Cada matéria-prima deverá ter duas pilhas, sendo uma em consumo e outra em formação. Este processo de empilhamento garante a homogeneização de matérias-primas de diferentes fontes, o que possibilita um melhor aproveitamento das jazidas, e aumento de produtividade, uma vez que não será necessário realizar lavra seletiva. O *layout* esquemático do 2º estágio de processamento da central pode ser visto na Figura 4.

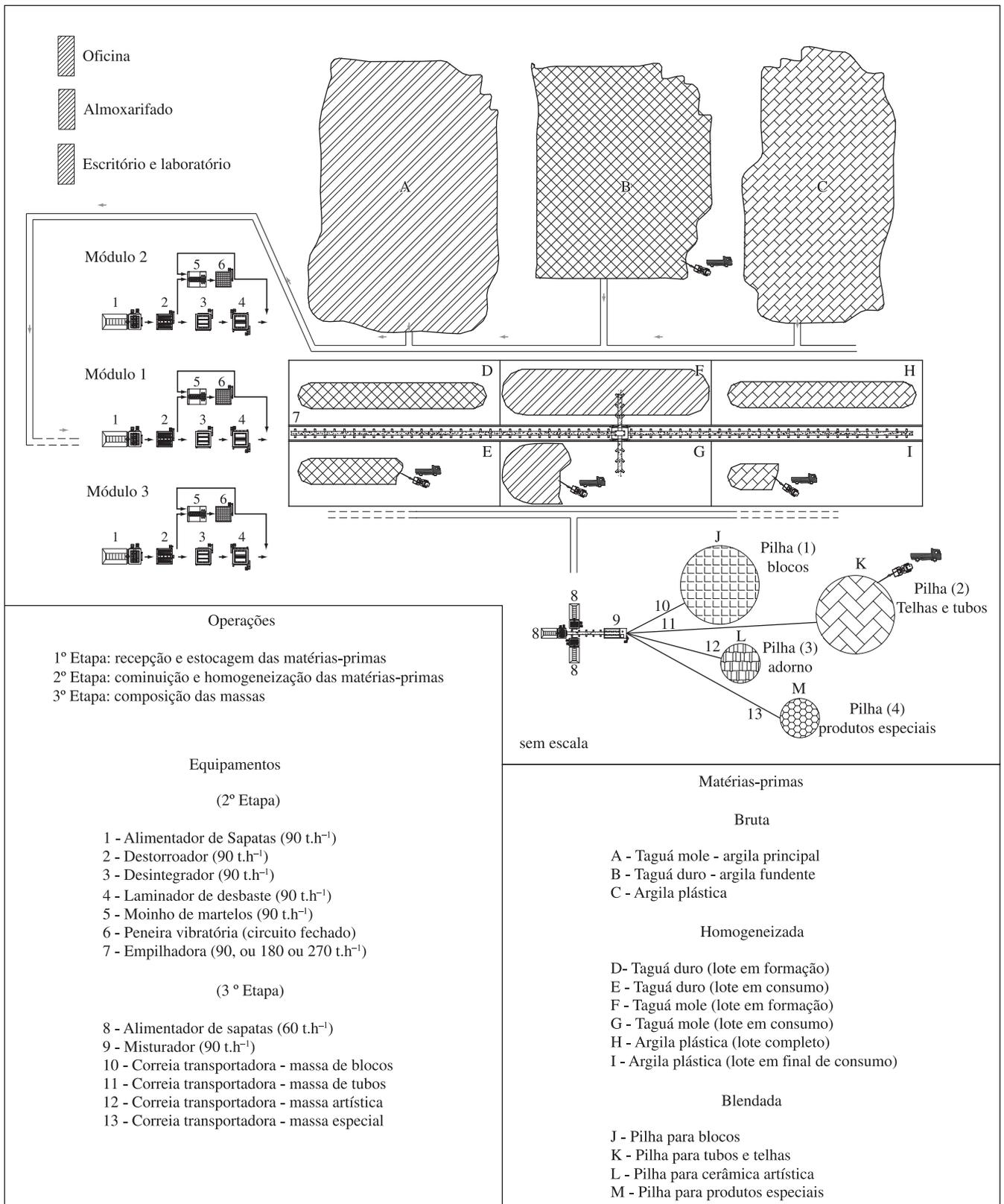


Figura 3. Layout da central de preparação de massas cerâmicas. Fonte: elaborado pelos autores.

