

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Minas**

**DIVISÃO DE BIBLIOTECAS DA  
EPUSP  
BIBLIOTECA DE ENG. DE MINAS  
E DE PETRÓLEO  
PRODUÇÃO DOCENTE**

ISSN 0104-0553

**BT/PMI/083**

---

**Contribuição ao Conhecimento  
de Argilas de Cuba**

---

**Guillermo Ruperto Martín Cortés  
Wildor Theodoro Hennies**

São Paulo - 1998

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Guillermo Ruperto Martín Cortés, sob a orientação do Prof. Dr. Wildor Theodoro Hennies: "Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba", defendida em 19/08/98, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Depto. de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Martín Cortés, Guillermo Ruperto

Contribuição ao conhecimento de argilas de Cuba / G.R. Martín Cortés, W.T. Hennies. -- São Paulo : EPUSP, 1998.

25 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/083)

1. Argilas - Cuba 2. Caulim 3. Minérios -- Caracterização tecnológica I. Hennies, Wildor Theodoro II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV. Série  
ISSN 0104-0553

CDU 553.61(729.1)

553.612

622.7

GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS

WILDOR THEODORO HENNIES

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DE  
ARGILAS DE CUBA

Edição abreviada da Dissertação  
Apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para Obtenção  
do Título de Mestre em Engenharia

Departamento de Engenharia de Minas  
Escola Politécnica  
São Paulo  
1998

**O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Guillermo Ruperto Martín Cortés, sob a orientação do Prof. Dr. Wildor Theodoro Hennies: “Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba”, defendida em --/08/98.**

**A integra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Depto. de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP**

Martín Cortés, Guillermo Ruperto

Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba / G. R. Martín Cortés, W. T. Hennies. – São Paulo : EPUSP , 1998.

25p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/\_\_\_)

1. Argilas de Cuba, 2. Caulim, esmectitas (bentonita), paligorsquita, argilas vermelhas, 3. Caracterização Tecnológica (Usos industriais)  
I. Hennies, Wildor Theodoro II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV.

Série

CDU

ISSN

---

**ABSTRACT:** The geological aspects, the mineral composition, and its main technological characteristics of Cuban clay deposits are quality parameters, which determine the main application fields or industrial value. As non-renewable natural resources of the non metallic type and taking into account this application of the raw material, the deposits can be classified in three main groups that are: red clay, kaolin (China clay), and bentonites. Some promising and other already exploited main Cuban clay deposits were selected and representative samples were collected at each one, submitted to standard preparation procedures and systematic laboratory investigations. These included XRD x-ray powder diffraction, SEM Scanner Electronic Microscope, MALVERN grain size determinations and XRF chemical analyses, performed at laboratories of the Mining Engineering Department. Specially essay determinations were done in the Chemistry Engineering Department, Metallurgical and Materials Engineering Department, all of them at the Polytechnic School of the University of São Paulo. Also at the Laboratory of Industrial Chemistry of the Chemistry Institute of Santa Catarina Federal University and in the Paper and Cellulose Laboratory at the São Paulo Technological Investigation Institute. Detailed mineralogical and technological characterization studies were done, to determine adequate grain size compositions and identify physical or chemical procedures, to define adequate mineral processing routes, to remove deleterious impurities, to identify safe and environmentally sound disposal practices and evaluate the end products as to their quality and utilization. This study is a non - exhaustive investigation to detect and re-evaluate Cuban clay resources, to supply the domestic market and evaluate the eventual export potential. Mining appraisal, benefit processing outlook, and environmental issues are some tasks, and their applications or uses are other questions that will be presented and discussed here. Using the sizeable Brazilian experience and data on a wide range of clay deposits, suggestions on specific or possible processing routes are recommended.

**RESUMO:** A geologia, a composição mineral e as principais características tecnológicas dos depósitos de argilas de Cuba são indicadores de qualidade, as quais determinam os principais campos de aplicações e o seu valor industrial. Os argilominerais são classificados como recursos não renováveis do tipo não metálicos, que levando em conta sua utilização como matérias primas podem ser classificados em três grandes grupos a saber: argilas vermelhas, caulim e bentonitas. Foram coletadas amostras representativas de algumas ocorrências geológicas e dos depósitos em lavra das principais argilas cubanas, submetidas a procedimentos padrões (standards) de preparação e a pesquisas sistemáticas de laboratório que incluíram: DRX difração de raios X pelo método do pó, SEM microscópio eletrônico de varredura, MALVERN análise da distribuição do tamanho de partículas, e FRX fluorescência de raios X efetuados nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Minas, a ensaios especiais no Departamento de Engenharia Química, no Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, todos eles da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Além disso foram também efetuados ensaios especiais no Laboratório de Química Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina e no Laboratório de Papel e Celulose do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Estudos pormenorizados para determinação de composição mineralógica relacionada a distribuição granulométrica afim de identificar os procedimentos químicos e físicos, para definir os processos de beneficiamento adequados, com o objetivo de eliminar as impurezas deletérias. Isto conduziu ao uso de praticas válidas de deposição de rejeitos, e avaliação da qualidade dos produtos finais e a possibilidade da sua utilização industrial. O presente estudo apresenta os resultados de uma pesquisa não exaustiva das possibilidades de detectar e reavaliar os recursos cubanos de argilas, para fornecer ao mercado nacional, além de avaliar o possível potencial de exportação. Outras tarefas aqui apresentadas referem-se à avaliação dos procedimentos de lavra, dos possíveis processos de beneficiamento, da utilização de métodos menos agressivos a meio ambiente e suas aplicações. A considerável experiência brasileira e os dados que possui sobre um amplo leque de depósitos de argilas, sugeriram as especificações de qualidade e favoreceram a recomendação dos possíveis processos de beneficiamento das argilas estudadas.

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo é parte de uma dissertação ao nível de mestrado dirigida a reavaliar argilas cubanas de depósitos conhecidos ou de ocorrências visando o abastecimento do mercado nacional e eventualmente a possível exportação.

O trabalho foi desenvolvido com amostras representativas coletadas dos principais 7 depósitos de caulim, 4 depósitos de bentonitas e uma ocorrência de paligorsquita. Uma amostra de calcita moída visando micronização foi utilizada para comparação.

Todas as amostras foram submetidas a um processo de preparação normalizado (standard), e a seguir a ensaios sistemáticos de laboratório que incluíram: DRX – difração de raios X pelo método de pó -, SEM –microscópio eletrônico de varredura -, MALVERN – determinação do tamanho de partículas -, FRX – análises químicas por fluorescência de raios X -, efetuados no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Depto. de Eng. de Minas. Também foram submetidos a ensaios de Inchamento em água (Foster), Viscosidade, Defloculação, e Refratariedade no Laboratório do Grupo de Química Industrial do Depto. de Eng. Química. No Laboratório de Papel e Celulose do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo foi efetuado o ensaio de Alvura e finalmente no Laboratório da Eng. Química da UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina foram efetuados os ensaios de Capacidade de Troca de Cations Totais e ao de Determinação do Teor de Cations Trocáveis nas amostras de bentonitas.

Assim, os materiais das amostras foram estudados para determinar sua composição mineralógica, sua composição química, distribuição granulométrica e outras propriedades tecnológicas visando propor rotinas de beneficiamento que apontarem a obter produtos finais de qualidade adequada para uma intensa aplicação industrial.

Em especial, foi dado ênfase aos estudos das argilas para seu uso na produção de cerâmicas brancas, de mesa, sanitária e refratárias; como “filler” e “coating” na produção de papel e papelão. Também pesquisou-se a possibilidade de produzir lamas de perfuração e de argilas descorantes para óleos minerais e vegetais. Além disso, foram feitos ensaios dirigidos a obter rendimentos de frações granulométricas adequadas, ou para determinar tratamentos físicos e químicos que eliminem as impurezas ou elementos deletérios com intenção de obter produtos beneficiados finais de alto valor industrial.

A execução desta pesquisa na USP – Universidade de São Paulo deve-se a extensão do setor Cerâmico no Brasil, grande consumidor das argilas como matérias primas, que estimulou o desenvolvimento dos trabalhos prospectivos geológicos - tecnológicos destes minerais.

## 2 GEOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE ARGILAS DE CUBA

As principais regiões de concentração (representadas por números), de depósitos de argilas economicamente úteis, estão no Mapa Geotectónico de Cuba (figura 1 e tabela 1).

A região 1, fica ao norte e oeste da Província de Pinar del Rio, nela os principais depósitos de caulins são os de Arroyos de Mantua, Ovas, Malcasado que são aluviais (secundários), provenientes da descomposição residual do embasamento rochoso da formação São Cayetano, com espessuras de 6 a 30 m, cobertos em parte pelos sedimentos das formações Guane e Guevara (0,4 a 1m). (Coutin, D. P.; Martínez Salcedo, J. e outros; 1980). Nesta região encontram-se também depósitos de argilas vermelhas e a ocorrência de bentonita de Taco Taco. Na Província Cidade de Havana fica o depósito de bentonitas de Managua. A base da jazida é formada por margas argilosas e margas calcárias das formações geológicas Güines e Husillo (Colón). No ponto central da jazida as margas ficam a uma profundidade de 26,0 m, diminuindo em sentido lateral.

Tabela 1 Principais depósitos conhecidos de argilas cubanas, localização e aplicações.

Localização dos depósitos		Depósito	Tipo	10 <sup>3</sup> t	Formação	Aplicações
<b>Caulins</b>						
Pinar del Rio		Arroyos de Mantua	Aluvial	< 100.00	Guane	Cerâmica refratária, louça de meça e outros
		La Oliva	Aluvial	< 500.00	Guane	
		Mal Casado	Aluvial	< 250.00	Guane	
Município Especial Ilha da Juventude		Rio del Callejon	Residual	18,500.00	A. Santa	Cerâmica refratária, louça de mesa, sanitários, borrachas, tintas, papel e outros.
		Km 13 - Partagás	Residual	800.00	A. Santa	
		McKinley	Hidrotermal - residual	1,400.00	A. Santa	
		Revolución	Hidrotermal - residual	55.00	A. Santa	
		Camino de Sta Elena	Hidrotermal - residual	1,000.00	A. Santa	
Região Centro Oriental	Ciego de Ávila	Gaspar	Hidrotermal	< 500.00	Caobilla	Cimento branco refratários, tubos de encanamento, e louça de meca
	Camagüey	Pontezuela	residual	560.00	Caobilla	
	Las Tunas	Dumañuecos		750.00	Caobilla	
		Caisimú		< 20.00	Caobilla	
Santiago de Cuba		El Cobre	Hidrotermal - residual	< 100.00	Caobilla	Recheio de plásticos
<b>Bentonitas</b>						
Pinar del Rio		Taco Taco	Sedimentar	Ocorrência	Güines ?	Indeterminado
Cidade de Havana		Managua	Sedimentar	Afetadas	Güines	Lamas de perfuração
Villa Clara		Chiqui Gómez	Sedimentar	>300,00	Camacho	Fundição
Granma		Vado del Yeso	Sedimentar	Ocorrência	Rio Macio	Lamas de perfuração
<b>Argilas vermelhas</b>						
Havana		Villa Roja	Aluvial	Ocorrência	Villa Roja	Cerâmica vermelha
Villa clara		San Fernando	Residual	1.000,00		Tinta refratária
<b>Paligorsquita</b>						
Camagüey		Indira	Sedimentar	Ocorrência	Vázquez	Descorante de Óleos

As camadas são subhorizontais e sua espessura média é de 20,0m. No depósito não existem sinais de tectonismo. A origem atribuída é sedimentar - redepositada. O teor e distribuição dos ions trocáveis indicam que foram depositados em águas salobres

A região 2, na Ilha da Juventude, fica a principal concentração de depósitos de caulins em lavra e beneficiamento do País, são eles Rio del Callejón, Camino de Santa Elena, McKinley, e outros. A maioria dos depósitos de caulim conhecidos na Ilha da Juventude localizam-se ao longo dos sistemas de falhas, nas suas intercessões, e na zona de influencia das mesmas dentro dos limites desde a Capa Cisterna até a supra marmórea, excluindo é claro a capa dos mármores (Pérez, A. 1982); são o produto da ação conjunta das soluções térmicas que trasladam-se pelo sistema de trincas e falhas, mais ou menos verticais simultaneamente com a ação do intemperismo. A maioria localiza-se nos limites da Formação Água Santa, de relevo raso e pouco ondulado, com escassa vegetação, própria de solos argilosos. Os caulins apresentam espessuras variáveis (vai de poucos metros até 75 m em alguns casos, mas a media encontra-se entre 15 e 25 m), e vários tipos tecnológicos em função dos conteúdos de quartzo e feldspato de granulometria que oscila de areias até siltes grossos.

