



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS / FACULDADE DE GEOLOGIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOLOGIA DE MINAS E TÉCNICAS DE  
LAVRAS À CÉU ABERTO

**DIEGO AGOSTINI CORDEIRO**

**Análise das extrações de argila no polo cerâmico de Penápolis/SP.**

**Belém – PA**

**2017**

**DIEGO AGOSTINI CORDEIRO**

**Análise das extrações de argila no polo cerâmico de Penápolis/SP.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Geologia de Minas e Técnicas de Lavras à Céu Aberto  
Orientador: Prof. Dr. Estanislau Luckizinsk

**Belém – PA**

**2017**

## Ficha catalográfica

**DIEGO AGOSTINI CORDEIRO**

**Análise das extrações de argila no polo cerâmico de Penápolis/SP.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Geologia de Minas e Técnicas de Lavras à Céu Aberto  
Orientador: Prof. Dr. Estanislau Luckizinsk

Data da aprovação: .../.../.....

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

(Orientador)

(Titulação e área. Ex: Doutor em Geologia)

(Instituição Ex: Universidade Federal do Pará)

---

(Membro da Banca)

(Titulação e área. Ex: Doutor em Geologia)

(Instituição Ex: Universidade Federal do Pará)

---

(Membro da Banca)

(Titulação e área. Ex: Doutor em Geologia)

(Instituição Ex: Universidade Federal do Pará)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Carla da secretaria do curso de Geominas, que me mostrou a luz no fim do túnel e me ajudou nos momentos mais difíceis durante a trajetória do curso.

A todos os amigos e amigas que fiz ao longo do curso, que me deram grandes momentos de diversão em Belém e pelas diversas conversas à distância, tenho certeza que serão para a vida toda.

Agradeço aos meus sócios na Estrato Projetos, Oswaldo, Paula e Junior, que participaram até o momento de minha vida profissional, que me motivou a fazer este curso.

Agradeço aos meus amigos e irmãos Bruno, Abdo e Rafael, que estão sempre presentes em minha jornada.

À Mirele e ao Rodolfo um agradecimento especial, são as pessoas que mais moldaram meu modo de pensar e conduzir minha vida com positividade e força vontade, superando todos os obstáculos com cabeça em pé.

E finalmente agradeço às grandes mulheres da minha vida, minha avó Ana Rita, minha mãe Renata, minha irmã Nielle e minha esposa Bianca, em nome de toda a minha família, que me incentivaram sempre, forjando minha alma com força de vontade para finalizar esse curso.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é abordar a extração de argila para uso em cerâmica vermelha na região do polo cerâmico de Penápolis/SP, com base na análise de áreas de lavra em atividade, que não possuem acompanhamento técnico especializado e dedicado a lavra. Descrevendo o perfil no pequeno minerador regional, seu modo de operar a lavra e comercializar o minério extraído, propomos um aproveitamento mais eficiente da jazida para garantir melhorias na matéria-prima a ser beneficiada.

## **ABSTRACT**

This study aims to analyze the extraction of clay in order to produce red ceramics in the ceramic pole of Penápolis/SP through active mining areas, which do not have proper technical assistance dedicated to the mining activity. Thus, the article reports the small regional miner profile and its method of operating the mining activity and the trade of the extracted ore. Therefore, this work concludes pointing a more effective usage of the clay deposit to assure improvements in the gross material.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparação de escalas granulométricas diversas.....	13
Figura 2 - Polo Cerâmico de Penápolis.....	14
Figura 3 - Mapa Geomorfológico da Região de Penápolis.....	15
Figura 4 - Área de ocorrência das unidades suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná.....	16
Figura 5 - Fluxograma de extração de argila.....	20
Figura 6 - Croqui esquemático de uma extração de argila.....	25
Figura 7 - Fluxograma de uma indústria cerâmica.....	26
Figura 8 - Imagem de Satélite.....	27
Figura 9 – Diversas cavas na área de lavra.....	28
Figura 10 - Retroescavadeira de pequeno porte.....	29
Figura 11 - Retroescavadeira carregando trator.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratigrafia Local.....	18
Tabela 2 – Características dos depósito pelíticos. ....	19
Tabela 3 - Produção média de uma lavra de argila para uso em cerâmica vermelha .....	20
Tabela 4 - Correlação da Produção .....	21
Tabela 5 – Premissas dos Equipamentos .....	22

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

NBR - Norma Brasileira aprovada pela ABNT

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	11
1.1	Metodologia.....	11
2	Argila – Descrição física e geológica .....	13
2.1	Conceitos básicos .....	13
2.2	Geomorfologia.....	14
2.3	Geologia Regional.....	15
2.4	Geologia Local .....	18
3	Caracterização das Lavras de Argila .....	20
3.1	Escala de Produção .....	20
3.2	Infraestrutura da mina .....	21
3.3	Equipamentos de Lavra .....	21
3.4	Número de funcionários .....	23
3.5	Método de lavra .....	23
3.6	Drenagem .....	23
3.7	Decapeamento.....	23
3.8	Extração de argila e carregamento .....	23
3.9	Transporte.....	24
3.10	Disposição de rejeitos e estéreis .....	24
3.11	Insumos .....	24
3.12	Beneficiamento da matéria-prima .....	26
3.13	Massas Cerâmicas .....	26
4	Avaliação da operação das Lavras .....	27
4.1	Formação de tanques confinados .....	27
4.2	Aproveitamento ineficiente de argila e falta de equipamentos adequados ..	28
4.3	Situação de mercado .....	30
4.4	Outras fontes de matéria-prima.....	30
5	Conclusão .....	31
6	Bibliografia de referência .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

Este estudo abordará algumas práticas comuns nas lavras de argila da região de Penápolis, que fica a noroeste do estado de São Paulo, onde localiza-se um polo cerâmico, formado principalmente por pequenos empreendedores, sendo que alguns possuem indústrias instaladas há mais de cinquenta anos que foram herdadas de familiares, a produção é voltada à fabricação de blocos vazados, telhas, lajes e tijolos maciços.

Com a evolução industrial verifica-se que os ceramistas locais pouco progrediram na modernização de seus sistemas extrativos e produtivos, possuindo ainda um baixo grau de mecanização ou automação de sua produção e grande deficiência em aproveitamento do principal recurso mineral, a argila para uso em cerâmica vermelha. Verificando inclusive que não possuem acompanhamento técnico especializado e dedicado a atividade de lavra.

Descrevendo o perfil do pequeno minerador regional e seu modo de operar a lavra e comercializar o minério extraído, apresentaremos opções para um aproveitamento mais eficiente da jazida para garantir melhorias na matéria-prima a ser beneficiada.

Este estudo foi motivado a partir da crise que o polo cerâmico enfrenta devido à falta de disponibilidade de matéria-prima de qualidade, à falta de tecnologia para extração adequada nas áreas já em exploração e à dificuldade de concorrência com indústrias de outros estados que possuem maiores vantagens econômicas para comercializarem seus produtos beneficiados.

### 1.1 Metodologia

#### **1. Pesquisa bibliográfica para obtenção de dados referentes a geologia local.**

Reunir o material bibliográfico existente, trabalhos técnicos e profissionais realizados na região, de maneira a guiar as próximas etapas do projeto.

#### **2. Construção de base cartográfica.**

Elaborar uma base cartográfica com os dados obtidos da pesquisa bibliográfica e também com dados de mapeamento em campo.