3ª Etapa: composição de massas

Estando as três diferentes matérias-primas estocadas em pilhas homogêneas, uma pá-carregadeira fará a retomada, abastecendo caminhões basculantes que transportarão as argilas para a estação de blendagem (mistura). Esta unidade é composta por três alimentadores de sapatas, sendo cada um deles destinado a receber um tipo de

matéria-prima em proporções pré-estabelecidas para cada massa. A vazão de cada alimentador pode ser controlada por velocidade de fluxo ou balança dosadora.

As três matérias-primas alimentarão um misturador de pás que fará a completa homogeneização das diferentes massas. O misturador alimentará uma correia transportadora que formará pilhas cônicas para

cada tipo de massa. Inicialmente, foi estipulado quatro tipos de massa: para blocos e lajes, para telhas e tubos, para cerâmicas de adorno e um quarto tipo destinado a formulações especiais. A Figura 5 ilustra o layout desse 3º estágio operacional da central.

Quanto à distribuição às cerâmicas, é recomendável unidades de transporte de médio porte, considerando a necessidade de traslado urbano, e um regime de operação preferencialmente diurno, em 5 ou 6 dias por semana e 12 meses por ano.

4.2. Regime de trabalho

Os equipamentos de cominuição das argilas principal e plástica podem operar com matérias-primas úmidas. Já o taguá duro (argila fundente) só poderá ser processado no moinho de martelos com baixa umidade (inferior a 5%), de tal forma que a sua produção e estocagem deverão se realizar nos meses mais secos do ano.

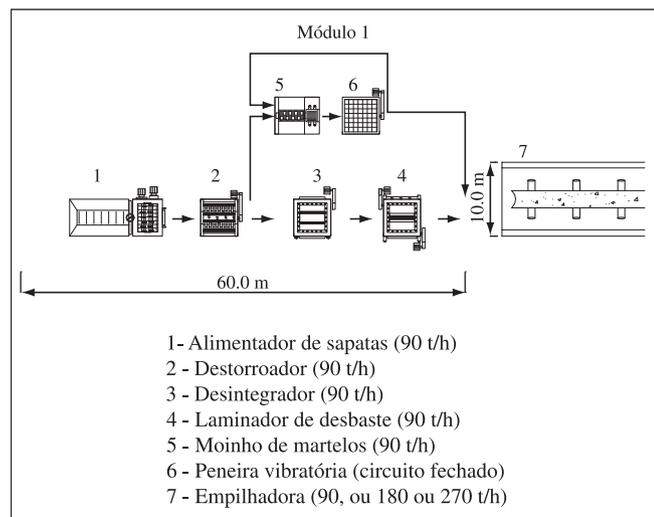


Figura 4. Central de massa: 2ª etapa – cominuição, empilhamento e homogeneização.

Os equipamentos deverão operar em regime diário de três turnos de oito horas. Das 24 horas, é conveniente que três sejam de paralisação das operações, com esse período correspondendo ao pico de demanda de energia elétrica (redução de custo), sendo aproveitado para inspeções e manutenção preventiva. No sétimo dia da semana não deverá haver produção e os equipamentos sofrerão uma manutenção programada, envolvendo trocas de peças de desgaste, e demais serviços auxiliares. Nos dois meses de maior intensidade pluviométrica, é programada a paralisação da central para manutenção geral, com intuito de se evitar paradas inesperadas, possibilitando sua operação sem interrupções no período seguinte e maximizando sua produtividade. Essa paralisação poderá ser também utilizada para as férias coletivas dos operadores. Para que esse regime de produção seja possível, será necessária a manutenção dos estoques em um nível que possa suprir os clientes no período de paralisação.*****

A Tabela 1 relaciona os ciclos de operação e as respectivas produções para uma unidade modular da central de massa com a capacidade instalada de 90 t.hora⁻¹ e anual de 450.000 t.

4.3. Investimentos

O orçamento efetuado baseia-se nos valores e estimativas obtidos nos levantamentos efetuados com as empresas fornecedoras. Para os equipamentos com custos em aberto, tais como peças e

*****O regime de trabalho sugerido para a central de massa é usualmente praticado na grande mineração, em indústrias de papel e celulose, siderúrgicas, petroquímicas, entre outras.

Tabela 1. Ciclos de operação e capacidade de produção por unidade modular da central de massa.