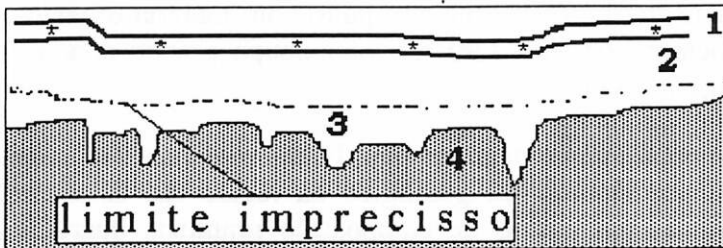


Fig. 2 Corte esquemático dos depósitos de caulim da Ilha da Juventude.

1. O capamento: tem pequena espessura, com areias de grão fino a grosso e argilas as vezes plásticas. 2. Horizonte intermediário, caulínico, que apresenta acumulação secundária dos restos dos caulins com conteúdo variável de areia de quartzo de grãos de forma irregular. 3. Horizonte inferior, crosta de intemperismo, resíduos caulínicos, e menos freqüentemente restos das estruturas originais dos xistos cristalinos o que representa a superfície intemperizada do embasamento rochoso. 4. Horizonte com a estrutura original de rochas metamórficas ou granitoides, composta por gnaisses biotíticos que constituem o teto de uma intrusão ígnea dos granitos leucocráticos.



hidrotermal das rochas efusivas ácidas, riolitos e tufas, relacionados com corpos de quartzitos que ocupam as partes altas do relevo, com estruturas em anéis falhados radialmente ou relacionados a falhas mais importantes pelas dimensões que apresentam, e logo o intemperismo completou o trabalho de caulinição (Martín, 1996).

A jazida Pontezuela (Fm. Caobilla, rochas vulcânicas do Complexo K<sub>2</sub>) apresenta dois tipos de caulim que podem-se distinguir pela cor: 1)Caulim branco até cinza - branco com presença de outras cores e também caulim cinza; e Caulim colorido (caulim branco até cinza com muitas manchas de diferentes cores onde o vermelho e o pardo são as mais abundantes). Após peneiramento, o retido na peneira é composto principalmente por quartzo e feldspatos, sendo provavelmente de riolitos.

Os depósitos de Dumañuecos - Caisimú (Fm. Caobilla, rochas vulcânicas do Complexo K<sub>2</sub>) encontra-se na área de influencia das rochas intrusivas da Zona Las Tunas (Cretáceo ?), próximos ao contato com a zona Auras. O contato parece tectónico de Falhas Profundas e relacionados com rochas vulcânicas como tufos, riolitos e porfiritos.

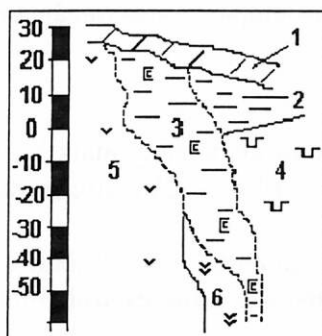


Fig. 3 Corte geológico esquemático da jazida Dumañuecos. Corpo nº1.  
1. Camada de aluvião areno - argilosa e com silte do Quaternário. 2. Argilas caulínicas coloridas primárias do Neógeno - Cretáceo?. 3. Caulim Primário do Neógeno - Cretáceo?. 4. Rochas vulcânicas de composição básica média, porfiritos, tufos lavas, lavas-brechas andesíticas. 5. Rochas vulcânicas ácidas, tufos, lavas, tufos-lavas, lavas-brechas riolíticas. 6. Rochas vulcânicas ácidas, tufos, lavas, tufos-lavas, lavas-brechas riolíticas intensamente silicificadas.

Hoje, o Autor deste trabalho depois de analisar os resultados de mais de trinta anos de pesquisas geológicas, além da execução pessoal de trabalhos de campo em depósitos e ocorrências de caulins nesta Região Centro - Oriental (Províncias de Ciego de Ávila, Camagüey e Las Tunas), considerou necessário destacar que é possível estabelecer alguns índices ou regularidades que podem guiar a localização e pesquisa de novos depósitos de caulim, estes são:

- Relevo positivo do terreno
- Cobertura de quartzitos, e rochas encaixantes de riolitos ou de rochas ricas em SiO<sub>2</sub>
- Relacionamento com estruturas circulares e falhas radiais da crosta

Nesta região, além do anterior, é preciso indicar que as formações geológicas Caobilla e Magantilla apresentam índices de ocorrências de Bentonitas (montmorillonitas), e de que ao norte do Município Minas na vizinhança dos depósitos de Magnesita Redención e na localidade de Indira foram amostradas argilas que parecem pertencer aos minerais do Grupo da Sepiolita - Paligorsquita (Finko et al., 1969).

Região 5. Ao nordeste de Cuba, nas Províncias de Holguín e Guantánamo, além dos grandes depósitos de argilas com Ni e Co não estudados neste trabalho, são conhecidos depósitos de argilas residuais, pertencentes à crosta de intemperismo do complexo cumulativo dos ofiolitos; com espessuras até 10 - 15 m, o argilomineral predominante é o caulim, porém não estão totalmente estudadas suas características geológicas e tecnológicas, sendo usado para cerâmica vermelha.

Região 6 Províncias Granma - Santiago de Cuba, principalmente apresenta o depósito de caulim El Cobre, localizado ao Norte e perto da lavra da jazida El Cobre, a 19 km ao Noroeste da cidade de Santiago de Cuba é um conjunto de pequenos corpos, pouco estudados, provavelmente da origem residual/intemperizados que foram desenvolvidos pela ação conjunta dos fluxos

hidrotermais (próprios da ação vulcânica formadora das rochas do Grupo El Cobre), e o intemperismo (quente e úmido), nas rochas efusivas (lavas) de andesitos e basaltos. Os corpos apresentam espessura de 2 a 3 m. São conhecidos quatro tipos naturais:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1 Cor branca, plástico com quartzo abundante | 3 Cor cinza, plástico |
| 2 Cor creme, plástico com quartzo abundante  | 4 Cor vermelho escura |

Os caulins de El Cobre foram utilizados eventualmente na produção de cerâmicas ornamentais e para louças, mas o principal uso industrial hoje em dia é como pigmento na produção de calçados plásticos em Santiago de Cuba.

O depósito de bentonitas Vado del Yeso, de origem sedimentar localiza-se na Estrutura superposta da bacia Guacanayabo – Nipe, pertencendo a formação geológica Rio Macio constituída por blocos, pedaços rolados de tamanho variado, areias, argilitos e argilas derivadas da erosão dos rios da região. O depósito é constituído por corpos argilosos de origem aluvial. O pacote argiloso chega a ter uma espessura máxima de 17 m.

### 3 PESQUISA, MINERAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE ARGILAS EM CUBA.

Resumindo a aplicação Lei 76, Lei de Minas, efetuando em cada etapa a solicitação de Concessão Mineira específica para cada substância mineral.

#### 3.1 Pesquisa

Reconhecimento são trabalhos feitos segundo os Levantamentos Geológicos Regionais 1:50 000, os quais detectam as zonas potenciais utilizando as fotos aéreas e a observação direta no terreno, baseados nos critérios e indícios de prospeção geológica.

Investigação Nas zonas potenciais detectadas no Reconhecimento, planejam-se os trabalhos de Pesquisa, sendo elaborados primeiro, projetos de prospeção, que planejam aqueles trabalhos próprios a serem executados dependendo do tipo de argila a estudar.

O complexo de métodos mais utilizado na prospeção geológica é composto por métodos de geofísica de superfície (gravimetria, magnetometria, radiometria e métodos elétricos de PES - perfis elétricos simétricos - junto a SEV - sondagem elétrica vertical), marchas de observação e amostragem dos afloramentos e uma quantidade mínima de furos de sondagem (as vezes com rede ampla, porem a maioria dos trabalhos iniciais só contemplam furos, poços e trincheiras nos afloramentos e pontos positivos da geofísica), nos casos com alguns dados iniciais de potencial caracter positivo. Como resultado dos trabalhos da prospeção são calculados recursos minerais em áreas mais limitadas onde dependendo das necessidades da industria são feitos os trabalhos da pesquisa geológica mediante um complexo de métodos baseado em amostragem mais densa dos depósitos detectados na prospeção. Uma cuidadosa avaliação mineralógica e tecnológica visando o cumprimento dos parâmetros do uso industrial de quem solicitou a matéria prima, estimando as reservas. A seguir, é feito um trabalho de avaliação da pré - viabilidade econômica e dependendo dos resultados positivos, serão feitos os trabalhos da pesquisa detalhada, o cálculo das reservas provadas, o estudo de viabilidade econômica e o projeto de mineração.

#### 3.2 Mineração, nas jazidas de argilas cubanas compreende:

a)Planejamento, abrange as etapas de abertura da jazida, desenvolvimento da lavra, extração, localização dos bota-foras, beneficiamento, implantação das barragens de rejeitos e/ou a possível utilização desses rejeitos.

b)Decapagem, é executada com trator de lamina, o material e acumulado em pilhas, carregado em caminhões por um “shovel” (equipamento conhecido em Cuba como “Frente de Pá”) o “drag –line” e transportado até o bota-fora. Somente no caso das lateritas de Fe - Ni - Co, por causa do tamanho dos depósitos, o decapeamento é executado utilizando “scrapers” (em espanhol

cizallas) escavo - auto - transportadores, muitas vezes auxiliados por tratores durante a escarificação em si. No caso das lateritas a decapagem é estocada e reutilizada na reconstituição da área exaurida pela mineração após o término dos trabalhos mineiros.

c)Extração da camada útil. Nos caulins, utilizam-se dragline nas lavras alagadas pelos mananciais e chuvas, shovels e retroescavadoras. As bancadas são de pequena altura (2-4m), a frente de extração apresenta ângulo do talude que varia entre 45° e 60° dependendo do equipamento utilizado. A largura da bancada depende da superfície do terreno e da morfologia do corpo de argilas. Nos depósitos de argilas vermelhas e de bentonitas em lavra, utiliza-se shovels ou retro - escavadeiras, embora as vezes pela falta do aparelho adequado o material é escarificado por tratores de lamina. Só no caso das argilas vermelhas de Bayamo, cuja lavra fornece matéria prima para uma fábrica moderna de tijolos, tijolos de comunicações, telhas, tubos de encanamento e outros produtos, é utilizada uma escavadora contínua de pequenas dimensões porem garante a demanda da fábrica, face a lança da escavadora é quase horizontal o ângulo do talude da tira de extração é apenas 5°, a espessura da tira é menor de um metro. Nos grandes depósitos de lateritas Fe - Ni - Co são utilizados draglines de caçambas de grandes dimensões que carregam os enormes caminhões com poucos movimentos. A ordem de extração é por blocos em função do teor de Ni fundamentalmente.

d)Reconstituição da área degradada pela mineração, é uma atividade praticamente nova que iniciada nos anos 80, tomou maior impulso depois da aprovação da Lei N° 33, Lei da Proteção do Meio Ambiente. Embora geralmente emprega métodos como os já descritos das lateritas, reutilizando o material do capeamento, as vezes o local da lavra e destinado a outros usos ou não é recuperado.

e)Aproveitamento industrial dos rejeitos do beneficiamento, que melhora a economia da lavra, e diminui a agressão ao meio ambiente. Alguns exemplos são:

- rejeito do beneficiamento de caulim: quartzo e feldspatos na fração maior de 0,063 mm é utilizado na fabricação de tijolos e como areia de construção ou em “sandblasting” (jato de areia) na limpeza externa dos barcos.

- rejeito da usina de concentração de níquel e cobalto de Nicaro, é pesquisado tecnologicamente e economicamente, pelos teores de ferro e outros metais para metalurgia. A barragem desta usina contem os rejeitos produzidos por mais de 50 anos.

f)Beneficiamento das argilas cubanas, para caulins existem duas usinas de beneficiamento na Ilha da Juventude. A maior delas processa o mineral do depósito Rio del Callejón. Esquemáticamente o processo é peneiramento, lixiviação, ciclomagem, filtroprensagem e secagem.