#### **3. Avaliação da tecnologia atual utilizada para extração.**

Visitar as áreas de extração e relacionar o tipo de equipamento utilizado e avaliar se estão atendendo o objetivo com eficiência, ou seja, se o equipamento é

adequado para a extração no local, avaliando terreno, profundidade e capacidade de produção.

#### **4. Estudo de mercado de matéria-prima e produtos.**

Realizar pesquisa de mercado para verificar o valor de venda de matéria-prima e o valor de venda dos produtos produzidos na região, e comparar com os valores dos produtos vindos de outras regiões.

#### **5. Pesquisa de novas tecnologias disponíveis.**

Pesquisar tecnologias alternativas para a exploração mineral e fabricação de produtos cerâmicos.

#### **6. Interpretação dos dados coletados.**

Todas as informações e levantamentos realizados nas fases anteriores serão interpretados e as principais conclusões serão esboçadas.

#### **7. Elaboração do texto técnico final.**

Nesta fase será redigido o texto técnico de toda a proposta incluindo as principais conclusões e as propostas técnicas.

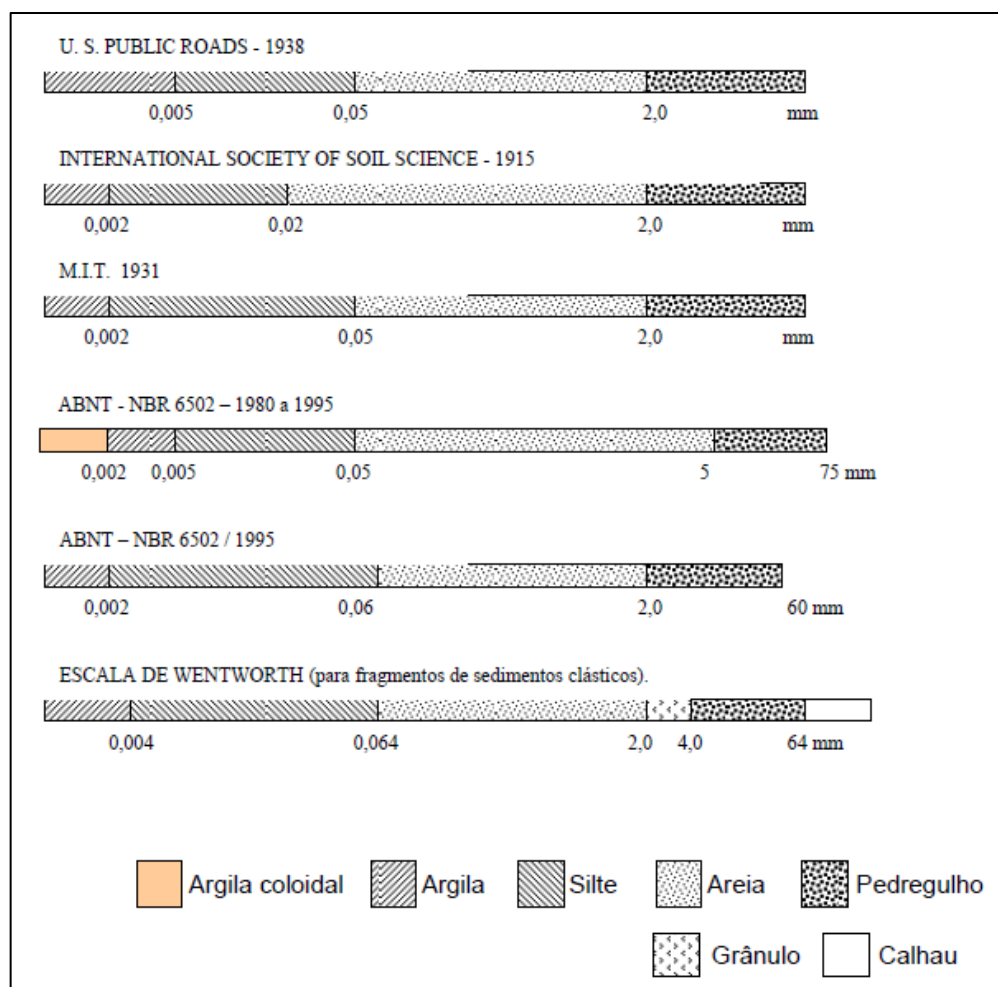
## 2 ARGILA – DESCRIÇÃO FÍSICA E GEOLÓGICA

### 2.1 Conceitos básicos

Argila é um material inconsolidado ou simplesmente um sedimento de uma rocha sedimentar, quando encontrada consolidada é considerada uma rocha denominada argilito.

O termo argila é empregado conforme a granulometria do sedimento, segundo a ABNT NBR 6502/1995, argila é um “solo de granulação fina constituído por partículas com dimensões menores que 0,002 mm, apresentando coesão e plasticidade”, porém existem algumas variações de classificação pela granulometria. Conforme divulgado pelo CPRM na Escala de Wentworth (para fragmentos de sedimentos clásticos), sedimentos com granulometria de até 0,004 mm são classificados como argila.

Figura 1 - Comparação de escalas granulométricas diversas.



Fonte: [http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/escala\\_de\\_wentworth.htm](http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/escala_de_wentworth.htm)

## 2.2 Geomorfologia

Geomorfologia: *geomorf* ramo da geologia física que estuda as formas do relevo terrestre atuais e investiga a sua origem e evolução.

A região de Penápolis está inserida no Planalto Ocidental, áreas indivisas, que ocorre no Noroeste do Estado de São Paulo. As formas de relevo características da região são relevos de degradação, que apresentam baixas declividades com valores até 15% e amplitudes locais inferiores a 100,0 metros. Os relevos de degradação são constituídos por colinas amplas e colinas médias. Na área de estudo o tipo predominante é do tipo de colinas amplas. Nesta forma de relevo predominam interflúvios com área superior a 4,0 km<sup>2</sup> com topos extensos e aplainados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. A drenagem apresenta baixa densidade com padrão subdentríptico. Os vales são do tipo abertos com planícies aluviais interiores restritas. Ocorre a presença eventual de lagos e lagoas perenes e também intermitentes.