	Período	Produção (toneladas)
1 Hora		90
Horas/dia	20	1.800
Dias/semana	6	10.800
Dias/mês	25	45.000
Meses/ano	10	450.000
Total de horas	5.000	450.000

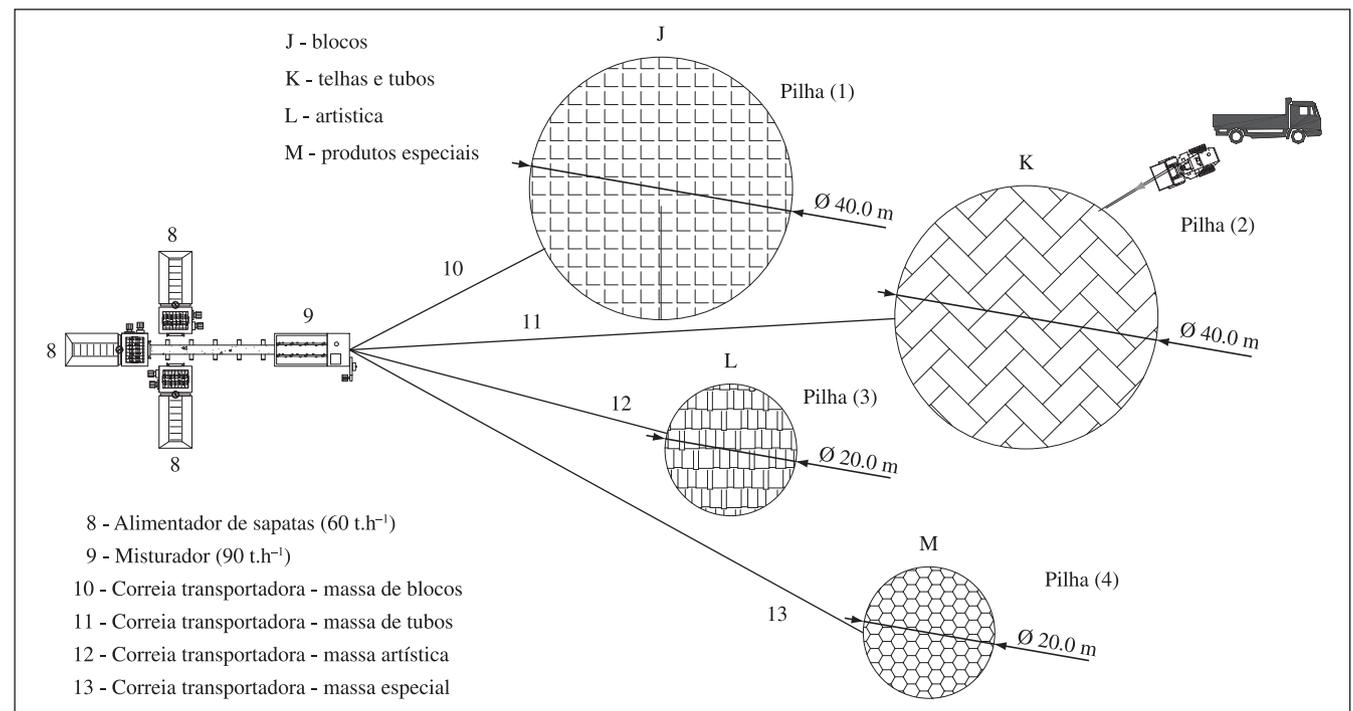


Figura 5. Central de Massa: 3ª Etapa – composição de massas.

equipamentos complementares (trilhos, esteiras, etc.), foi estabelecida uma margem de 20% para sua cobertura, incluídas também as obras civis. Outros procedimentos e correspondentes investimentos necessários à montagem da central, tais como aquisição de imóvel, licenciamento ambiental e estruturação fiscal da empresa operadora são previstos, mas não foram computados nesta apreciação preliminar de custos. A Tabela 2 apresenta um resumo dos investimentos para os equipamentos estacionários e instalações.

Os valores totais alcançados estão na faixa entre R\$ 4,7 a 8 milhões, respectivamente para a capacidade mínima (450.000 t.ano⁻¹) e máxima (1.350.000 t.ano⁻¹) instaladas.