A usina de beneficiamento, localizada no povoado La Fe da Ilha da Juventude, é a que processa o mineral da Jazida Rio del Callejón. Fornecendo a todos os consumidores a matéria prima caulim com granulometria menor que 0,063 mm(Guismatulin et al., 1989). Ou seja o produto final contem materiais na fração de silte além de argilas caulíníticas. O produto final é fornecido em três formas: pó seco, tortas e “spaghetti” ou massa extrudada. O mineral caulim em estado natural apresenta: fragmentos grossos de quartzo que é eliminado por peneiramento e lixiviação; pirita que é totalmente eliminado na lixiviação; grafita eliminada na lixiviação (e também na queima da produção cerâmica); óxidos de ferro colados na rede cristalina, concentrando-se nos produtos finais do processo e elevando os teores existentes em comparação com o mineral natural. A produção atual da usina de beneficiamento de caulim lixiviado é feita a partir dos caulins branco e cinza da jazida, entregando produtos finais de ambas as duas cores, na atualidade são produzidas aproximadamente 30.000 t/ano visando ampliar a produção até 60.000 t/ano. Esta usina fornece matéria prima para as principais indústrias do País. O Volume de lavra é de 70.000 - 100.000 t/ano.

A usina de beneficiamento conta com os equipamentos de ciclonagem para fornecer frações <math><20\mu\text{m}</math>, que é fundamentalmente caulinita. A direção técnica da usina entendeu necessário tirar a última parte do processo para aumentar a produção pois a secagem de material tão fino assim exige 25% de tempo a mais. Por isto, hoje em dia a produção é garantida só com granulometria menor de 64  $\mu\text{m}$ . Este tamanho de partícula afeta a qualidade dos produtos que utilizam este caulim, principalmente cerâmica, tintas e borracha e permite a presença de outros minerais não desejáveis na indústria. A máxima brancura obtida com estes caulins é de 70,0% sendo que a Empresa do Papel exige alvura mínima de 80,0%. Ou seja que o caulim beneficiado cubano no estado atual não atinge as características necessárias na indústria do papel.

A menor das usinas do território foi projetada para beneficiar os caulins do depósito “Revolución” que fornece matéria prima para louça de mesa. Depois, foi reformulado o projeto da usina com o objetivo de processar o caulim do depósito Camino de Santa Elena e fornecer aproximadamente 1000 – 2000 t/ano de bom caulim. No princípio dos anos 90 a usina processou argilas vermelhas que contaminaram o equipamento e impedindo continuar o beneficiamento dos caulins mais claros.

Na Província de Pinar del Rio, perto dos depósitos Oliva, Malcasado e Arroyos de Mantua, foi projetada e construída uma pequena usina para fornecer 50-100 t/ano de caulim a pequena indústria de cerâmica de mesa da região porém trabalha eventualmente. Na Província de Las Tunas foi projetada uma usina para fornecer matéria prima para à indústria local de cerâmica de mesa, mas não foi terminada sua construção.

As argilas vermelhas são submetidas em todo o País a moagem e mistura, repouso e extrusão nos casos das fabricas automatizadas ou a moldagem nas olarias artesanais.

No caso das esmectitas, na Província “Ciudad de La Habana” as argilas extraídas do depósito “Bentonita Managua” por serem cálcicas, são sodificadas (submetidas a troca de cations com Na) numa usina da “Unión GEOMINERA”. O autor não encontrou referências sobre esse processo. Na Província “Granma” as denominadas bentonitas do depósito “Vado del Yeso” são lavradas e utilizadas diretamente na produção de lamas de perfuração sem nenhum tratamento ou beneficiamento prévio.

#### 4 LAVRA DE ARGILAS NO BRASIL. COMPARAÇÕES COM A CUBANA.

A lavra de argilas, nos estados de São Paulo e Paraná, é feita a céu aberto e os métodos utilizados variam de uma jazida para outra, dependendo dos condicionantes geológicos e topográficos locais. A lavra de argilas dispensa o uso de explosivos. O método de lavra empregado em uma jazida situada na várzea de um rio ou córrego é diferente do método empregado em uma jazida situada na vertente de uma encosta. A extração das argilas pode ser mecanizada ou não, ou ainda semi - mecanizada , dependendo do método de lavra utilizado. O caulim desmontado é colocado em caminhões e transportado para a usina de beneficiamento. São seis os métodos de lavra empregados pelas empresas de mineração de argilas no Estado de São Paulo: manual; da escarificação; lavra seletiva; lavra em tiras; lavra em bancadas; e desmonte hidráulico, (IPT, 1991).

1. Método Manual. Atualmente, a lavra pelo método manual ainda é empregada em jazidas cativas de olarias que utilizam argilas de várzea em seus processos produtivos, efetua-se por bancadas sempre com altura máxima de 1,5m para evitar desmoronamento e dar segurança aos trabalhadores e tem facilidade de fazer a extração seletiva.

Comparação: O mesmo sucede nos pequenos depósitos de argilas vermelhas para olarias manuais de Cuba.

2. Método da escarificação. Este método é usado nas jazidas de argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos que situam-se nas vertentes de encostas suaves. Consiste na raspagem mais ou menos uniforme dessas rochas formando uma espécie de bacia ao longo de toda a extensão da jazida. Esse tipo de lavra é comum quando o material argiloso apresenta-se parcialmente alterado. O transporte do material argiloso das frentes de lavra até os barracões de estocagem é feito pelo próprio trator que arrasta o material escarificado. A medida que as rochas são escarificadas, há retenção da parte desagregada da rocha no interior de uma caçamba que, quando cheia, é descarregada.

Comparação: em Cuba, é empregado no decapeamento das lateritas de níquel e na extração de material de empréstimo para rodovias e outras construções.

3. Método de lavra seletiva. Este método geralmente se aplica a argilas de boa qualidade que ocorrem formando bolsões entremeados a outros sedimentos argilosos de qualidade inferior ou arenosos. O decapeamento, quando necessário, é feito com retro - escavadora sobre esteiras, uma vez que este método se aplica a argilas que ocorrem em várzeas. Por tratar-se de argilas de qualidade (plásticas, refratárias, etc.), os mineiros geralmente se preocupam com a drenagem das frentes de lavra para evitar a inundação das minas. Os equipamentos utilizados na lavra quase sempre são manuais (pás, enxadões, etc.). A argila é removida das frentes de lavra até os pátios da secagem e ou unidades de beneficiamento em caçambas ou grandes caixotes de madeira transportáveis por caminhões. Quando a cava se torna profunda, utilizam-se guinchos para a remoção inicial das caçambas e caixotes até locais onde estes possam ser removidos por caminhões. Este método de lavra é utilizado por algumas empresas de mineração de “ball clay” do município de São Simão e por uma empresa que possui jazidas na região do Alto Vale do Tietê.

Comparação: do jeito que é apresentado não é aplicado totalmente em Cuba, porem alguns casos de lavras na Província de Sancti Spiritus, aplicam partes do método. Exemplo: Lavra de argilas vermelhas de Taguasco na várzea do rio Zaza.

4. Método de lavra em tiras. Este método consiste na abertura de valas paralelas e sucessivas. Mediante a abertura de uma vala inicial remove-se inicialmente o estéril e expõe-se o minério que fica acessível e pode ser lavado. Isto feito, abre-se uma vala contígua à primeira, lançando o estéril na vala anterior e expondo o minério. Procedendo assim a lavra continua sucessivamente. As faixas lavradas dispõem-se perpendicularmente à direção do desenvolvimento da lavra que geralmente corresponde àquela de maior dimensão da jazida. Embora empregado por um número reduzido de empresas, este método é um dos mais eficientes na lavra de argilas em várzeas porque, simultaneamente a sua extração, permite efetuar a recuperação parcial da área minerada depositando o material estéril nas valas já lavradas. O equipamento utilizado na lavra é a retro - escavadeira sobre esteiras e o transporte mina - unidade produtiva ou de beneficiamento é feito por caminhões. Esse tipo de lavra é feito na extração de argilas “ball clay” de São Simão e das argilas plásticas e/ou refratárias do Alto Vale do Tietê. O problema mais freqüente que afeta o rendimento dos equipamentos nesse tipo de lavra refere-se à elevação do nível freático nos meses de maior precipitação pluviométrica.

Comparação: o Autor deste trabalho não conhece aplicações deste método de lavra em argilas de Cuba.

5. Método de lavra em bancadas. Este método é empregado em jazidas de argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos que situam-se em encostas onde a topografia permite a construção de bancadas. O minério é escavado com pá carregadeira (bucket) e transportado por caminhões até os pátios de estocagem. O decapeamento, que precede a extração do sedimento argiloso, é feito com trator de lâmina e a remoção do estéril até os bota-fora é feita por caminhões. A altura e a inclinação das bancadas dependem da topografia local. Em geral, a altura não ultrapassa três metros, mesmo quando a rocha apresenta uma boa consistência. Quando os bolsões argilosos apresentam-se intercalados em níveis arenosos de pequena espessura (até 0,5m), efetua-se a remoção do estéril

arenoso e prossegue-se a lavra dos sedimentos argilosos. Nos locais onde tais sedimentos apresentam uma elevada consistência, por estarem silicificados e/ou pouco alterados, o desmonte pode ser feito com a utilização de explosivos, seguindo-se a sua remoção com pás carregadeiras e caminhões. Esse tipo de lavra é praticado por algumas empresas que possuem jazidas cativas de argilas destinadas à fabricação de cerâmica para revestimento.

Comparação: com algumas variantes, o método de lavra em bancadas é utilizado na extração dos caulins da jazida “Rio del Callejón”. Lá é feito embora fique num local de topografia de superfície plana e não de elevações. As grandes dificuldades acontecem na época das chuvas quando a lavra fica alagada por milhares de m<sup>3</sup> de água, interrompendo a atividade mineira, e elevando os custos da mineração pela utilização de equipamentos de bombeamento e o conseqüente consumo de energia e tempo. Possivelmente melhoraria a eficiência econômica da lavra durante as enchentes se fosse substituído o bombeamento das águas pela extração das argilas com “draglines”.

6. Método de desmonte hidráulico. Este método aplica-se às jazidas de caulim resultantes de alteração de rochas graníticas de natureza feldspática que ocorrem em certas regiões do Embasamento Cristalino Paulista. Consiste na desagregação da rocha feldspática alterada incidindo um jato de água na base do talude (frente de lavra), provocando assim, o seu desmoronamento e a formação de uma polpa (caulim + água), que escoar por gravidade até as bacias de acumulação, a partir das quais é feita a sua dragagem e bombeamento até as instalações de beneficiamento.

Comparação: Este método não é utilizado atualmente em Cuba, mas poderia melhorar a qualidade do material extraído da jazida Rio del Callejón por exemplo.

Sobre as Barragens de rejeitos. O Autor deste trabalho considera necessário esclarecer que nenhuma das lavras de argilas de Cuba apresenta um planejamento adequado da implantação, operação e manutenção das barragens de rejeitos: 1) considerando se o alteamento da barragem é a montante, a jusante ou de linha central. 2) controlando a deposição dos rejeitos na bacia da barragem segundo a granulometria, depositando a fração mais grossa junta à barragem e os finos no final para favorecer a sedimentação e evitar o escorregamento. 3) evitando que a ação das águas provoquem quedas da barragem que afetariam e contaminariam as áreas vizinhas ou que as próprias águas filtradas afetem as áreas vizinhas.

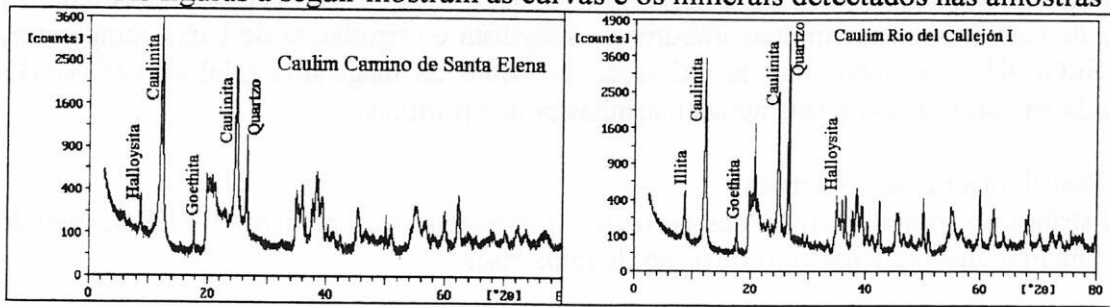
## 5 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ARGILAS.