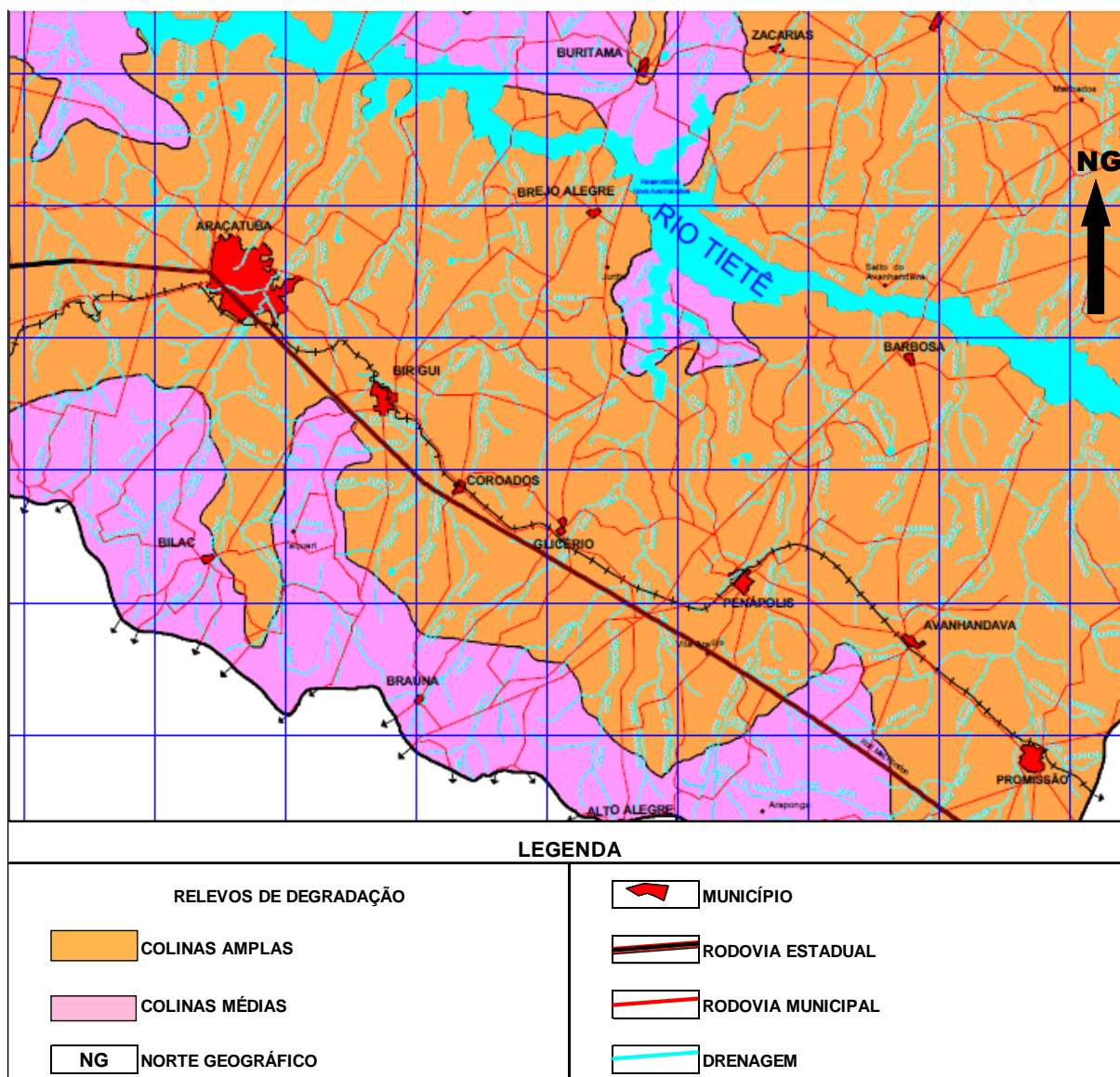
Figura 2 - Polo Cerâmico de Penápolis



Fonte: Base Geológica do Estado de São Paulo, escala 1:750.000 (CPRM, 2005)

Organização e confecção: Cabral Junior, M e Gamba, C.T.C.

Figura 3 - Mapa Geomorfológico da Região de Penápolis



Fonte: Mapa Geomorfológico – Relatório Zero da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, UGRHI 19, CETEC, 1999.

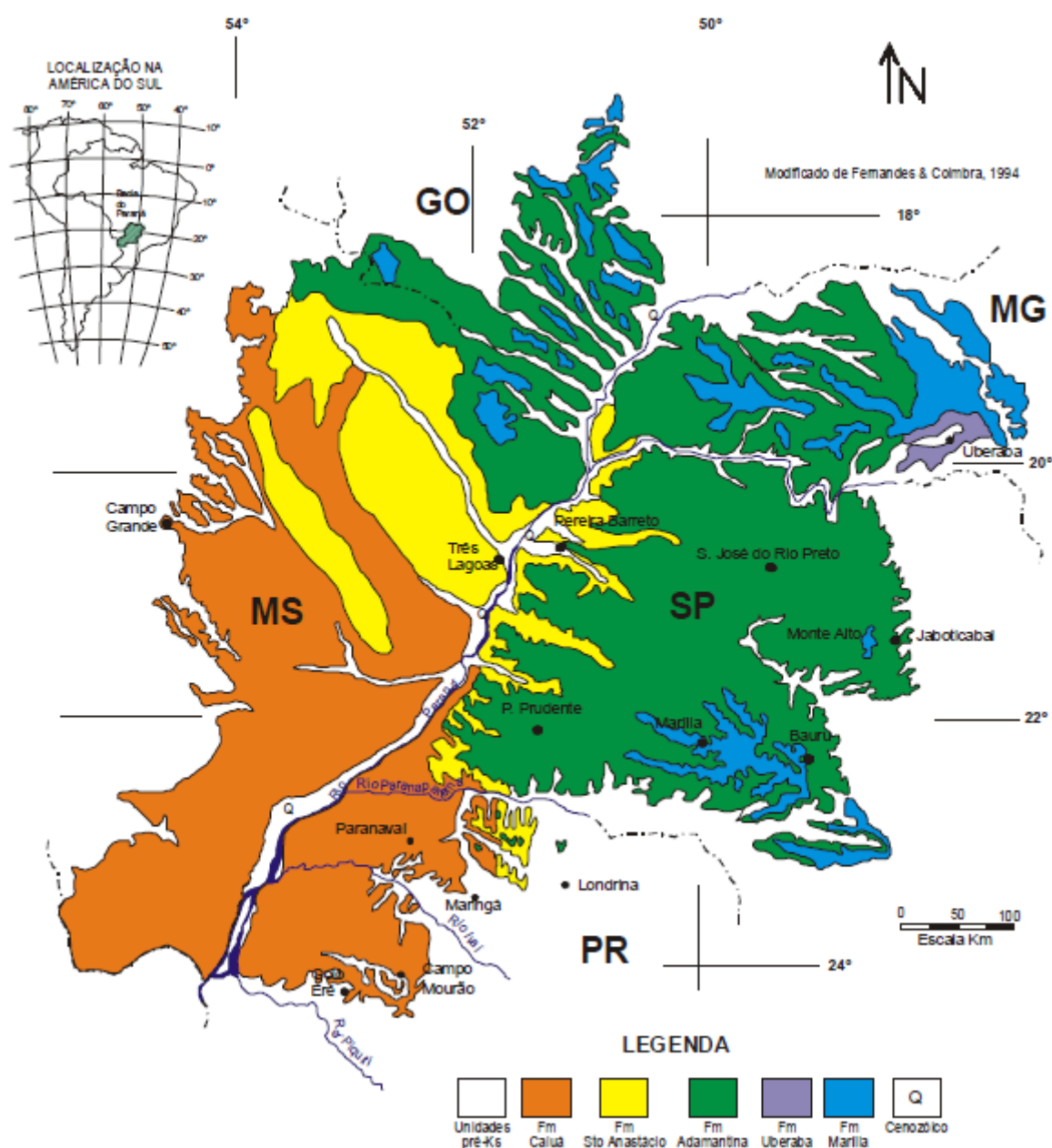
### 2.3 Geologia Regional

A área está inserida nos domínios da Bacia Sedimentar do Paraná. A geologia da região é composta por rochas sedimentares e vulcânicas.