Além desse conjunto de equipamentos estacionários, devem ser acrescentados outros dois importantes investimentos que complementam as operações da central de massa: equipamentos móveis (pás-carregadeiras, caminhões basculantes, e veículos de apoio e utilitário), e equipamentos e instalações do laboratório de caracterização de matérias-primas e controle de processo, cujos valores estão estimados na Tabela 3^{*****}. A Tabela 4 apresenta um resumo dos investimentos globais para a montagem da central de massa.

Os investimentos globais para a montagem da central de massa estão na faixa entre R\$ 7,4 a 10,8 milhões, respectivamente para a capacidade mínima (450.000 t.ano⁻¹) e máxima (1.350.000 t.ano⁻¹) instaladas. Esses valores representam uma primeira aproximação dos principais investimentos e indicam com segurança ordens de grandeza que poderão servir de referência para o detalhamento do projeto e a formulação de um plano de negócio para a sua condução empresarial.

4.4. Análise preliminar de variáveis econômicas na implantação da central de massas

Uma apreciação preliminar do significado dos investimentos para a instalação da central de massa por meio de unidades modulares pode ser demonstrada pela comparação entre o aumento da capacidade de produção e os valores de investimentos (Tabela 5).

Observa-se que à medida que se amplia em taxas aritméticas de 100% a capacidade instalada, os custos de investimentos são acrescidos de apenas 35%, com a implantação do 2º módulo e 73% com os três módulos operando. Os resultados obtidos de R\$ 10,37, R\$ 7,03 e R\$ 5,98 representam o custo do investimento por tonelagem de capacidade anual de processamento de matéria-prima, sendo que o decréscimo desse fator se dá em taxas significativas de 32 e 42%, para ampliações sucessivas para dois e três módulos de operação.

Outra informação econômica relevante é o impacto do investimento no custo dos produtos a serem comercializados. A Tabela 6 apresenta uma simulação simplificada do peso do investimento em equipamentos fixos para as três escalas modulares de produção, considerando a amortização em cinco anos e juros anuais de 6%.

^{*****}Os custos de equipamentos móveis tiveram suas estimativas simplificadas, considerando-se fixos em relação às escalas de produção. Trata-se de máquinas e equipamentos com flexibilidade operacional, com alternativas de aquisição (unidades novas ou usadas), podendo também ser alugadas.

Os resultados decrescentes obtidos de R\$ 1,80, R\$ 1,22 e R\$ 1,04 representam o valor a ser remunerado no custo da tonelada das massas para a amortização do investimentos, respectivamente, para a capacidade de 1, 2 e 3 módulos instalados no empreendimento.

A Tabela 7 contém uma simulação similar nas mesmas bases para aquisição dos equipamentos móveis e a montagem do laboratório, resultando em valores de R\$ 1,38, R\$ 0,69 e R\$ 0,46, equivalendo ao peso desses investimentos no custo da tonelada das massas, nas escalas crescentes de produção.

Comparando-se esses valores obtidos para o custo unitário dos investimentos nos produtos finais (massas prontas) com os preços das argilas comercializadas in natura na região (acima de R\$ 20,00.t⁻¹ FOB), constata-se que o impacto dos investimentos totais é relativamente baixo, variando de 15 a 5% (1 a 3 módulos operando) no preço final dos produtos.

Uma expectativa importante diz respeito às vantagens econômicas das cerâmicas com o abastecimento de matéria-prima a partir da central de massa, como ganhos de produtividade, em função da diminuição de perdas no processo, dos custos de investimentos e operacionais (estocagem de argilas, preparação das misturas), de despesas com o manuseio e destino de refugos, e da melhoria da qualidade dos produtos.

No entanto, deve-se considerar também que, em decorrência das operações de beneficiamento, poderá haver um acréscimo de custo e, conseqüentemente, nos preços das matérias-primas fornecidas pela central em relação às argilas in natura atualmente consumidas.

A Tabela 8 apresenta uma simulação comparativa entre o resultado do faturamento de uma cerâmica consumindo matérias-primas fornecidas in natura e pela central de massa. A expectativa é que no segundo caso obtenha-se ganhos de produtividade na manufatura cerâmica, que se restringe neste exercício, de maneira simplificada, apenas à diminuição de perdas.

Levando-se em conta os valores estabelecidos, tem-se que para cada 1% na redução na geração de refugo, poderá ser acrescido 10% no custo da matéria-prima. Esta margem para cobertura do custo das massas, pode ser ampliada, como visto, por outros ganhos de produtividade e redução de custos dentro das cerâmicas.