Os ensaios básicos de caracterização tecnológica foram desenvolvidos no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Depto. de Eng. de Minas. As análises sistemáticas a que foram submetidas nossas argilas incluíram a determinação da composição mineralógica, distribuição granulométrica, composição química das argilas e formas das partículas e relações entre elas. Os ensaios especiais que determinaram importantes propriedades industriais foram determinadas principalmente no Laboratório do Grupo de Química Industrial do Depto. de Eng. Química com ajuda do Depto. de Eng. de Metalurgia e Materiais, no Laboratório da Eng. Química da UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina e no Laboratório de Papel e Celulose do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

5.1 Composição Mineralógica. As determinações semi-quantitativas deste aspecto das argilas foram efetuadas utilizando a DRX - difração de raios X. Levando em conta os tipos de argilas submetidas a estes ensaios, os resultados obtidos foram:

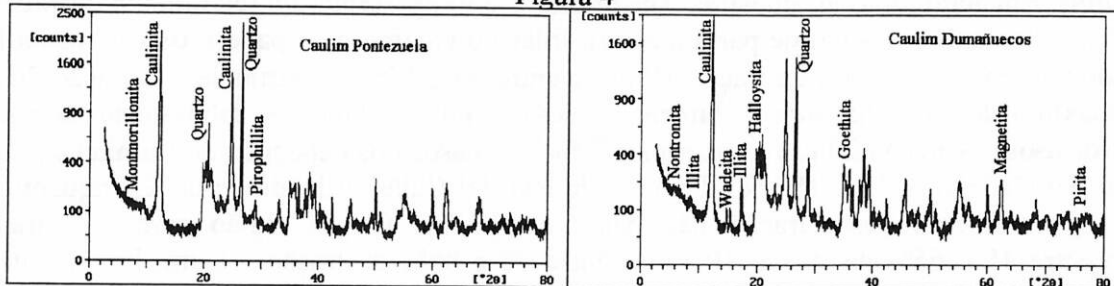
Caulins. Embora as amostras procediam de regiões diferentes e distantes umas das outras, em geral o caulim foi o argilo-mineral dominante, representado pelos membros do grupo: caulinita, halloysita (típica dos caulins de origem hidrotermal - residual, Souza Santos, 1992), nacrita e dickita. Muitas impurezas como goethita, magnetita, rutilo e pirita entre outros. Outros argilo-minerais presentes em quantidades menores foram montmorillonita, nontronita, illita, e outros.

As figuras a seguir mostram as curvas e os minerais detectados nas amostras testadas.



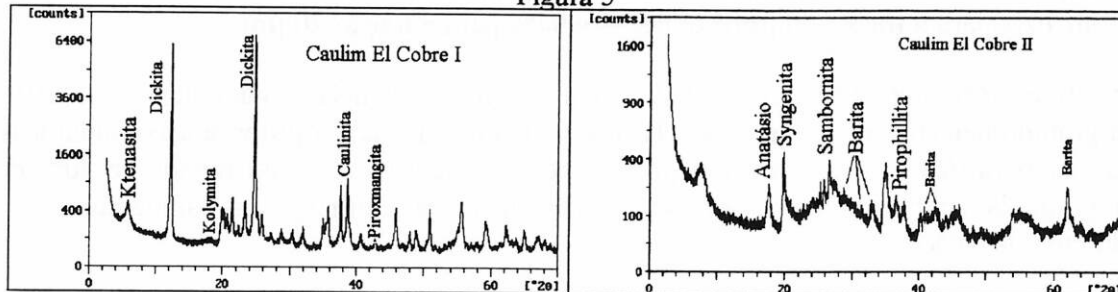
Note-se que Camino de Santa Elena é o mais puro, de todos os caulins cubanos.

Figura 4



Representantes principais da região centro oriental apresentam minerais do grupo das esmectitas.

Figura 5



Note-se que El Cobre - II não apresenta nenhum dos minerais do grupo do caulim e sem barita e outros

Figura 6

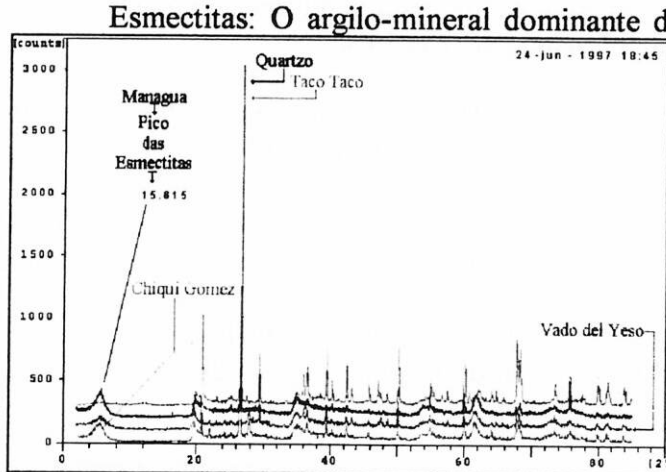


Figura 7 Esmectitas

Esmeclitas: O argilo-mineral dominante detectado pelo Identify foi a montmorillonita no pico característico das esmeclitas, principalmente no depósito Managua. A semelhança entre as curvas dos depósitos Chiqui Gómez e Vado del Yeso com a de Managua levou a concluir que são argilas do Grupo das Esmectitas, possivelmente beidelitas. Taco Taco não apresentou composição mineralógica do grupo citado nem o pico característico, além disso apresentou caulinita, calcita, natrofosfato e outros minerais, o que permitiu concluir que não é uma esmeclita típica.

Nas argilas vermelhas detectaram-se os seguintes minerais: Villa Roja principalmente gibbsita (minério típico de alumínio), hematita, crandallita (um fosfato complexo) e filipsita. San Fernando principalmente caulinita, hematita e quartzo, mas também scheelita, perliailita, filipsita e uranosilita (este último é referido pela primeira vez).

A paligorsquita apresentou quartzo, dickita (mineral do grupo do caulim), clinocloro e finalmente paligorsquita.

Finalmente a calcita moída do calcário do depósito “Carbonato Tapaste” apresentou uma curva típica da calcita porém com duas impurezas, silhidrita e cristobalita de baixa temperatura. A silhidrita ( $\text{Si}_3\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) é o produto da lixiviação do sódio da magaadita ( $\text{NaSi}_7\text{O}_{13}(\text{OH})_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), rocha formada nas salmouras ou seja águas marinhas pouco profundas.

## 5.2 Distribuição granulométrica.

A distribuição granulométrica das partículas foi determinada pelo MALVERN, método de Análise do tamanho das partículas por difração de raios laser.

**Caulins.** Em geral todas as amostras (ver figuras 8 e 9) apresentaram rendimento desprezível da fração 2  $\mu\text{m}$  (tamanho máximo de partícula para filler ou coating para papel), os caulins da Ilha da Juventude tem entre 25 e 55% da fração 10  $\mu\text{m}$  e entre 45 e 75% de partículas na fração 20  $\mu\text{m}$  (tamanho máximo de partícula para cerâmica de mesa, sanitária, louça de laboratório, borracha, tintas e outros usos). A fração 20  $\mu\text{m}$  é superior a 70%, nos casos dos depósitos de Camino de Santa Elena e Rio del Callejón I, III e IV. No depósito de Rio del Callejón II atinge 66%, enquanto em McKinley, o rendimento desta fração não passa de 44,7%. Os da região centro – oriental apresentam entre 45 e 65% da fração 10  $\mu\text{m}$  e entre 78 e 85% da fração 20  $\mu\text{m}$ . Finalmente os caulins do depósito El Cobre apresentam o maior rendimento em finos de todos os caulins ensaiados com 70% para a fração 10  $\mu\text{m}$  e entre 93 e 97% para a fração 20  $\mu\text{m}$ .

**Esmectitas.** Bentonita Managua (BM), Chiqui Gómez (BChG) e Vado del Yeso (BVY), apresentam granulometria semelhante, Taco Taco é mais grossa. Para o grupo aproximadamente o 50 - 60% da amostra fica na fração das 20  $\mu\text{m}$  ou menos. Taco Taco possui menos de 40% deste tamanho de partícula. Embora, sempre deve-se lembrar que a granulometria das esmectitas é função da dispersão em que estão.

**Argilas vermelhas.** Villa Roja em conjunto apresenta granulometria mais fina que San Fernando (ver figura 10). A fração 10  $\mu\text{m}$  é 50% enquanto que para San Fernando é apenas de 33%, a fração 20  $\mu\text{m}$  é 80% em Villa Roja e para San Fernando apenas 55%.

**Paligorsquita:** 50% da amostra é igual ou menor as 10  $\mu\text{m}$  e o 80% fica na fração de 20  $\mu\text{m}$ . A área de superfície específica aparente obtida no ensaio é de  $0,7590 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ .

Já no caso “Carbonato Tapaste” é possível observar como embora produto de moagem industrial, visando a micronização o material não é homogêneo nem atinge um rendimento importante para os tamanhos exigidos pela indústria do papel. Menos de 5% para a fração das 2  $\mu\text{m}$ . O resto é maior. Este resultado deve ser causado pela presença de cristobalita, mineral de maior dureza que a calcita, que foi detectado por DRX - difração de raios X, método de pó - com ajuda do software IDENTIFY da PHILLIPS como foi indicado no item 5.1 deste artigo.

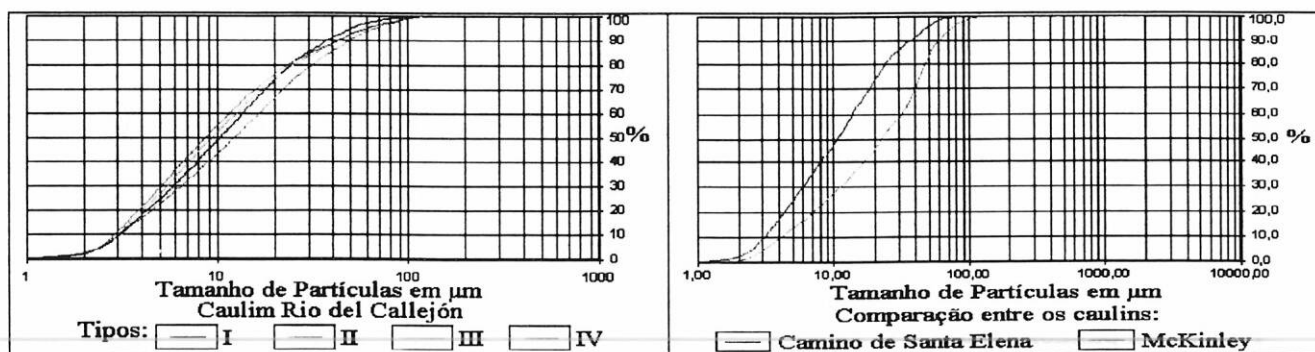


Figura 8

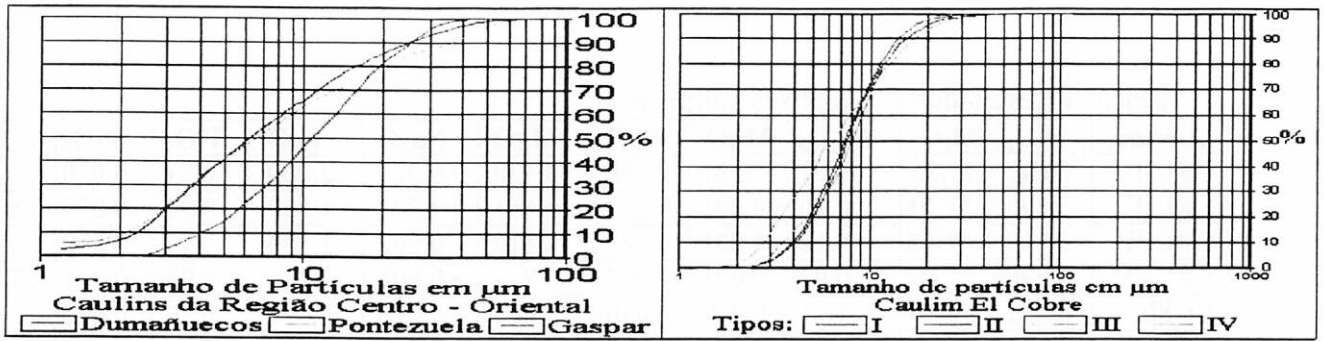


Figura 9

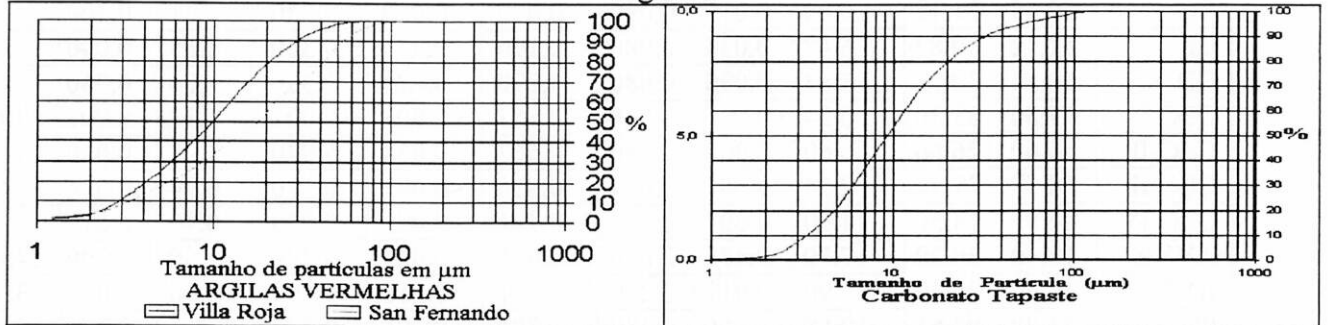


Figura 10

Já no caso “Carbonato Tapaste” é possível observar como embora produto de moagem industrial, visando a micronização o material não é homogêneo nem atinge um rendimento importante para os tamanhos exigidos pela indústria do papel. Menos de 5% para a fração das 2 µm. O resto é maior. Este resultado deve ser causado pela presença de cristobalita, mineral de maior dureza que a calcita, que foi detectado por DRX - difração de raios X, método de pó - com ajuda do software IDENTIFY da PHILLIPS como foi indicado no item 5.1 deste artigo.