Na região do município de Penápolis afloram as rochas sedimentares detríticas da Formação Adamantina (Ka) pertencente ao Grupo Bauru que está sobreposta as rochas vulcânicas (basaltos) da Formação Serra Geral (JKsg), que pertencem ao Grupo São Bento, além de Depósitos Quaternários (Qa).

Alguns autores designam regionalmente a Formação Araçatuba, que é uma unidade constituída por arenitos muito finos, siltosos e siltitos arenosos, de coloração cinza esverdeada, geralmente maciços, por vezes apresentando estratificações plano-paralelas e sutis estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte (até 40 cm de comprimento), características de ambiente lacustre. Esta unidade estaria sobreposta sobre a Formação Serra Geral e abaixo da Formação Adamantina.

Figura 4 - Área de ocorrência das unidades suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná.



Fonte: PAULA e SILVA (2003)

Conforme Batezelli et al.(2003) e Fernandes & Coimbra(1998), a Formação Araçatuba seria o produto de processos sedimentares atuantes em um ambiente paludal (pantanoso) de águas salinas rasas, sujeito a periódicas exposições, apresentando nas bordas pequenos lobos deltaicos amalgamados e/ou dunas baixas, o que explicaria o aumento da fração areia fina nas suas periferias. Dessa forma, o Pantanal Araçatuba teria sofrido progressivo assoreamento eólico (Formação Vale do Rio do Peixe) por desertificação e redução das condições paludais.

A Formação Serra Geral é constituída por basaltos. Os basaltos são rochas vulcânicas ou extrusivas (rochas formadas na superfície terrestre, ou próxima a ela, pelo extravasamento de rochas ígneas – lavas). O derrame de lava, que originou o basalto ocorreu através de um derrame fissural por extravasamento rápido de lava muito fluída em falhamentos e fraturas ao longo da superfície terrestre.

A Formação Adamantina, em subsuperfície, caracteriza-se pela presença de arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, algo carbonáticos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito (litificação de silte e argila em proporções variáveis) marrom a avermelhado, arenoso, carbonático. O contato inferior da Formação Adamantina é discordante com os basaltos da Formação Serra Geral.

Os perfis geofísicos da sucessão correspondente à Formação Adamantina permitem a distinção de fácies (conjunto de rochas com determinadas características distintivas) com padrão de fining upward (granodecrescência ascendente) com eventuais terminações em sedimentos silto-argilosos, e padrão geral de coarsening upward (granocrescência ascendente), compondo sucessões cíclicas.

Variações faciológicas são comumente observadas em perfis da Formação Adamantina e refletem a extrema variabilidade dos depósitos continentais de origem fluvial. Essas variações têm sido responsáveis pela profusão de diferentes designações para uma mesma unidade estratigráfica.

A unidade geofísica correspondente à Formação Adamantina compreende depósitos arenosos acanalados, com padrão granulométrico em fining upward e eventuais terminações em sedimentos argilosos (pelíticos), compondo unidades cíclicas menores, sugestivos de sedimentação fluvial em canais meandrantés. A sucessão, como um todo, mostra padrão de coarsening upward segmentado em ciclos maiores, indicativo de progradação do sistema fluvial sobre nível de base lacustre, contribuindo com o processo de assoreamento da bacia. Este padrão de

empilhamento observado nos perfis geofísicos pode representar depósitos associados a pequenos deltas, onde processos de progradação e regressão são controlados, respectivamente, pela retração e expansão de um sistema lacustre, em decorrência de variações climáticas e/ou tectônicas. Conforme dados do CPRM, em poços a Formação Adamantina registrou maiores espessuras nas cidades de Mirassol (187 m), Catanduva (170 m) e Neves Paulista (150 m).

Os Sedimentos Quaternários (Qa) e recentes são caracterizados por sedimentos finos a muito finos, principalmente silte e argila, depositados nas planícies de inundações das drenagens, provenientes das Formações do Grupo Bauru. Associados à topográfica colinosa ocorrem inúmeros lagos, os quais se comportam como pequena “embaciamentos” cenozoicos continentais, de sedimentação argilosa até arenosa, podendo conter camadas com alta porcentagem de material biogênico.

Tabela 1 - Estratigrafia Local

FORMAÇÃO	SIMB	PERÍODO	AMBIENTE	LITOLOGIA
SEDIMENTOS ALUVIONARES	Qa	QUATERNÁRIO	FLUVIAL	AREIAS INCONSOLIDADAS E LÂMINAS DE ARGILA
ADAMANTINA	Ka	CRETÁCEO	FLUVIAL LACRUSTE	ARENITOS FINOS A MUITO FINOS LENDES DE ARGILITO LENDES DE SILTITOS
FORMAÇÃO ARAÇATUBA	Ar	CRETÁCEO	PALUDAL	ARENITOS MUITO FINOS, SILTOSOS E SILTITOS ARENOSOS
SERRA GERAL	JKsg	JURÁSSICO CRETÁCEO	VULCANISMO	BASALTO

## 2.4 Geologia Local

Localmente predominam os sedimentos da Formação Adamantina, constituídos de arenitos finos a muito finos, quartzosos, de coloração castanho-avermelhado, com presença subordinada de mica e opacos.

As áreas de lavra na região possuem depósitos pelíticos de idade recente, constituído de material argiloso a siltoso, imaturos, depositados em depressão topográfica, denominadas “cabeceiras suspensas” típica nesta região. O embasamento deste depósito aluvionar (formados a partir do transporte e deposição

de sedimentos por correntes de água) são os sedimentos da Formação Adamantina do Grupo Bauru.

Estes depósitos pelíticos que ocorrem na região possuem normalmente um perfil litológico que apresenta no topo uma camada turfosa (matéria orgânica produzida por lenta decomposição associada a água), marrom a preta, que pode variar desde poucos centímetros a quase um metro de espessura, constituída por acúmulo de restos vegetais parcialmente umidificados, passando gradualmente ao um pacote composto particularmente de espículas silicosas, associadas à argila, grãos de areia, carapaças de diatomáceas e matéria orgânica, denominada espongilito. No Brasil é conhecido popularmente como “pó de mico”. Os constituintes clásticos argila e silte, sempre contribuem em altos teores, tornando estes níveis bastante impuros. A coloração é geralmente cinza, variando de tonalidade clara a escura, dependendo do seu conteúdo de matéria orgânica umidificadas. Este nível apresenta espessuras variando desde poucos centímetros a 0,50 metros.

Abaixo deste pacote de espongilito ocorre um incremento gradativo de fração clástica em direção a base, formando camadas argilosas de cores cinza escura na porção superior e cinza claro na inferior, com espessura média de 2,5 metros. A argila pode conter ocasionalmente pequenas porcentagens de areia fina ou silte, constituindo por vezes níveis milimétricos, concordante com o acamamento da argila.

Tabela 2 – Características dos depósito pelíticos.