Tabela 3. Investimentos: equipamentos móveis e laboratório.

Equipamentos móveis		R\$
Pá - carregadeira	3	1.200.000
Caminhões basculantes	6	1.200.000
Veículo de apoio	1	30.000
Utilitário	1	50.000
Total		2.480.000
Laboratório: equipamentos e instalações		300.000

Tabela 2. Central de massa: investimentos para os equipamentos estacionários e instalações.

Capacidade instalada (t.h ⁻¹)	Investimentos: 1 a 3 módulos			Soma (R\$)	Obras civis (estimativa) 20% (R\$)	Total (R\$)
	2ª etapa	3ª etapa				
	Cominuição (R\$)	Empilhadora (R\$)	Mistura (R\$)			
90	1.010.200	2.880.072	646.400	3.890.272	778.054	4.668.326
180	2.020.400	3.249.312	646.400	5.269.712	1.053.942	6.323.654
270	3.030.600	3.692.400	646.400	6.723.000	1.344.600	8.067.600
Obs.	Estimado: moinho de martelos	Faltam trilhos e demais acessórios não cotados	Estimado: misturador e correias transportadoras	Somente equipamentos estacionários	Estimativa, incluindo também os equipamentos não cotados	

Tabela 4. Central de massa: totalização dos investimentos.

	Capacidade instalada (t.h ⁻¹)	Equipamentos estacionários (R\$)	Equipamentos móveis (R\$)	Laboratório (R\$)	Total (R\$)
1 Módulo	90	4.668.326	2.480.000	300.000	7.448.326
2 Módulos	180	6.323.654	2.480.000	300.000	9.103.654
3 Módulos	270	8.067.600	2.480.000	300.000	10.847.600

Tabela 5. Relação entre valores de investimentos – equipamentos estacionários e capacidade instalada na central de massa.

Capacidade instalada	Equipamentos estacionários		
	1 módulo	2 módulos	3 módulos
t.dia ⁻¹	1.800	3.600	5.400
t.mês ⁻¹	45.000	90.000	135.000
t.ano ⁻¹	450.000	900.000	1.350.000
Investimentos	4.668.326	6.323.654	8.067.600
Custo do investimento – R\$.t ⁻¹ de argila	10,37	7,03	5,98

Tabela 6. Peso da amortização do investimento em equipamentos estacionários no custo dos produtos da central de massa.

Estrutura da central de massa	Equipamentos estacionários		
	1 módulo	2 módulos	3 módulos
Capacidade instalada	270 t.h ⁻¹	180 t.h ⁻¹	90 t.h ⁻¹
Juros	%.ano ⁻¹	6%	6%
Investimento	R\$ × 1.000	8.068	6.324
Pagamento	anos	5	5
Parcela	(R\$.ano ⁻¹) × 1.000	1.402	1.099
Custo Unitário	R\$.t ⁻¹	1,80	1,22

Tabela 7. Peso da amortização dos investimentos – equipamentos móveis e laboratório – no custo dos produtos da central de massa.

Equipamentos móveis e laboratório			
Investimento inicial – R\$	2.780.000		
Juros – % anual	6		
Pagamento – anos	5		
Parcela – R\$	622.605,65		
Estrutura da central de massa	3 Módulos	2 Módulos	1 Módulo
Capacidade instalada	270 t.h ⁻¹	180 t.h ⁻¹	90 t.h ⁻¹
Custo unitário – R\$.t ⁻¹	0,46	0,69	1,38

Tabela 8. Simulação da sensibilidade sobre os custos das matérias-primas processadas na central de massa e ganho de produtividade.

	Produção atual	Produção simulada
Custo da matéria-prima (R\$.unidade ⁻¹)	50	55
Vendas de peças (unidade.mês ⁻¹)	1.000	1.000
Preço de venda (R\$.unidade ⁻¹)	500	500
Refugo (%)	10	9
Disponível para venda	900	910
Faturamento (cerâmica) (R\$)	450.000	455.000
Custo da matéria-prima (R\$)	50.000	55.000
Resultado (faturamento com desconto do custo da matéria-prima) (R\$)	400.000	400.000

Essas simulações efetuadas trazem indicativos importantes da exequibilidade da implantação da central, e os ganhos que a especialização produtiva e o suprimento mais qualificado devem propiciar aos APLs. Isto se verifica pelo impacto assimilável dos investimentos da central nos custos das matérias-primas a serem ofertadas aos ceramistas. É demonstrada também pelo fato de que o provável aumento do preço de compra das matérias-primas pelas cerâmicas deverá ser completamente coberto pelos seus ganhos de produtividade, além de outras vantagens não analisadas neste trabalho (p.ex. agregação de valor com a melhoria da qualidade dos produtos).