### 5.3 Composição química das argilas.

Foi determinada por Fluorescência de raios X. A tabela 4 apresenta os resultados das diferentes argilas submetidas ao ensaio. Os números romanos definem o tipo tecnológico - natural em cada depósito. A presença das bentonitas não cubanas, de Estados Unidos e do distrito de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, deve-se a que foram utilizadas para comparação no ensaio de Foster junto com as cubanas. Os caulins de Estados Unidos, Inglaterra e Brasil foram colocados na tabela para comparação dos cubanos com eles pelo reconhecimento internacional de sua qualidade.

Lista de abreviações da tabela 4:

AVSF Argila Vermelha San Fernando	BVY Bentonita Vado del Yeso	CRC Caulim Rio del Callejón
AVVR Argila Vermelha Villa Roja	CaT Carbonato Tapaste	CP Caulim Pontezuela
BChG Bentonita Chiqui Gómez	CCSE Caulim Camino de Santa Elena	PI Paligorsquita Indira
BM Bentonita Managua	CD Caulim Dumañuecos	Sigma Bentonita de Wyoming - USA
Br-Ca Bentonita Brasgel - Ca Brasil	CEC Caulim El Cobre	Georgia Fine Caulim de Georgia USA
Br-Na Bentonita Brasgel - Na Brasil	CG Caulim Gaspar	Cornwall Caulim de Inglaterra
BTT Bentonita Taco Taco	CMcK Caulim McKinley	Sacomã Caulim de São Paulo, Brasil
M.Esp. Caulim de Minas Gerais, Brasil	Jari Caulim de Amapá, Brasil	-- Sem dados

Tabela 4 Resultados das análises químicas

Amostra	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF
CRC-I	50,42	35,25	0,01	0,01	0,190	0,430	0,020	2,060	0,54	0,020	--
CRC-II	59,90	23,40	0,60	<0,001	0,024	0,651	0,004	1,860	0,90	0,075	5,58
CRC-III	67,10	19,40	0,12	<0,001	0,140	0,810	0,002	1,890	0,49	0,510	9,23
CRC-IV	60,90	22,80	0,92	<0,001	0,007	0,757	<0,001	2,170	0,95	0,011	7,26
CCSE	47,42	37,46	1,13	0,010	0,010	0,060	0,010	0,470	0,20	0,070	--
CMcK	54,40	25,40	1,02	<0,001	0,120	0,609	0,022	1,760	0,50	0,018	9,30
CG	59,45	25,12	0,04	0,010	0,090	0,010	0,050	0,750	1,31	0,300	--
CP	51,52	30,82	6,47	0,030	0,080	0,190	0,030	0,330	0,65	0,090	--
CD	50,84	30,73	3,83	0,030	0,080	0,290	0,020	1,530	1,04	0,060	--
CEC-I	47,50	33,30	0,24	<0,001	0,008	0,553	<0,001	<0,001	1,32	0,001	14,60
CEC-II	40,60	26,60	6,69	0,001	0,110	0,662	0,058	5,920	1,27	0,030	11,38
CEC-III	50,50	27,70	7,54	0,001	0,074	0,616	<0,001	0,110	0,94	0,004	12,90
CEC-IV	44,50	24,50	14,30	0,007	0,260	0,991	<0,001	0,036	0,90	0,015	--
AVVR	19,40	30,20	17,70	0,472	2,650	0,671	0,029	0,220	1,50	1,200	24,40
AVSF	43,40	26,70	12,90	0,011	0,200	0,461	0,012	0,400	0,98	0,063	13,70
PI	53,90	08,61	10,50	0,165	0,490	7,787	0,004	0,120	0,37	0,001	19,10
CaT	0,25	00,14	0,02	0,009	54,20	0,493	<0,001	<0,001	0,15	0,007	42,20
BM	50,20	17,90	11,10	0,084	1,870	2,266	0,092	0,130	0,91	0,002	15,60
BChG	54,30	13,80	10,40	0,460	1,180	2,884	0,514	0,110	0,82	0,014	15,80
BVY	50,10	14,50	9,06	0,074	5,080	2,929	1,180	0,570	0,76	0,054	16,00
BTT	49,70	15,50	8,54	0,142	7,180	1,167	0,063	0,160	0,69	0,052	13,40
Sigma	59,50	18,00	3,34	0,007	1,04	2,430	1,740	0,300	0,15	0,044	12,70
Br-Ca	50,70	14,50	8,70	0,015	1,66	2,950	0,360	0,370	1,15	0,170	17,90
Br-Na	50,80	17,60	8,90	0,057	1,04	2,700	2,210	0,740	1,27	0,114	13,80
Georgia F.	45,00	38,00	1,00	---	0,06	0,09	0,29	0,13	1,60	---	---
Cornwall	47,20	37,60	0,68	---	0,08	0,20	0,08	1,39	0,04	---	---
Sacomã	44,00	37,90	1,10	---	0,30	0,40	0,60	0,60	0,20	---	---
M.Esp.	44,40	39,20	1,43	---	tr	0,15	---	0,20	0,23	---	---
Jari	45,10	37,80	1,90	---	---	---	0,10	0,10	1,10	---	---
Amostra	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF

Dos resultados obtidos, merecem destaque: o baixo teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nos tipos II, III e IV de Caulim Rio del Callejón (<24%) e o alto teor de SiO<sub>2</sub> (>47,2%), o teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (30,2%) na Argila Vermelha Villa Roja, o teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (26,7%) na Argila Vermelha San Fernando, o teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nos caulins Caulim Camino de Santa Elena (37,46%) o maior teor entre todos os caulins cubanos conhecidos até hoje, Caulim Rio del Callejón - I (35,25%), Caulim El Cobre - I (33,3%), Caulim Pontezuela (30,82%), e Caulim Dumañuecos (30,73%). Estes são comparáveis aos teores médios de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dos caulins internacionalmente famosos. Para maior comparação deve-se lembrar que teoricamente o Caulim puro apresenta a seguinte composição: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 39,5 % SiO<sub>2</sub> - 46,5 % H<sub>2</sub>O - 14,0 %. Com certeza, um beneficiamento apropriado do caulim fornecido por estes depósitos deverá aumentar estes teores, melhorando o comportamento da matéria prima mineral nos diversos usos industriais da cerâmica: para isolantes elétricos, de mesa, sanitária e refratária entre outros.

#### 5.4 Forma das partículas e relações entre elas.

As formas das partículas e as relações entre elas foram estudadas mediante o Microscópio Eletrônico de Varredura, pôde-se destacar o bom desenvolvimento dos cristais de caulim, seu tamanho pequeno (1 µm e menores) quando observados individualmente, seu empacotamento típico dos depósitos hidrotermais – residuais que conseqüentemente aumenta o tamanho das frações granulométricas e que indica a possibilidade de obter bons rendimentos das frações exigidas para

ser utilizado na produção de papel efetuando processos de beneficiamento modernos que incluem além do clássico peneiramento, lixiviação e ciclonação até  $-20\ \mu\text{m}$ , a defloculação e a delaminação com liquidificação como é feito atualmente na Inglaterra e nos Estados Unidos. A seguir, algumas das micrografias que avaliam estes critérios:

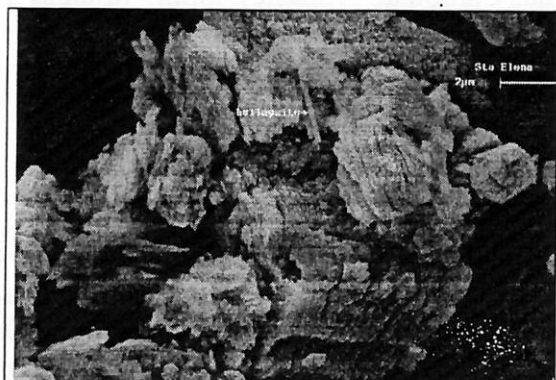


Figura 11 Caulim Camino de Santa Elena

- Na micrografia (escala  $2\ \mu\text{m}$ ) são visíveis em primeiro lugar pequenos cristais de caulinita em agregados com bom empacotamento, alguns tubos de halloysita e cristais de quartzo maiores que os argilominerais.

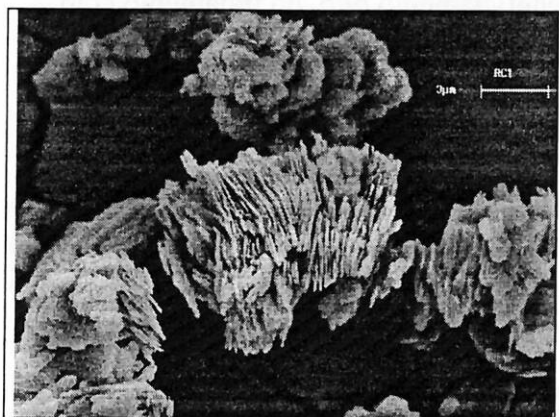


Figura 12 Caulim Rio del Callejón I

- Nesta micrografia (escala  $3\ \mu\text{m}$ ) é percebido o empacotamento em agregados cristalinos típico dos caulins, mas apesar do empacotamento são visíveis lamina de caulim de diâmetro igual ou menor de um micrômetro.

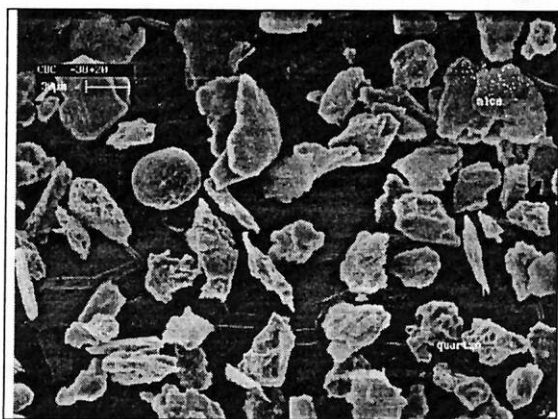


Figura 13 Caulim Rio del Callejón, beneficiado, cinza, fração  $-38+20\ \mu\text{m}$ .

Nesta micrografia são percebidos cristais de mica e quartzo, comparados com a escala da micrografia ( $30\ \mu\text{m}$ ) os tamanhos dos mesmos são maiores. Note-se a falta de lamina ou pacotes de lamina de caulinita. A mesma aparece em quantidades dominantes só na fração abaixo das  $20\ \mu\text{m}$ . Assim, é possível inferir a quantidade de minerais indesejáveis, grossos, abrasivos e que pigmentam, presentes no atual produto do beneficiamento.

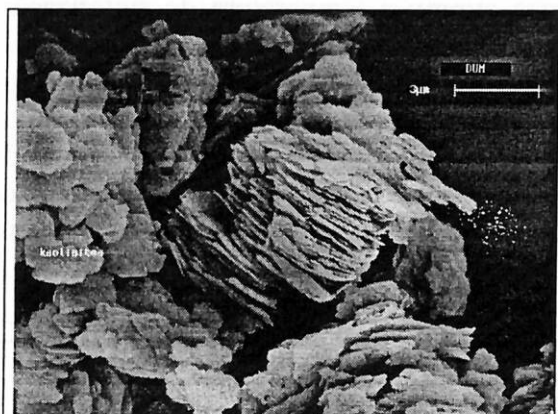


Figura 14 Caulim Dumañuecos.