<b>PACOTE</b>	<b>COR</b>	<b>ESPESSURA</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
TURFA	Marrom a preta	Até 1,0 m	Matéria orgânica produzida por lenta decomposição associada a água
ESPONGILITO	Cinza, variando de tonalidade clara a escura	Até 0,5 m	Espículas silicosas, associadas à argila, grãos de areia, carapaças de diatomáceas e matéria orgânica
ARGILA	Cinza escura na porção superior e cinza claro na inferior	Média de 2,5 m	Fração clástica, podendo ter pequenas porcentagens de areia fina ou silte

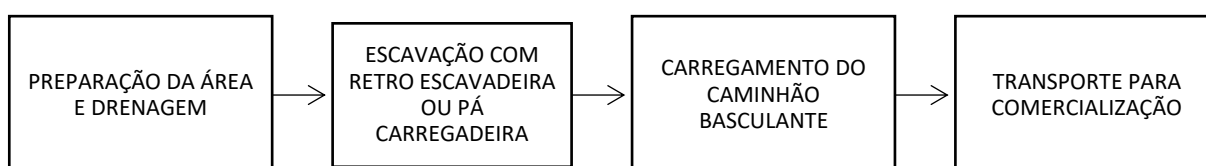
### 3 CARACTERIZAÇÃO DAS LAVRAS DE ARGILA

O polo cerâmico na região de Penápolis é composto principalmente por indústrias de produção de tijolos maciços, e os empreendimentos de extração de argila possuem características semelhantes.

Os materiais utilizados explorados são “argilas plásticas caulinito-iliticas ou em camadas mistas com matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio. Materiais geralmente de margens de rios, lagos ou de várzeas”. (SANTOS, 1992)

Vamos caracterizar a seguir o funcionamento das lavras baseado nos abastecimentos de indústrias oleiras, da mesma forma como ocorre na região.

Figura 5 - Fluxograma de extração de argila



#### 3.1 Escala de Produção

As indústrias oleiras, chamadas olarias, se formam normalmente próximas as áreas de extração, para que o valor de transporte não influencie no valor do produto final. Como são pequenas indústrias, é comum encontra-las agrupadas em conjuntos que reúnem quatro a cinco olarias, para que possa viabilizar economicamente uma pequena lavra.

Em geral a produção média mensal das pequenas lavras é de 1.000,00 m<sup>3</sup>/mês ou 1.650 toneladas/mês de argila vermelha. Essa escala representa uma produção anual de 12.000 m<sup>3</sup> ou 19.800 toneladas de minério – ROM (Run of mine), considerando uma densidade de 1,65 t/m<sup>3</sup>.

Tabela 3 - Produção média de uma lavra de argila para uso em cerâmica vermelha

PRODUÇÃO (m <sup>3</sup> /mês):	1.000,00
PRODUÇÃO (t/mês):	1.650,00
MESES/ANO:	12
PRODUÇÃO (m <sup>3</sup> /ano):	12.000,00
<b>PRODUÇÃO (t/ano):</b>	<b>19.800,00</b>

Esta produção tem como base o abastecimento de 05 olarias (fabricação de tijolos maciços). Cada olaria possui 02 fornos de queima, com capacidade para 100.000 tijolos por forno por mês, considerando o tempo para abastecimento, queima e resfriamento. A relação média é de 1,0 m<sup>3</sup> ou 1,65 ton. Para cada 1.000 tijolos. Deste modo para a produção das 05 olarias será necessário à produção de 1.000 m<sup>3</sup>/mês ou 1.650 ton/mês de argila. (Tabela 4)

Tabela 4 - Correlação da Produção

1,0 m <sup>3</sup> OU 1,65 t DE ARGILA	1.000	Tijolos
CAPACIDADE PRODUÇÃO FORNOS/MÊS	100.000,00	Tijolos
NECESSIDADE DE ARGILA/FORNO	100,00	m <sup>3</sup> /mês
NÚMERO DE FORNOS POR OLARIA	2	Unid.
PRODUÇÃO OLARIA/MÊS	200.000,00	Tijolos
NÚMERO DE OLARIAS	5	Unid.
ARGILA A SER EXTRAÍDA/MÊS	1.000,00	m <sup>3</sup>
<b>ARGILA A SER EXTRAÍDA/MÊS</b>	<b>1.650,00</b>	<b>t</b>

### 3.2 Infraestrutura da mina

As minas não contam com estruturas de apoio ou grandes áreas para disposição e estocagem de matéria. A manutenção, abastecimento e outros serviços de apoio aos equipamentos, são realizados fora da área de lavra, em áreas urbanas próximas.

### 3.3 Equipamentos de Lavra

O dimensionamento da frota de equipamentos é calculado com base na produção mensal, na capacidade nominal dos equipamentos e na distância média da lavra até seu destino final (olarias). As características brandas do material lavrado, que apresenta partículas coesivas facilmente penetráveis e sem resistência a separação, aliado a baixa produção prevista para a mina, permitem a utilização de equipamentos mecânicos de pequeno porte, conforme especificados a seguir:

Tabela 5 – Premissas dos Equipamentos

ESCAVADEIRA HIDRÁULICA NW E130SR		
VELOCIDADE MÉDIA	(Km/h)	5
MANOBRA MÉDIA	(Km)	0,008
TEMPO MANOBRA	(min)	0,096
TEMPO CARREGAMENTO	(min)	0,50
TEMPO DESCARGA	(min)	0,40
CICLO	(min)	1,00

CAMINHÃO BASCULANTE MB L-1318		
VELOCIDADE MÉDIA	(Km/h)	40
PERCURSO MÉDIO	(Km)	0,6
TEMPO PERCURSO	(min)	0,90
TEMPO CARREGAMENTO	(min)	8,85
TEMPO DESCARGA	(min)	2,00
CICLO	(min)	11,75

CICLO ESCAVADEIRA	(min)	1,00
Nº CONCHADAS	(h)	60,24
CAPACIDADE (CONCHA)	(m <sup>3</sup> )	0,9
VOLUME	(m <sup>3</sup> /h)	54,22
TONELADA	(ton/h)	89,46
EFICIÊNCIA	(%)	75
DISPONIBILIDADE	(%)	75
RENDIMENTO (EFIC x DISP)	(%)	56,3
TONELADA EFETIVA	(ton/h)	50,32

CICLO CAMINHÃO	(min)	11,75
Nº VIAGENS	(h)	5,10
CAPACIDADE (CAÇAMBA)	(m <sup>3</sup> )	8
VOLUME	(m <sup>3</sup> /h)	40,84
TONELADA	(ton/h)	67,39
EFICIÊNCIA	(%)	75
DISPONIBILIDADE	(%)	75
RENDIMENTO (EFIC x DISP)	(%)	56,3
TONELADA EFETIVA	(ton/h)	37,90

DIAS OPERACIONAIS/MÊS	(dia/mês)	22,00
HORAS OPERACIONAIS/DIA	(h/dia)	8,80
PRODUÇÃO ESTIMADA	(ton/mês)	1.650
Nº HORAS A LOCAR	(h/mês)	32,79
Nº ESCAVADEIRAS	(unid.)	0,17
Nº ESCAVADEIRAS	(unid.)	1,00

DIAS OPERACIONAIS/MÊS	(dia/mês)	22,00
HORAS OPERACIONAIS DIA	(h/dia)	8,80
PRODUÇÃO ESTIMADA	(ton/mês)	1.650
Nº HORAS A LOCAR	(h/mês)	43,53
Nº CAMINHÕES	(unid.)	0,22
Nº CAMINHÕES	(unid.)	1,00

Os equipamentos de lavra, que envolvem as operações de desmonte/carregamento e transporte, foram definidos conforme escala de produção. Com base na produção mensal de 1.650 toneladas de argila, é necessário no mínimo a utilização de uma retroescavadeira hidráulica com capacidade da concha de 0,90 m<sup>3</sup> e um caminhão basculante com capacidade da caçamba de 8,0 m<sup>3</sup>.