5. Considerações Finais

O estudo em questão possibilitou o dimensionamento preliminar de uma central de produção de massa para padronização e melhoria da qualidade da matéria-prima mineral nos arranjos produtivos locais – APLs minero-cerâmicos de Tambaú e Vargem Grande do Sul.

Como produto técnico principal, foi elaborado um projeto conceitual de central de massa cerâmica composta, basicamente, pelo esboço do *layout* da estrutura produtiva, dimensionamento dos equipamentos estacionários e móveis, operações unitárias de processamento de substâncias e produtos minerais, estimativas de investimentos, no qual se inclui um laboratório para caracterização tecnológica cerâmica e equipe de colaboradores.

Considerando a minimização de custos de investimentos e as características inovadoras do empreendimento para o setor de cerâmica vermelha, optou-se pelo desenvolvimento de um projeto modular com uma unidade de partida de capacidade menor, sem prejuízo de ganhos de escala, conferindo maior flexibilidade à incorporação de aprimoramentos na montagem dos módulos complementares.

Os valores de investimentos para os equipamentos estacionários variam de R\$ 4,7 a 8 milhões, respectivamente para a capacidade mínima (450.000 t.ano⁻¹) e máxima (1.350.000 t.ano⁻¹) instaladas.

Considerando os equipamentos móveis, os investimentos totalizam R\$ 7,4 e 10,8 milhões, respectivamente para a capacidade mínima e máxima. Esses valores correspondem a um orçamento preliminar para os principais investimentos e constituem referências confiáveis para o detalhamento do projeto e a formulação de um plano de negócio para a sua condução empresarial.

As simulações efetuadas sobre impactos dos investimentos nos custos das matérias-primas indicam valores compatíveis com preços de comercialização, e que podem ser cobertos em maior ou menor amplitude, a depender da capacidade empresarial, pelos ganhos de produtividade das cerâmicas.

Outros benefícios esperados aos negócios dos ceramistas advindos do suprimento mais qualificado, realizado por uma atividade especializada de processamento de massas cerâmicas, correspondem à possibilidade de diversificação e agregação de valor aos produtos e a simplificação das plantas industriais, visto que algumas das etapas de preparação de massa, que tradicionalmente são feitas dentro das próprias cerâmicas, seriam assimiladas pela central. Esse último desdobramento criaria condições para a ampliação do foco empresarial no negócio efetivo do ceramista, isto é, na manufatura e venda de peças cerâmicas.

Além desses benefícios econômicos ao setor produtivo, esse sistema inovador de suprimento mineral criará uma necessidade de mão-de-obra mais qualificada, com impactos sociais na região. Ambientalmente, a produção mineral na região dar-se-á em bases mais sustentáveis, por meio da otimização do aproveitamento das jazidas de argila e pela necessidade de práticas de lavra com maior controle dos impactos ao meio ambiente.

A implantação da central de massa deve corresponder a um “*up grade*” na base tecnológica da cadeia produtiva dessas aglomerações industriais mínero-cerâmicas, exigindo para sua condução alta profissionalização e organização administrativa.

Ao se analisar o grau evolutivo dos APLs de Tambaú e Vargem Grande do Sul, a despeito de importantes iniciativas do setor empresarial e demais atores atuantes localmente (prefeituras, Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo – SD, Sebrae, Senai, IPT, entre outros) que, certamente, vêm propiciando o seu aprimoramento competitivo, constata-se a grande dificuldade dessas aglomerações na construção de uma matriz de competências, técnica, gerencial e econômica, necessária ao êxito de um projeto dessa envergadura.

O sucesso da viabilização da central de massa deve passar pelo avanço na maturidade e no ganho de competências desses APLs, envolvendo uma coalizão de atores-chaves, na qual devem ser incluídos: o setor empresarial, agentes públicos (prefeituras, SD – como agente coordenador da Rede Paulista de Apoio aos APLs, entre outros), centros de ensino, pesquisa e inovação e de apoio empresarial (IPT, Senai, Sebrae) e instituições de crédito e financiamento. É importante salientar a oportunidade desses APLs em atrair novos participantes, que possam agregar novas competências empresariais, tecnológicas e econômicas, facilitando a implementação do empreendimento.