Nesta micrografia (escala  $3\ \mu\text{m}$ ), pode-se ver o bom desenvolvimento dos cristais, seu alto grau de empacotamento e além de todo isso a presença de grande quantidade de cristais de tamanho menor a  $2\ \mu\text{m}$ .

## 5.5 Ensaios especiais.

### 5.5.1 Determinação de Alvura.

Amostras de quatro caulins cubanos foram selecionadas pela alvura que apresentam no estado natural e junto a uma amostra de calcita moída, (Carbonato Tapaste) foram testadas no Laboratório de Papel e Revestimento/ACP/DPF do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. O método aplicado foi Determinação do Fator de reflectância difusa no azul, Alvura Elrepho - TAPPI - T534 - pm-92. Os resultados são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 5 Alvura das argilas.

Amostra	Alvura	Média
Carbonato Tapaste	89,70 - 89,40	89,50
Caulim Camino de Santa Elena	62,50 - 62,15	62,30
Caulim Dumañuecos	56,40 - 56,35	56,40
Caulim McKinley	63,50 - 64,80	64,10
Caulim El Cobre I	71,20 - 70,30	70,70

Observa-se que somente o carbonato fica acima dos 80% mínimo de alvura requerido para papel, (Souza Santos, 1992), em quanto que o resto das amostras, todas de caulins aparecem bem abaixo desta cifra. Os caulins selecionados pela sua brancura precisam além do beneficiamento dito, do tratamento com

alvejantes para branquear-lhes visando atingir o nível de brancura mínimo necessário para a indústria do papel > 80%.

### 5.5.2 Defloculação de caulins.

Tendo em conta que os caulins Camino de Santa Elena, McKinley, Dumañuecos e El Cobre - I são depósitos da origem hidrotermal – residual, com fração lavada de suas partículas mais finas e onde foi obtida uma alta recuperação é possível concluir que a defloculação com silicato de sódio oferece rendimentos eficazes do ponto de vista tecnológico como se mostra na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 Defloculação de caulins selecionados

Depósito	P <sub>0</sub> (g)	Defloculante (mL)	Peso de areia (g)	Peso do caulim recuperado	Rendimento %
CSE	40	9,6	18,15	21,85	54,63
McK	40	0,8	22,45	17,55	43,88
CEC-1	40	9,6	25,90	14,10	35,25
CD	40	7,2	13,74	26,26	65,65
CBC-20µm	40	1,6	0,39	39,61	99,03

Abreviações como indicado no item 5.3 exceto CBC-20µm →Caulim Rio del Callejón beneficiado cinza peneirado da fração abaixo 20 µm e P<sub>0</sub> → peso inicial de amostra.

### 5.5.3 Refratariedade e retração dos caulins.

O ensaio efetuou-se com corpos de prova feitos com os caulins defloculados anteriormente mas também com estes caulins em estado cru.

Nenhum dos corpos de prova dos caulins naturais atingiu a temperatura de sinterização, apesar de serem amostras de caulim com minerais deletérios presentes, de ferro, feldspatos e micas. Só é possível perceber a mudança de cores e a presença de pontos de ferro na temperatura final de queima. Os corpos de prova queimados apresentam a dureza exterior característica dos silicatos que passam a cristobalita e depois a tridimita por efeito da temperatura. A superfície dos corpos de prova é áspera, não mostra sinterização ou seja não atingiu aquela lisura superficial característica dos produtos de cerâmica que indica que se a temperatura sobe acima da atual, o corpo de prova vai-se fundir ou derreter.

O corpo de prova de CSE Camino de Santa Elena (CSE) natural queimado até 1450°C, apresenta cores de queima mais avermelhados que no defloculado, percebendo-se nele pontos escuros, aparentemente de ferro.

Nos corpos de prova dos caulins defloculados queimados as temperaturas de 1300 °C e 1450 °C percebe-se uma certa decolagem ou separação em pequenas camadas, mas as pastilhas apresentam dureza alta e a superfície é áspera ao contato dos dedos. Só que neste caso, como o tamanho das partículas é muito menor, a aspereza é menor que no caso natural. O corpo de prova do caulim beneficiado cinza Rio del Callejón da fração inferior a 20 µm e defloculado, apresenta características semelhantes aos outros, só que no caso da temperatura de 1450°C apresenta alguns pontos escuros aparentemente de ferro.

O caulim de El Cobre – I é o mais alvo de todos os caulins cubanos queimados a 1450°C, enquanto que Dumañuecos é o mais escuro. Em todos os casos os caulins cubanos são mais escuros que o caulim de Mogi das Cruzes.

Tabela 7 Retração pelo volume

Depósito	N	NS110°C		Nq1450°C		D	DS110°C		Dq1450°C	
	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	Ret.(%)	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	Ret.(%)	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	Ret.(%)	V <sub>(mm<sup>3</sup>)</sub>	Ret.(%)
CSE	6809.40	6627.82	2.67	5987.09	12.08	3727.47	3421.19	8.09	2642.08	29.02
McK	7626.53	7580.13	0.61	6433.98	15.64	4630.39	4276.49	7.64	3534.29	23.67
CD	7626.53	7580.13	0.61	5844.84	23.36	6537.03	5987.09	8.41	3773.84	42.27
CEC-1	7626.53	7580.13	0.61	5434.33	28.74	4448.81	3421.19	23.10	Fragmentou-se	
CBC-20µm	----	----	----	----	----	5629.11	5131.79	8.84	3798.23	32.53
Mogi	----	----	----	----	----	5538.31	5131.79	7.34	3141.65	43.27

Todas as abreviações dos corpos de prova segundo indicado no item 5.3. Abreviações das colunas N→ natural, NS110°C→ natural secado a 110 °C, Nq1450°C→ natural queimado até 1450 °C, D→ defloculado, DS110°C→ defloculado secados a 110 °C, Dq1450°C→ defloculado queimado até 1450 °C, V<sub>(mm<sup>3</sup>)</sub> → volume em mm<sup>3</sup>, Ret.(%) → retração em %.

5.5.4 Análise sob Lupa Binocular das frações do peneiramento a úmido de caulim Rio del Callejón beneficiado cinza da Ilha da Juventude

Tabela 8 Resultados do peneiramento a úmido do caulim beneficiado

Mesh Tyler	Abertura (µm)	Peso retido (g)	% peso	% acumulado acima	% acumulada abaixo
+325	+44	6,29	0,97	0,97	99,03
+325-400	-44+37	6,00	0,93	1,90	98,10
-400+635	-37+20	37,30	5,79	7,69	92,31
-635	-20	594,6	92,30	99,99	00,01
Total:			99,99		

Peso inicial (g) = 675,4      Peso final (g) = 644,19 (95,3790%)      Perda (g) = 31,21 (4,6209%)  
Cada fração das acima relacionadas foi submetida a observação sob lupa binocular. Os resultados foram os seguintes:

- Fração +325 (+44 µm) = 0,97% do total. Resíduos orgânicos pequenos, raízes vegetais algumas como pêlos, muito finas e alongadas, parece que também tem restos de insetos que parecem ter sido incorporados na estocagem do produto final na usina. Muito quartzo, mais de 70% da fração, hialino, branco, fino, arredondado, homogêneo, visível a olho nu mas melhor definido na lupa binocular; mica moscovita, de tamanho semelhante aos cristais de quartzo, perto do 10% da fração; minerais esféricos escuros aparentando óxidos de Ferro ou ilmenita, foi passado um ímã e magnetizou perto do 10% da fração, alguns cristais de cianita no resto. Esta fração não apresenta caulim. Pelo nosso conhecimento dos depósitos minerais e da geologia da Ilha da Juventude, observar esta fração na lupa binocular é como olhar os depósitos de areia de quartzo Buenavista, que ficam ao norte dos depósitos de caulim de Rio del Callejón e outros; são idênticos.

Nota: São encontradas placas de ferro oxidadas as quais não devem ter relação com as rochas que originaram o mineral de caulim, ou seja os xistos da formação Água Santa. Segundo nosso critério, estas pequenas placas de ferro, algumas de até 5mm de comprimento são oriundas da ferrugem da própria usina de beneficiamento.

- Fração -325#+400 (-44  $\mu\text{m}$ +37  $\mu\text{m}$ ) = 0,93%. São detectados restos orgânicos de novo, mas em quantidade aproximada de 1%. O quartzo  $\cong$  80% do total, e a mica  $\cong$  10%, apresentam pureza e limpeza. O quartzo é sobre tudo hialino, a mica é totalmente moscovita. Alguns cristais de quartzo apresentam óxidos de ferro como manchas vermelhas. Não é visível a presença de caulim e também não de feldspatos. Repete-se a presença dos minerais escuros ( $\pm$ 10%), ao que parece óxidos de ferro ou ilmenita.

- Fração -400#+635#, (-37  $\mu\text{m}$ +20  $\mu\text{m}$ ). Repete-se a composição substancial da fração anterior com o quartzo, a mica e os minerais escuros na mesma proporção, a presença de resíduos orgânicos é muito menor de 1%. Desta fração foi apresentada uma micrografia no item 5.4 anterior.

- Fração -635#, (-20  $\mu\text{m}$ ). Por causa das pequenas dimensões dos grãos desta fração não foi feita observação sob lupa binocular da mesma.

#### 5.5.5 Análise da capacidade de troca de cations totais das Bentonitas.

Tabela 9 Troca de Cations totais

Depósito	meq/100g	Depósito	meq/100g
Taco	24	Chiqui	70
Taco		Gómez	
Managua	86	Vado del	71
		Yeso	

Mais uma vez Taco Taco não atinge os patamares esperados numa esmectita. Managua destaca-se com a maior troca de cations totais das quatro amostras submetidas ao ensaio, alias o resultado aqui obtido e também maior ao obtido por Pantaleón em seu trabalho de 1996.

Também os resultados obtidos pelo laboratório citado acima para as argilas de Chiqui Gómez e Vado del Yeso são maiores aos apresentados por Pantaleón 1996.

#### 5.5.6 Determinação do Teor de cations trocáveis em argilas esmectitas.

As mesmas argilas foram submetidas ao ensaio de determinação de cations trocáveis no Laboratório do Projeto Gálio, no PMI - Depto. de Eng. de Minas da EPUSP, pelo método de Absorção Atômica, os resultados são mostrados nas tabelas a seguir:

Tabela 10 Teor de cations trocáveis individuais das esmectitas

Depósito	Ca <sup>++</sup> %	Mg <sup>++</sup> %	Na <sup>+</sup> %	K <sup>+</sup> %	Al <sup>+++</sup> %	Fe <sup>++</sup> %
Taco Taco	74,30	5,66	18,00	1,91	0,21	<0,1
Managua	51,40	15,40	24,60	8,37	0,20	<0,1
Chiqui Gómez	2,55	15,00	29,00	46,60	6,80	<0,1
Vado del Yeso	39,30	2,10	46,30	3,22	----	<0,1

Tabela 11 Cations trocáveis individuais (meqs/100g)]

Depósito	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>
Taco Taco	63,90	4,87	15,5	1,64	-----
Managua	44,20	13,20	21,2	7,20	-----
Chiqui Gómez	1,79	10,50	20,3	32,60	4,72
Vado del Yeso	27,90	1,46	32,9	2,29	-----

### 5.5.7 Ensaio de Inchamento de Foster.

Feitos com o objetivo de medir a expansividade das argilas esmectitas, para comparação e maior representatividade do ensaio foram incluídas mais três argilas, Sigma de Wyoming (entre as melhores do mundo no aspecto da expansividade ou inchamento), Brasgel – Ca (sem tratamento com silicato de sódio) e Brasgel – Na (tratadas com silicato de sódio) dos depósitos de Boa Vista, Município de Campina Grande, Paraíba, Brasil

Primeiro ensaio: feito com água destilada só, os resultados obtidos foram:

Tabela 12

Depósito	Inchamento (mL)	Depósito	Inchamento (mL)
Taco Taco	2	Sigma	18
Managua	3	Brasgel – Ca	3
Chiqui Gómez	3	Brasgel – Na	14,5
Vado del Yeso	3		

Ou seja todas as possíveis esmectitas cubanas são cálcicas por apresentarem expansão quase nula, a mais expandida delas foi Managua e não atingiu nem 1/3 do que alcançaram Sigma e Brasgel – Na

Segundo ensaio: feito com as argilas esmectitas após Processo de sodificação com agitação magnética a 50°C. Os resultados são mostrados a seguir:

Tabela 13 (mL)

Depósito	Altura na proveta	
	24 horas	144 horas
Taco Taco	3,5	3,0
Managua	14,0	14,0
Chiqui Gómez	6,5	6,5
Vado del Yeso	9,0	9,0
Brasgel – Ca	18,0	18,0

Em geral é possível concluir que as esmectitas cubanas não reagiram ao processo de sodificação com agitação magnética a 50 °C da forma esperada. Porém Managua apresenta o maior inchamento de todas embora menor que a Brasgel – Ca.