- 01 Escavadeira hidráulica New Holland E130SR com capacidade da concha de 0,90 m<sup>3</sup> (1,485 ton);
- 01 caminhão basculante Mercedes Benz com caçamba com capacidade para 8,00 m<sup>3</sup> (13,20 ton).

### **3.4 Número de funcionários**

Os empreendimentos empregam em média 2 (dois) funcionários no setor produtivo:

- 1 operador de retroescavadeira na atividade de lavra;
- 1 operador de caminhão basculante na atividade de transporte do material;

Em termos de mão de obra terceirizada há a contratação de um contador e também de um ou mais profissionais para licenciamento da atividade junto aos órgãos competentes, geralmente geólogos, engenheiros de minas, agrônomos e biólogos.

### **3.5 Método de lavra**

O método de desenvolvimento das minas é de lavra a céu aberto, utilizando equipamentos mecânico para o desmonte e carregamento do material para fora da área de extração. Em geral a extração ocorre da jusante para montante.

### **3.6 Drenagem**

A drenagem do local de lavra é feita através de canais secundários escavados utilizando uma retroescavadeira, escoando as águas pluviais para um canal principal que leva a uma caixa de decantação, para deposição dos sedimentos da água antes de ser lançada no curso d'água mais próximo. Dependendo da topografia do local há a necessidade da utilização de uma motobomba para recalque da água para um o canal de drenagem.

### **3.7 Decapeamento**

O decapeamento que ocorre nas áreas de lavras é de cerca de 0,20 metros, composto por solo rico em matéria- orgânica, e também é considerado como minério, quando homogeneizado com o material de maior profundidade, os demais pacotes da jazida.

### **3.8 Extração de argila e carregamento**

A desagregação física do material argiloso é realizada pela concha da retroescavadeira hidráulica, normalmente com capacidade de 0,90 m<sup>3</sup> ou 1,485 t de material. Em manobra de 90 graus, descarrega o material diretamente no caminhão

basculante, estacionado ao lado, que normalmente possui capacidade para 8,00 m<sup>3</sup> ou 13,20 t.

### **3.9 Transporte**

O minério não recebe nenhum tratamento no local onde é extraído, e, portanto, é direcionado ao transporte por caminhão basculante do local de lavra até o local de consumo, sendo que a retirada de material é realizada conforme a demanda pelo produto, sem estocagem.

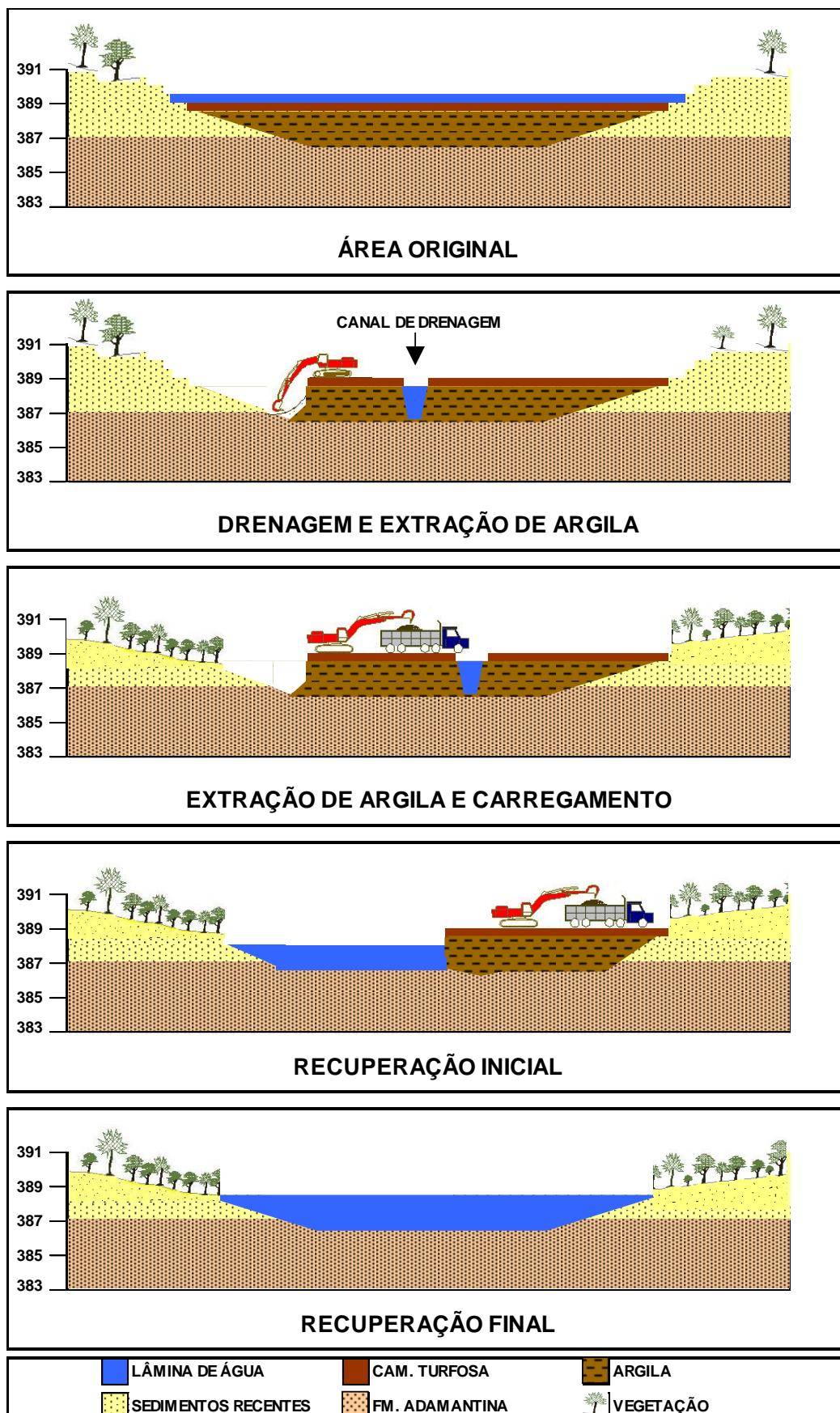
### **3.10 Disposição de rejeitos e estéreis**

A operação mineira não produz rejeitos, sejam estéreis de lavra (todo material extraído será utilizado) ou rejeitos de beneficiamento (o material não sofrerá beneficiamento, sendo utilizado “in natura”).

### **3.11 Insumos**

Os insumos são compostos basicamente por óleo diesel, óleo lubrificante e peças e pneus para os equipamentos de lavra.