Nesse ponto alinham-se duas primeiras sugestões para continuidade deste trabalho. Como passos seguintes na viabilização do projeto da central de massa, são indicadas como ações fundamentais a elaboração do projeto executivo e estudos para formatação do modelo de negócio.

O primeiro estudo abordará a formulação de massas padrões, detalhamento das operações, equipamentos e investimentos da central. O segundo deverá envolver a análise das formas viáveis de condução empresarial do empreendimento (p.ex. gestão consorciada na forma de cooperativa, possibilidade de participação de novos

empreendedores relacionados a empresas brasileiras tradicionais do setor mineral e a fábricas de equipamentos, entre outras), e das possibilidades de políticas públicas de apoio à montagem e operação da central, tais como formas de financiamento, cursos de treinamento e capacitação, e desenvolvimento de novos produtos. Ainda dentro dessa segunda iniciativa, além de formatar o modelo da estrutura do negócio, caberia às instituições parceiras do APL fomentar as condições para que se concretize a empresa ou consórcio empresarial que assuma a condução dos negócios da central de massa.

Uma terceira ação para ser apoiada refere-se à realização de um programa de extensão tecnológica para qualificação dos mineradores e fornecedores de argilas. O fortalecimento da base da cadeia produtiva mínero-cerâmica desses APLs é necessário e urgente, independente da implementação da central de massa.

A expectativa é de que o êxito da continuidade dos trabalhos e da montagem da central de massa se reverta em ganhos efetivos ao setor produtivo, com relevantes benefícios de transbordamento socioeconômicos aos municípios da região de Tambaú.

Por envolver uma modalidade de APL comum no cenário nacional, os estudos ora em execução para viabilização do negócio e a instalação da central de massa poderão servir de efeito demonstração para outros arranjos produtivos similares no país, criando condições para uma mudança de patamar de competitividade da indústria de cerâmica vermelha brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas Verdés, Pricemaq e Talleres Jois, que por meio de seus competentes profissionais, forneceram informações e sugestões que muito contribuíram para a concepção do projeto da central de massa, aos pesquisadores do IPT Ayrtton Sintoni e André Baradel, pela revisão crítica do texto, e Isabel Cristina C. Fiammetti pela elaboração das ilustrações.

Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – ABC. **Informações técnicas**: homepage. São Paulo: ABC, 2009. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>> Acesso em: 09/11/2009.
2. CABRAL Jr., M. O setor de cerâmica vermelha e a pequena empresa: desafios ao desenvolvimento em bases sustentáveis. In: SEMINÁRIO SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E MERCADO DE CARBONO PARA A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA, 2006, São Paulo. São Paulo: Sebrae, 2006. (Palestra apresentada).
3. CABRAL Jr., M. **Caracterização dos Arranjos Produtivos Locais (APLs) de base mineral no Estado de São Paulo**: subsídios à mineração paulista. Campinas, 2008. 281 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Campinas - UNICAMP.
4. CABRAL Jr., M.; CRUZ, T. T.; TANNO, L. C.; SINTONI, A.; DEL-MONTE, E.; FERREIRA, A. L. B.; FIAMMETTI, I. C. C. F. **Estudo para implantação de uma central de massa para os arranjos produtivos mínero-cerâmicos de Tambaú e Vargem Grande do Sul**. São Paulo: IPT, 2009. 47 p.
5. DEL-MONTE, E.; ALMEIDA, A. S.; FIAMMETTI, I. C. C.; TANNO, L. C.; MOTTA, J. F. M.; CABRAL Jr., M.; SINTONI, A.; MESSIAS, L. de S. **Aprimoramento da competitividade do arranjo produtivo local**: APL mínero-cerâmico de Tambaú. São Paulo: IPT, 2006. 176 p.
6. MACHADO, S.; GUBITOSO, E. B.; YANO, L.; DEL-MONTE, E.; TANNO, L. C.; CABRAL Jr., M.; CAMARGO, A. C.; METIDIÉRI, C.; FIESS, J. **Oportunidades de políticas públicas no APL de Itu**. São Paulo: IPT, 2004. 81 p.