Terceiro ensaio: feito com água destilada mais NaCO<sub>3</sub> em solução a temperatura ambiente. Os resultados foram:

Tabela 14

Depósito	Inchamento (mL)	Comentários
Taco Taco	2	A melhor resposta ao processamento com Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> foi dada pela argila do depósito Managua enquanto que Chiqui Gómez e Vado del Yeso responderam com menor força ao ensaio.
Managua	14	
Chiqui Gómez	9,5	
Vado del Yeso	8	

Quarto ensaio: feito com quaternário de amônio (cloreto de dimetilbenzil dodecil amônio), após 24 horas:

Tabela 15

Depósito	Inchamento (mL)	Comentários
Taco Taco	5	As esmectitas de Managua, Chiqui Gómez e Vado del Yeso podem-se pesquisar para a produção de argilas organofílicas próprias para a produção de lamas salinas especiais para a perfuração de poços de sondagem para petróleo.
Managua	30	
Chiqui Gómez	14,5	
Vado del Yeso	16	

### 5.5.8 Ensaio de Viscosidade.

A) Processo por câmara úmida. Com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Observações do estado físico das amostras anterior as medições no Viscosímetro Fann:

Taco Taco: precipitada a maior parte da amostra. Managua: Espessou. Chiqui Gómez: Espessou. Vado del Yeso: Espessou. A seguir os valores calculados:

Tabela 16

Depósito	Va	Vp	3Vp	YP
Taco Taco	2,25	1,0	3,0	2,5
Managua	13,00	9,0	27,0	8,0
Chiqui Gómez	13,25	7,0	21,0	12,5
Vado del Yeso	6,25	3,0	9,0	6,5

Viscosidade aparente (Va): Nenhuma das argilas alcançou o valor mínimo de 15 cP (Norma API), Managua e Chiqui Gómez chegaram perto mas ficaram abaixo do mínimo.

Viscosidade plástica (Vp): Managua ficou acima do valor mínimo de 8 cP, (Norma API) Chiqui Gómez ficou abaixo mas perto. As outras não alcançaram valor de interesse.

Limite de escoamento (Yield Point): Em todos os casos é menor que o triplo da Viscosidade plástica (Norma API).

Os valores de Va – Viscosidade aparente apresentados por Managua e Chiqui Gómez no processo com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  merecem pesquisas no sentido do processo de sodificação para melhorar os índices acima apresentados.

Além dos anteriores, foram feitos os seguintes ensaios: Processo por câmara úmida com NaOH, Processo por secagem em estufa a  $60^\circ\text{C}$  com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Processo por secagem em estufa a  $60^\circ\text{C}$  com NaOH e os resultados obtidos permitiram concluir que as argilas esmectitas cubanas não reagem ao processo de sodificação a quente em estufa a  $60^\circ\text{C}$ , pois os resultados obtidos nestes ensaios não alcançaram os patamares estabelecidos pelas normas da API (American Petroleum Institute).

### 5.5.9 Defloculação da argila Taco Taco.

Tendo em vista as mas reações da argila de Taco Taco e os restos de areia observados nos ensaios de viscosidade, decidiu-se efetuar um ensaio de defloculação desta argila para calcular o conteúdo real de argila e o de areia, os resultados foram:

Peso inicial = 20 g (100%)    Peso da areia precipitada = 11,9 g (59,5%)    Peso da argila = 8,10 g (40,5%)

### 5.5.10 Processo de sodificação com NaOH a temperatura ambiente.

Feito com as argilas de Managua, Chiqui Gómez e Vado del Yeso, procurando uma solução para a sodificação.

As argilas de Managua e Chiqui Gómez expandiram-se desde o início em grandes volumes, finalmente o maior volume alcançado pelas argilas foi:

Managua = 800 mL    Chiqui Gómez = 750mL    Vado del Yeso = 270mL.

Porém, as soluções de argilas em água destilada mais a solução aquosa de NaOH não espessaram, razão pela qual decidiu-se não continuar com o ensaio. Concluindo-se que a adição de solução aquosa de NaOH a 50% não elevou a viscosidade das argilas esmectitas como esperado ou seja os resultados foram negativos neste aspecto, porem a solução de NaOH ao 50% demonstrou que serve como bom reagente defloculador (separador das partículas menores) das esmectitas Managua em primeiro lugar, e Chiqui Gómez e Vado del Yeso em menor escala.

5.5.11 Relação  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  para paligorsquita Indira.

Tabela 17

Dados para o calculo		Aspectos a considerar (Salcedo et al.,1994)	
Substância	%	Relação	Consideração
$\text{Al}_2\text{O}_3$	8,61	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} > 1$	paligorsquita atípica com alto teor de $\text{Al}_2\text{O}_3$
MgO	7,87	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} = 1$	paligorsquita normal
$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{MgO}$	1,094027954257	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO} < 1$	pilolita

Ou seja a amostra analisada de Indira resulta uma Paligorsquita atípica por ser  $1,094 > 1$ .

## 5.5.12 Ensaio de área específica para paligorsquita Indira.

A área de superfície específica aparente ( $\text{m}^2/\text{cm}^3$ ) =  $0,7590 \text{ m}^2/\text{cm}^3$  obtido pelo MALVERN durante o ensaio de análise de tamanho de partículas. Como  $1 \text{ cm}^3$  é aproximadamente igual a  $1 \text{ g}$  então pode se considerar:  $0,7590 \text{ m}^2/\text{g}$ , o que, sempre segundo Salcedo et al.,1994, indica que:

- a) não cumpre as exigências mínimas para descorante de óleos ( $0,85 \text{ m}^2/\text{g}$ )
- b) não cumpre as exigências mínimas para catalisadores ( $> 1,20 \text{ m}^2/\text{g}$ )

Finalmente como o teor de MgO = 7,87% queda definida como mineral de paligorsquita atípica ou seja não é uma dolomita por apresentar menos de 15% de MgO.

## 6. Conclusões finais

6.1 Um conjunto de 14 amostras de caulim, 2 amostras de argilas vermelhas, 4 amostras de esmectitas, 1 amostra de paligorsquita e uma de calcita moída industrialmente foram submetidos a estudos de caracterização pelos métodos de Análises de Tamanho de Partículas ou Granulometria, Difração de Raios X para identificação da composição mineralógica, Fluorescência de Raios X para determinação da composição química e Microscópio Eletrônico de Varredura para analisar o desenvolvimento dos cristais e as relações espaciais entre eles.

## 6.2 Foram ainda efetuados os seguintes ensaios especiais:

- a) Ensaio de Alvura: Em quatro caulins naturais e 1 “carbonato” (calcita moída visando micronização)
- b) Ensaio de peneiramento a úmido nas peneiras  $44 \mu\text{m}$ ,  $37 \mu\text{m}$  e  $20 \mu\text{m}$  (#325, #400 e #635 Mesh Tyler ) e observação das 4 frações sob lupa binocular: Em um caulim classificado como mais fino que  $63 \mu\text{m}$  (ver página 12)
- c) Ensaio de Defloculação: Em quatro caulins naturais e 1 beneficiado e peneirado  $-20 \mu\text{m}$   
Em 1 amostra de esmectita
- d) Ensaio de Refratariedade: Em quatro caulins naturais e 1 beneficiado e peneirado a  $-20 \mu\text{m}$
- e) Ensaio de troca de cations totais: Em quatro amostras de esmectitas
- f) Determinação do teor de cations trocáveis: Em quatro amostras de esmectitas

- |   |   |
|---|---|
| g) Ensaio de inchamento em água por vários métodos, com diferentes reagentes e com diferentes temperaturas: | Em quatro amostras de esmectitas. No inchamento só com água foram incluídas uma amostra de esmectita dos EUA e mais duas amostras de esmectitas brasileiras, sendo uma trocada por sódio industrialmente e a outra ao natural |
| h) Ensaio de viscosidade:   | Em quatro amostras de esmectitas  |
| i) Análise da relação $Al_2O_3/MgO$ :   | Em uma amostra de paligorsquita   |
| j) Análise de área específica:  | Em uma amostra de paligorsquita   |

6.3 As amostras de caulim dos depósitos Camino de Santa Elena, Rio del Callejón – I, Pontezuela, Dumañuecos e El Cobre – I apresentam elevado potencial de uso para cerâmica branca de mesa e sanitária.

6.4 As amostras de caulim dos depósitos Camino de Santa Elena, McKinley, Dumañuecos e El Cobre – I apresentam elevado potencial de uso para refratários.

6.5 Os caulins avaliados devem ser submetidos a novos métodos de tratamento com deflocação e/ou delaminação com liqüidificador visando elevar seus rendimentos na fração menor de 2  $\mu m$  para poderem ser utilizados na produção de papel. Para o mesmo uso industrial devem ser submetidos a processos de alvejamento visando atingir os níveis de alvura requeridos pela indústria do papel.

6.6 A melhor utilização industrial do caulim cru do depósito Gaspar é na mistura da farinha para produção de cimento branco pela quantidade de quartzo, feldspatos e minerais de titânio que apresenta.

6.7 Entre as esmectitas pesquisadas, aquelas dos depósitos Managua e Chiqui Gómez apresentam bom potencial de uso em fluidos para perfuração de poços de petróleo e outros, que requerem altos níveis de inchamento em água e índices referentes a viscosidade. As amostras dos depósitos Vado del Yeso e Taco Taco necessitam de mais estudos nesse sentido.

6.8 São interessantes os teores de  $Al_2O_3$  na forma de Gibbsita e a presença de fosfatos nas argilas do depósito Villa Roja.

6.9 Sem dúvida alguma, as argilas vermelhas de San Fernando constituem mais um depósito do argilomineral caulim porem com elevados teores de Ferro.

6.10 A paligorsquita do depósito Indira necessita de novos estudos mais detalhados, para caracterizar melhor sua aplicabilidade em filtragem e clareamento de óleos ou como catalisador.