Figura 6 - Croqui esquemático de uma extração de argila

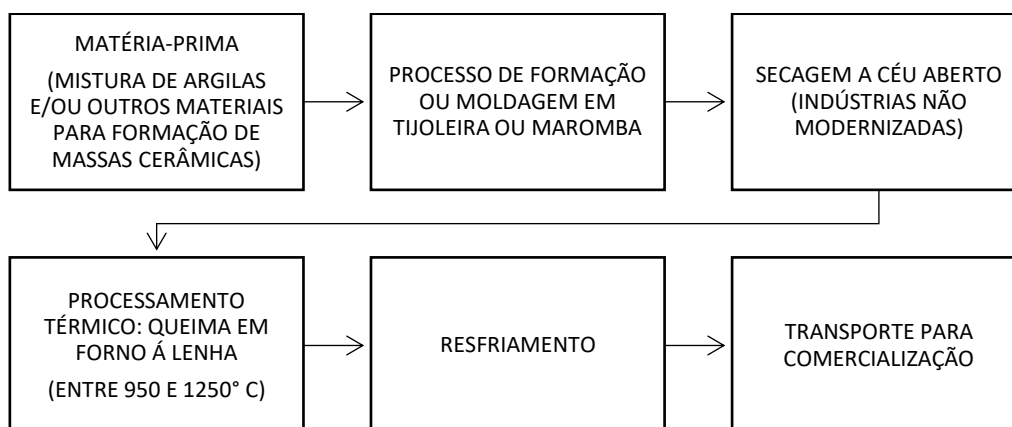


### 3.12 Beneficiamento da matéria-prima

Após a matéria-prima ser lavrada é transportada para as unidades de beneficiamento, como exemplo uma olaria para ser beneficiada e transformada em tijolo maciço. (Figura 5)

Conforme trata Pêrsio de Souza Santos “A produção de materiais cerâmicos compreende uma sequência de etapas de manufatura para o processamento de sólidos e líquidos, sendo que, pelo menos, uma das etapas consiste em fazer que ocorram reações em temperaturas elevadas para que os produtos cerâmicos adquiram as propriedades uteis desejadas”. Ou seja, o processo de beneficiamento da argila faz uma transformação com o material sedimentar e gera um produto, um tijolo maciço, que vai possuir características específicas dependendo da qualidade da matéria-prima utilizada, que influenciam em seu aspecto, resistência, impermeabilidade e homogeneidade.

Figura 7 - Fluxograma de uma indústria cerâmica



### 3.13 Massas Cerâmicas

Podemos chamar de massas cerâmicas, a mistura de materiais de diferentes qualidades, que são misturados para obter a qualidade de produto adequada à necessidade do mercado. Podem ser feitas com misturas de diferentes tipos de argilas de locais e com propriedades diferentes, com materiais orgânicos como bagaço de cana-de-açúcar, raspas de couro, lodo de tratamento de água, entre outros.

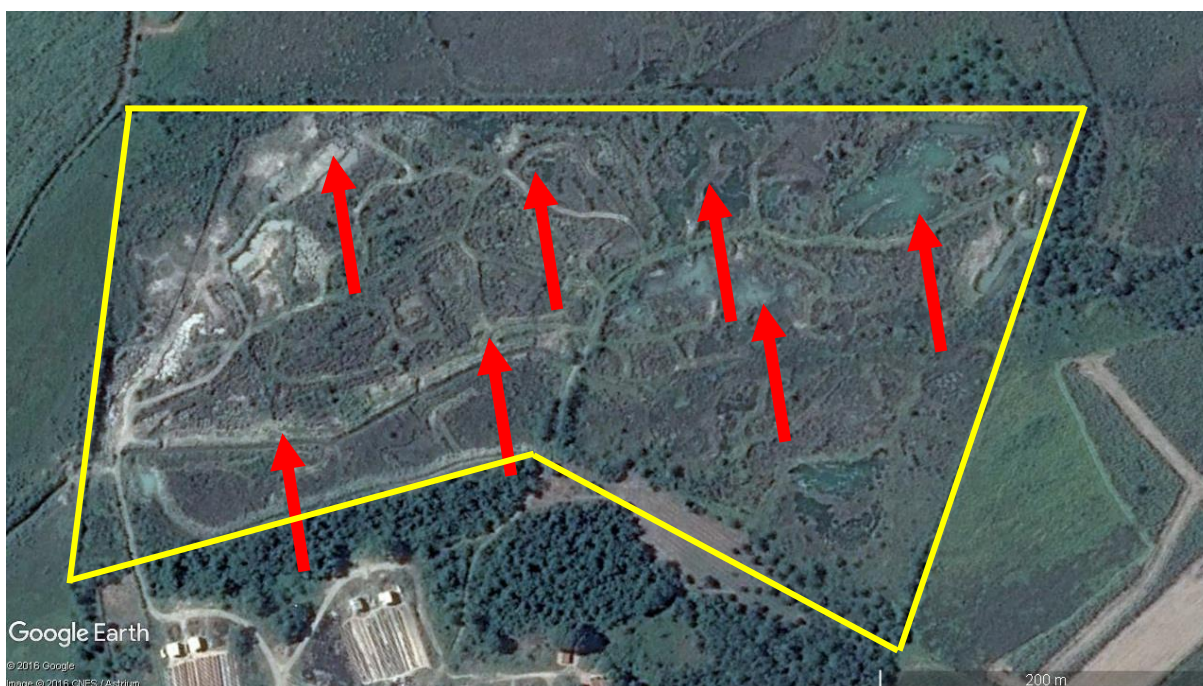
## 4 AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO DAS LAVRAS

Durante a análise das operações de extração na região, verificou-se a existência de alguns problemas relacionados a falta de acompanhamento técnico especializado em lavra e também a falta de investimento em equipamentos adequados, conforme descritos nos itens a seguir.

### 4.1 Formação de tanques confinados

Como existem áreas de extração em atividade a mais de 50 anos, podemos constatar a falta de uniformidade na lavra, não seguindo uma frente de lavra específica e ordenada. Conforme mostrado na Figura 7, a linha amarela indica a extensão da área de lavra e as setas vermelhas indicam áreas que já foram objeto de exploração.

Figura 8 - Imagem de Satélite



Fonte: Google Earth Pro, em 13/01/2017.

Foram feitas diversas pequenas cavas ao longo dos anos, com diferentes profundidades gerando diversos tanques de água confinada, que além de serem um problema ambiental, são frutos do mal aproveitamento da argila.

Isso foi motivado devido a facilidade de extração do espongilito (pó de mico), que se encontrava em uma camada superficial da jazida, e gerava um produto de boa qualidade.

Figura 9 – Diversas cavas na área de lavra.



#### **4.2 Aproveitamento ineficiente de argila e falta de equipamentos adequados**

Conforme explicado no item anterior, há o não aproveitamento adequado da jazida de argila, que é consequência da falta de orientação de profissional especializado durante a lavra e da falta de equipamentos adequados.

O avanço da lavra deveria ocorrer no sentido da jusante para montante e prosseguir à medida que for se esgotando a matéria-prima argila de onde se está extraíndo. No entanto, devido aos equipamentos (retroescavadeiras) existentes nos empreendimentos serem de pequeno porte, a extração se faz de maneira parcial, não conseguindo a retirada de todo o pacote argiloso.

Há casos em que o pacote argiloso atinge uma média de 3,5 metros de profundidade, enquanto o “braço” da retroescavadeira alcança 2,0 metros, restando 1,5 metros a ser extraído (Figuras 9 e 10). A solução para tal questão é a de arrendar uma máquina de maior porte, extrair o restante da camada argilosa de forma a deixar a área conforme projeto técnico.

Figura 10 - Retroescavadeira de pequeno porte.



Figura 11 - Retroescavadeira carregando trator.