## 7 Referencias Bibliográficas

- Anthony, J. W., Bideaux, R. A., Bladh, K. W., Nichols, M. C. *Handbook of Mineralogy* University of Arizona. V – I, II. 1990.
- API “*Drilling fluid Materials. Specification 13-A*”, 15 edition, may 1993.
- Barcaz, V., Sánchez, M., Bosch Diaz, M., Rodriguez Cantillo, N. *Informe de la Exploración Complementaria de Caolin para Cemento Blanco Rio del Callejón. Unidad Geólogo - Minera de la Isla de la Juventud.* Octubre de 1990
- Betekhtin, A. *A Course of Mineralogy.* Peace Publishers. Moscow. (sem data)
- Brindley, G. W.; *The Kaolim Minerals, “X-ray Identification and Structure of the Clay Minerals”*, Mineralogical Society of Great Britain Monograph (1951).
- Capote, C. *Separação de estruturas sem arco uma ferramenta imprescindível no prognóstico metalogenético na região centro - oriental de Cuba.* 39 CGB, Salvador de Bahia. 1996
- Carvalho, E. A. ; Neto, A.M. *Beneficiamento de Caulim.* Destaque da Jornada Científica do CETEM. 1995
- Coutin, D. P.; Martínez Salcedo, J. e outros. *Texto explicativo a los mapas de Yacimientos y manifestaciones, de grado de estudio y de pronóstico de minerales no metálicos en la Provincia de Pinar del Rio.* CIG. MINBAS. 1980
- Coutin, D. P., Martínez Salcedo, J. *Sistematización y generalización de las Materias Primas No Metálicas de las Provincias Orientales.* CIG. MINBAS. 1985.
- Coutin, D. P., Martínez Salcedo J. e outros. *Mapa de Yacimientos y Manifestaciones Minerales no Metálicos y Combustibles de la República de Cuba.* Esc. 1:500.000, 1988..
- Da Luz, A. B. E Damasceno, E. C.; *Caulim: um Mineral Importante*, CETEM, Tecnologia Mineral, v-65, 1994
- Dana, H.; *Manual de Mineralogia*, v-2, 1969
- Filho, D. P. de Lira. *Perfil analítico da bentonita.* D.N.P.M. 1973
- Finko, V.I.; Korin, I.Z.; Cortina, F.F. *Acerca del hallazgo en Cuba de minerales del grupo de la Sepiolita - Paligorsquita.* Academia de Ciencias de Cuba. 1969.
- Foster, M. D. *The relation between composition and swelling in clays.* Proceedings of 3<sup>rd</sup> Nat. Conference on Clays and Clays Minerals. NAS Publications 395. P 205. 1955
- Gorchakov, G.I., *Materiales de construcción.* Editorial Mir.1984.
- Grimm, R. E.; *Clay Mineralogy* - Mc Graw Hill - series in Geology, 1953.
- Grim, R. E., Guven, N.; *Bentonites. Geology, Mineralogy, Properties and uses.* Developments in sedimentology 24. Elsevier Scientific Publishing company. 1978
- Grim, R. E.; *Applied clay mineralogy.* McGraw - Hill Book Company, INC. 1962.
- Guismatulin R. M. ; Barcaz M. ; Cantero O. ; Machado A. ; Bosch M. ; Plasencia R. ; Radinsky V. *Informe de la Exploración Complementaria del Yacimiento Río del Callejón.* Isla de la Juventud. Unidad Geólogo - Minera de la Isla de la Juventud. MINBAS. Octubre de 1989
- Hennies, W, Martín Cortés, G. R. *Mining Of Cuban Clay Deposits.* Mining Engineering Department, Polytechnic School, University of São Paulo, Brazil. MPES'97 4th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection - September 5-7, Ostrava Czech Republic 1997
- Hennies, W., Born, H., Martín Cortés, G.R. *Applied mineralogy studies on some Cuban clay deposits for mineral processing purposes.* Mining Engineering Department, Polytechnic School, University of São Paulo, Brazil. 20 International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Aachen German Federal Republic 1997
- Leinz, V.; Souza Campos, J.E. *Guia Para Determinação De Minerais.* Cia. Editora Nacional. 1979
- Léxico Estratigráfico de Cuba* (Grupo de Autores), 1992

- Luz, A.B. *Beneficiamento dos caulins do Rio Capim e do Rio Jari*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo. 1995.
- Martín Cortés, G. R.; Chausson, D. D. S. *CAULIM*. Seminário apresentado à disciplina PMI 724 Recursos Minerais do Brasil II. Depto. Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1996
- Martínez Martínez, M. e outros. *Informe de los trabajos temáticos productivos sobre Paligorsquita Indira*. EGM - Camagüey. 1991
- Martínez Salcedo, J.; Klen, L. *MAPA MINERAGENICO-PRONOSTICO DE LA REPUBLICA DE CUBA* (MEMORIA ESCRITA) Escala 1:500 000 IGP. La Habana 1990
- Martínez Salcedo, J.; Nevot, N.P.; Ponce Seoane, N.; Batista González, R. E outros. *Prognóstico de Matérias Primas No metálicas de la República de Cuba*. 1:250 000 - 1:100 000. IGP. MINBAS. 1994.
- Miglioni, M.C.; Bertolino, L.C. *Caracterização mineralógica do caulim do Morro do Felipe (Pa), com ênfase no estudo do ferro na estrutura da caulinita*. Destaque da Jornada Científica do CETEM. 1995
- Moeri, E.; Hennies W. T., Coura E J. F. *Geological model and computer control for planning and operating of the Jari kaolin mine, Morro do Felipe, Brazil*. In: WORLD MINING CONGRESS, 13, Stockholm, Sweden. Improvement of mine productivity and overall economy by modern technology. Balkena, Rotherdam, v. 1, p 129-136 (there are spanish and german versions). 1987
- Moeri, E.; Hennies W. T., Coura E J. F. *Uso de computadores na mina de caulim do Jari.*, São Paulo, SP, Brasil Mineral n. 42 p 48-53, Maio - 1987.
- Moeri, E.N.; Hennies, W.T.; Coura, F.J. *Modelo Geológico e Aplicação de Computador ao Planejamento e operação da Mina de Caulim de Jari, Morro do Felipe, Brasil*. 1987
- Morgado, A. F. *Caracterização e preparo de uma argila do grupo das montmorillonitas para usos industriais*. II Congresso Italo - Brasileiro de Engenharia de Minas. São Paulo. Brasil. Setembro/1993
- Nemecz, E. *Clay Minerals*. Akadémiai Kiadó. Budapest 1981
- Pantaleón, G. *Resumos geológicos tecnológicos das principais esmectitas cubanas: Bentonita Managua, Bentonita Chiqui Gómez e Bentonita Vado del Yeso*. Departamento de Minerais Não Metálicos do IGP - Instituto de Geologia e Paleontologia. MINBAS. 1996
- Pérez, A. ; Castaño, C. *Informe final sobre los trabajos de Exploración de Explotación en el Yacimiento Rio del Callejón*. EGM -MIMC. 1982.
- Pickering, S.M. e outros. *KAOLIN*. Industrial Mineral and Rocks. 1992
- Prentice, J. E. *Geology of Construction Materials. Topics in the Earth Science*. Emeritus Professor of Geology. University of London. 1990
- Ross, C. S., Kerr, P. F.; *The Kaolin Minerals*, U. S. Geol. Survey Profess. Paper 165E, (1931).
- Sefarty, A. *Caulim. Balanço Mineral Brasileiro*. 1980
- Silva, S.P. *Caulim. Balanço Mineral Brasileiro*. 1988
- Souza Santos, P.; Souza Santos, H.; Valenzuela Díaz, F. *Caracterização e propriedades das bentonitas industriais do NE do Brasil* Depto. de Eng. Química da EPUSP - Lab. Microscopia Eletrônica do Instituto de Física da USP. 1997
- Souza Santos, P.; Brindley, G.W.; Souza Santos, Helena. *Mineralogical studies of kaolinite - halloysite clays; part III, A fibrous kaolin mineral from Piedade, São Paulo, Brazil*. Mineralogical Society of America. 1965
- Souza Santos, Pérsio. *Tecnologia de Argilas*. Editora Edgard Blücher Ltda. 1975. Professor Titular de Química Industrial do Depto de Eng. Química da Escola Politécnica da Universidade São Paulo.

- Souza Santos, Pécisio. *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2ª Edição revisada e ampliada. Editora Edgard Blücher Ltda. 1992. Professor Titular de Química Industrial do Depto de Eng. Química da Escola Politécnica da Universidade São Paulo.
- Valenzuela-Diaz, F. R., Vieira Coelho, A. C., Abreu L. A. V. De, Souza Santos, P. *Estudos tecnológicos recentes utilizando argilas esmectíticas brasileiras*. Anais do IIIº Congresso Ítalo – Brasileiro de Eng. de Minas, Verona, 26 – 27 setembro de 1994. P 124 – 130.
- Valle, C. E. *Qualidade Ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente*. Livraria Pioneira Editora. 1995
- Wilson, I.R. “*Constituição, avaliação e propriedades cerâmicas de caulins de alta qualidade*” Conferência realizada no 37 Congresso Brasileiro de Cerâmica, Curitiba, Paraná, junho de 1993.



BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Tapera Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI/003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/005 - Aluste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI/012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico -  $W_i$ , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Bolas Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maços Rochosos através de Envolvimentos de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES

- BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN
- BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA SALVADOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA, JOSÉ RENATO B. DE LIMA
- BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominuição Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas - LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO
- BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e Consequências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALIES LEAL FILHO
- BT/PMI/044 - Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico - IVAN FALCÃO PONTES, LAURINDO SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/045 - Pequena Empresa - A Base para o Desenvolvimento da Mineração - GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/046 - Máquinas de Flotação - ROGÉRIO CONTATO GUIMARÃES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/047 - Aspectos Tecnológicos do Beneficiamento do Carvão de Candiota (RS) - ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/048 - Efeito das Dimensões de Provetas no Dimensionamento de Espessadores - ELTON AZEVEDO MASINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/049 - Água no Processamento Mineral - RODICA MARIA TEODORESCU SCARLAT, ARTHUR PINTO CHAVES

- BT/PMI/050 - Drenagens Ácidas do Estéril Piiritoso da Mina de Urânio de Poços de Caldas: Interpretação e Implicações Ambientais - VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/051 - "Caracterização Tecnológica de Minérios Auríferos. Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Jazida de Salamangone, AP." - MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/052 - Ensino de Engenharia de Minas - WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/053 - Redistribuição de Tensões e Desenvolvimento da Zona Clástica em Túneis Circulares - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/054 - Projeto de Barragem para Reservação de Mistos de Minerais Pesados Rejeitados pelo Beneficiamento de Cassiterita na Mina do Pitinga - MARCELO PIMENTEL DE CARVALHO, EDER DE SILVIO, LINDOLFO DE SILVIO
- BT/PMI/055 - A Segurança e a Organização do Trabalho em uma Mineração Subterrânea de Carvão da Região de Criciúma - Santa Catarina - DORIVAL BARREIROS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/056 - Diagnóstico de Lixiviação para Minérios de Ouro - VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/057 - O Estado da Arte em Tratamento de Minérios de Ouro - RONALDO DE MOREIRA HORTA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/058 - Vias Subterrâneas em Rocha - Escavação por Explosivos - WILDOR THEODORO HENNIES, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/059 - Aumento da Seletividade na Separação da Fluorita/Calcita/Barita/Apatita por Flotação. Jazida de Mato Preto - PR - MONICA SPECK CASSOLA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMC/060 - Desenvolvimento de Processo para Extração de Gálio do Licor de Bayer por Resinas de Troca-Iônica de Poli (Acrilamidoxima) - WALDEMAR AVRITSCHER, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/061 - Estudo de Aspectos Geomecânicos Aplicados ao Projeto de Minas Subterrâneas - EDUARDO CÉSAR SANSONE, LINEU A. AYRES DA SILVA
- BT/PMI/062 - Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo - OMAR YAZBEK BITAR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/063 - Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação/Adsorção da Mina de Fazenda Brasileiro - ÁUREA MARIA DIAS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/064 - A Nova Configuração da Indústria de Fertilizantes Fosfatados no Brasil - YARA KULAIF, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/065 - Estudos de Flotação em Coluna com Finos de Fosfato da Ultrafertil em Escala Piloto - JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/066 - Flotação da Apatita da Jazida de Tapira - MG - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO- LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/067 - Minerais Industriais: Conceituação, Importância e Inserção na Economia - FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/068 - Atividades Micro-Sísmicas e a Ruptura de Rochas - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/069 - Metodologia para Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Minerais - LÍLIA MASCARENHAS SANT'AGOSTINO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/070 - Aplicação de Modelos Numéricos ao Projeto de Escavação por Explosivos de Túneis e Galerias - LUIZ CARLOS RUSILO, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/071 - O Estado da Arte da Cianetação de Minérios Auríferos - ROBERTO GOULART MADEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/072 - Revisão da Indústria Mineral de Titânio - ANTÔNIO HELENO DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/073 - Sistematização de Casos de Instabilidades em Encostas Rochosas no Município de Santos, Através de Nova Metodologia de Avaliação de Estabilidade - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/074 - A Mineiro-Metalurgia e suas Ligações com a Geologia e suas Engenharias de Minas, Metalúrgica e Química - RICARDO ALVARES DE CAMPOS CORDEIRO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

- BT/PMI/075 - A Redução da Umidade de Minérios de Ferro com o Emprego de Microondas - FERNANDO LEOPOLDO VON KRÜGER, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/076 - Estimção de Parâmetros do Modelo Cinético de Moagem - CLÁUDIO FERNANDES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMC/077 - A Bauxita e a Indústria do Alumínio - JOSÉ CRUZ DO CARMO FLÔRES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMC/078 - Técnicas de Tratamento de Minérios para Reciclagem de Vidro - CLEUSA CRISTINA BUENO MARTHA DE SOUZA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/079 - Comparação entre Cylpebs e Bolas na Moagem Secundária da Samarco Mineração - JOAQUIM DONIZETTI DONDA, ANTONIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/080 - Calcários Dolomíticos da Região de Ouro Preto para usos na Metalurgia e como Rochas Ornamentais - MARCÍLIO DIAS DE CARVALHO, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/081 - Estudo de Reoxidação e Redução de Ferro Contido em Caulins - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/082 - Recuperação do Gálio Existente no Licor de Bayer de Poços de Cladas por Flotação Iônica: Estudo dos Coletores - ANA MARGARIDA MALHEIRO SANSÃO, LAURINDO DE SALLES LEAL