### **4.3 Situação de mercado**

A indústria cerâmica na região passa por uma crise econômica, principalmente no mercado de telhas e blocos. A associação dos ceramistas da região tem apenas doze ceramistas, sendo que dois já estão encerrando as atividades definitivamente. Constatou-se que a associação agrega apenas os ceramistas e não engloba os oleiros da região.

No mercado de venda de telhas cerâmicas, por exemplo, produtos oriundos de Santa Catarina, a mais de mil quilômetros de distância de Penápolis, são entregues na região pelo mesmo preço comercializado pelos ceramistas locais.

No caso dos blocos e tijolos maciços a concorrência é com o polo cerâmico do Oeste Paulista (Panorama), a cerca de duzentos e vinte quilômetros de distância, onde existe uma associação de ceramistas de grande porte, com mais de oitenta associados, e ativa junto aos órgãos do setor.

### **4.4 Outras fontes de matéria-prima**

O estudo de outras fontes de argila na região, ainda é pouco difundido, existem apenas propostas de alguns empreendedores, porém poucos investimentos. Há grandes jazidas de argila em áreas que foram inundadas durante a formação da barragem da U.H.E. Nova Avanhandava, em locais que no passado eram explorados por antigas cerâmicas da região.

## 5 CONCLUSÃO

Conforme analisado neste estudo, a extração de argila é uma lavra de baixa complexidade, mas que se não executada adequadamente, pode gerar uma ineficiência em todo o processo e conseqüentemente em seu beneficiamento e produto final.

A exploração ordenada da jazida seguindo uma frente de lavra coerente e única, junto com o aproveitamento adequado de toda jazida, incluindo a extração de todos os pacotes, turfa, esponjilite e argilas de diferentes qualidades, homogeneizando materiais de baixa e alta qualidade, resultam em um material de qualidade média, que podem ser melhores aproveitados em conjunto do que separados.

Esses problemas poderiam ser resolvidos com o acompanhamento técnico de um profissional especializado em lavras a céu aberto. Porém os mineradores locais justificam que o custo é muito elevado devido ao pequeno porte dos empreendimentos, mesmo que isto seja uma exigência do CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. Uma solução para os empreendedores locais seria a utilização da associação local para contratação de um profissional para assistência técnica periódica nas áreas de lavras.

Uma opção a ser estudada é a criação de empresas especializadas apenas na exploração mineral e formação de massas cerâmicas, também chamadas de centrais de massa, com condições de abastecer diretamente as indústrias cerâmicas, fornecendo a matéria-prima na qualidade necessárias para cada tipo de indústria.

Para que um empreendimento cerâmico possa conseguir espaço no mercado ele precisa ter matéria-prima de qualidade disponível e os meios de produção adequados. Verificamos que há a necessidade de maior pesquisa nas jazidas da região, principalmente nas em regiões alagadas pela barragem da U.H.E. Nova Avanhandava. E para que a exploração seja adequada há a necessidade de investimento em equipamentos de porte atendam às condições atuais das áreas de lavra. Caso isso não ocorra, o polo cerâmico na região de Penápolis tende a deixar de existir.

## 6 BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6502/1995.

BATEZELLI, A.; SAAD, A.R.; ETCHEBEHERE, M.L.C.; PERINOTTO, J.A.J.; FULFARO, V.J.; Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru – Ks) no Centro-Oeste do Estado de São Paulo. *Geociências*, São Paulo, UNESP, V. 22, n. Especial, p.5-19, 2003.

BOGHOSSIAN, P. T., Trabalhos técnicos produzidos, não publicados, 2016.

CABRAL JR., MARSIS; CRUZ, TOMAZ TEODORO; TANNO, LUIZ CARLOS. Central de massa: uma alternativa para o aprimoramento do suprimento de matéria-prima à indústria de cerâmica vermelha. *Cerâmica Industrial*, V. 14, N. 5/6, P. 11-19, Set./Dez., 2009.

CABRAL JR., MARSIS; GAMBA, CARLOS TADEU DE CARVALHO; TANNO, LUIZ CARLOS; ALMEIDA, AMILTON DOS SANTOS; CRUZ, TOMAZ TEODORO DA. Potencial das Reservas de Argila para o suprimento do polo cerâmico de Santa Gertrudes: Onde o recurso mineral faz a diferença. *Cerâmica Industrial*, V. 18, N. 2, P. 10-16, Mar./Abr., 2013.

CABRAL JR., MARSIS; GAMBA, CARLOS TADEU DE CARVALHO; TANNO, LUIZ CARLOS; ALMEIDA, AMILTON DOS SANTOS. Proposta metodológica para identificação e caracterização de fontes de suprimento de matérias-primas minerais: Aplicação na indústria de cerâmica vermelha do médio rio Tietê, SP. *Geociências, Unesp*, V. 31, N. 2, P. 287-307, 2012.

CABRAL JR., MARSIS; TANNO, LUIZ CARLOS; SINTONI, AYRTON; MOTTA, JOSÉ FRANCISCO MARCIANO; COELHO, JOSÉ MÁRIO. A indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. *Cerâmica Industrial*, V. 17, N. 1, P. 36-42, Jan./Fev., 2012.

CABRAL JUNIOR, MARSIS; TANNO, LUIZ CARLOS; ALBARELLI, DANIEL SEABRA NOGUEIRA ALVES. Caracterização Geológica e Tecnológica dos Polos Cerâmicos do Estado de São Paulo. *Comunicações Geológicas*, V.101, N. Especial 2, P.757-760, 2014 (Trabalho Apresentado No Congresso Nacional de Geologia, 9, Congresso De Geologia dos Países de Língua Portuguesa, 2, Porto, 2014).

CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO- CETEC, Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 19, CBH-BT Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 1999.

FERNANDES, L.A. & COIMBRA, A.M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000.

LISLE, RICHARD J.; BRABHAM, P. J.; BARNES, J. W. Mapeamento geológico básico: guia geológico de campo. 5. ed. Porto Alegre/RS: Bookman, 2014. 248p.

FIGUEIREDO JUNIOR, O. C., Trabalhos técnicos produzidos, não publicados, 2016.

MAPAS DE PRODUÇÃO MINERAL. In: Secretaria de Energia e Mineração. Disponível em: <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/>. Acesso em 10 de janeiro de 2017.

PAULA E SILVA, F. Geologia de Subsuperfície e Hidroestratigrafia do Grupo Bauru do Estado de São Paulo, 2003, 166 f., Tese (Dourado), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003

SANTOS, PÉRSIO DE SOUZA. Ciência e Tecnologia de Argilas, V. 2, 2ª ed., São Paulo/SP: Ed. Edgard Blucher Ltda. 1992.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM, Mapa Geológico do Estado de São Paulo, 2006, Versão digital, Color., Escala 1:5.000.000

TANNO, LUIZ CARLOS; CABRAL JR., MARSIS; GAMBA, CARLOS TADEU DE CARVALHO; ALBARELLI, DANIEL SEABRA NOGUEIRA ALVES. Avaliação da Disponibilidade de Matérias-Primas para as Indústrias de Cerâmica Vermelha da Região do Médio-Baixo Rio Tietê, Estado de São Paulo. *Cerâmica Industrial*, V.18, N.4, P.7-15, JUL./AGO., 2013. 9 P.

TUCKER, M. E. Rochas sedimentares: guia geológico de campo. 4ª. ed., Porto Alegre/RS: Bookman, 2014. 336 p.