



CETEM

Série Rochas e Minerais Industriais

Avanços e Transferência Tecnológica em Rocha Ornamental

**Benjamín Calvo Perez
Mario Maya Sánchez**

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antônio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: Ronaldo Mota Sardenberg
SECRETÁRIO EXECUTIVO: Carlos Américo Pacheco
SECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA:
João E. Steiner

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

DIRETOR: Fernando A. Freitas Lins
COORD. DE PROJETOS ESPECIAIS (CPE): Juliano Peres Barbosa
COORD. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (CTM): Adão Benvindo da Luz
COORD. DE METALURGIA EXTRATIVA (CME): Ronaldo Luiz C. dos Santos
COORD. DE QUÍMICA ANALÍTICA (CQA): Maria Alice C. de Góes
COORD. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (CES): Carlos César Peiter
COORD. DE ADMINISTRAÇÃO (CAD): Cosme Antônio Moraes Regly

ISSN-0103-7374

AVANÇOS E TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA EM ROCHA ORNAMENTAL

BENJAMIN CALVO PEREZ

Doutor Engenheiro de Minas pela Universidade Politécnica de Madri (Espanha). Diplomado em Gemologia. Professor titular do Departamento de Engenharia Geológica (Escola Técnica Superior de Engenheiros de Minas de Madri). Subdiretor de Relações Externas da dita Escola. Autor de quatro livros sobre Mineralogia e Rochas Industriais, e dois sobre Política Universitária. Autor de 40 trabalhos técnicos em revistas espanholas e internacionais, e 30 comunicações a diversos Congressos.

MARIO MAYA SÁNCHEZ

Geólogo, MSc. em Geologia e Doutorando em Rochas Ornamentais pela Escola Politécnica de Madri.

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS - SRMI

CORPO EDITORIAL

Editor

Adão Benvindo da Luz

Sub-Editor

Gildo de Araújo Sá Cavalcanti de Albuquerque

Membros Internos

Adriano Caranassios, Antônio Rodrigues de Campos,
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Jurgen Schnellrath

Membros Externos

Arthur Pinto Chaves (USP), Benjamín Calvo Pérez (Universidade Politécnica de Madri), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Gladstone Motta Bustamante (Consultor), Hélio Antunes Carvalho de Azevedo (CBPM), José Carlos da Rocha (INT), Marsis Cabral Júnior (IPT), Pêrsio Souza Santos (USP), Renato Ciminelli (Consultor)

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos que busquem divulgar tecnologias de aproveitamento e agregação de valor a rochas e minerais industriais.

O Conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL
Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA
Valéria Cristina de Souza DIGITAÇÃO

Pérez, Benjamín Calvo

Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental/
/Benjamin Calvo Pérez; Mario Maya Sánchez - Rio de Janeiro:
CETEM/MCT, 2001.

200 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 4)

1. Rochas Ornamentais. 2. Minerais Industriais.
I. Sánchez, Mario Maya. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título.
IV. Série.

ISBN 85-7227-152-X

ISSN 1518-9155

CDD 533

SUMÁRIO

Resumo _____	5
Abstract _____	6
Apresentação _____	7

PRIMEIRA PARTE - GENERALIDADES

Aspectos Técnicos de La Explotación de Piedra Natural (Técnicas de Arranque Primario) <i>Benjamín Calvo Pérez</i> _____	11
---	----

Normalización y Control de Calidad <i>J. L. Parra y Alfaro</i> _____	35
--	----

Aspectos Econômicos e de Comercialização de Rochas Ornamentais na Íbero-América <i>Gildo de Araújo Sá Albuquerque</i> _____	51
---	----

Rochas Ornamentais Portuguesas: Novos Rumos na Exploração de Granitos e de Mármore <i>António Casal Moura</i> _____	59
---	----

La Piedra Natural en la Arquitectura de Buenos Aires: Análisis de los Criterios de Intervención <i>Maria Beatriz Ponce de De Maio</i> _____	71
---	----

Critérios para la Determinación de la Oxidabilidad de las Rocas Graníticas <i>Manuel Lombardero Barceló</i> _____	85
---	----

**SEGUNDA PARTE - SITUACIÓN DEL SECTOR
DE LA PIEDRA NATURAL EN IBEROAMÉRICA**

Rochas Ornamentais do Estado do Ceará
*Francisco W. H. Vidal e Fernando A.
Costa Ribeiro* _____ 93

**Panorama das Rochas Ornamentais
do Estado do Espírito Santo**
Adriano Caranassios _____ 107

**Rochas Ornamentais do Estado de
Minas Gerais, Brasil**
*Julio Cesar Mendes e Hanna Jordt
Evangelista* _____ 115

**Situação e Perspectivas da Produção
de Rochas Ornamentais no Noroeste
do Estado do Rio de Janeiro**
Carlos César Peiter _____ 135

La Piedra Natural en España
Manuel Lombardero Barceló _____ 145

**Situación del Sector de La Piedra Natural
en Portugal**
António Casal Moura _____ 161

**Panorama do Setor de Rochas Ornamentais
do Estado da Bahia**
Helio Antunes Carvalho de Azevedo _____ 169

RESUMO

Esta publicação reúne 13 trabalhos técnicos apresentados no seminário denominado “Avanços e Transferência de Tecnologia em Rochas Ornamentais”, realizado em Ouro Preto, Minas Gerais, em abril de 1999. Esse evento foi coordenado pelo CYTED e contou com a presença de vários especialistas de países da iberoamérica. Os trabalhos são apresentados em duas partes. A primeira aborda aspectos gerais das técnicas de caracterização tecnológica, alterabilidade, lavra, uso, controle de qualidade e aspectos econômicos e comercialização das rochas ornamentais. A Segunda parte apresenta um panorama do setor de rochas ornamentais no Brasil, Espanha e Portugal.

Palavras Chaves: rochas ornamentais, pedra natural, caracterização tecnológica, lavra, exploração, técnicas de extração, técnicas de corte

ABSTRACT

This publication contains 13 paper which have been presented during the seminar-Advances and Transference of Technology on Dimensional Stones, in Ouro Preto, Minas Gerais, April 1999. This seminar was coordinated by CYTED – Science and Technology for Development. Several expertises from different part of iberoamerica have participated of this seminar. This publication is presented in two parts. The first one presents the general aspects of the main techniques used in the technological characterization, weathering, mining, use and quality control of dimensional stones as well as their economic and trading aspects. The second part presents a panorama of the dimensional stones sector in Brasil, Spain and Portugal.

Keywords: dimensional stone, technological characterization, mining, stone exploitation, weathering, cutting technique

APRESENTAÇÃO

O livro que aqui começa é uma compilação dos trabalhos apresentados no Seminário intitulado “Avanços e Transferência de Tecnologia em Rochas Ornamentais”, que foi realizado em Ouro Preto (Minas Gerais, Brasil) no mês de abril de 1999, com a presença e participação de especialistas procedentes de vários países da Iberoamérica.

O referido Seminário foi organizado visando a Segunda Reunião da Rede XIII-C (Rede Ibero-americana de Rochas e Minerais Industriais), pertencente ao Subprograma XIII (Tecnologia Mineral) do Programa CYTED (Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento). A Rede XIII-C foi criada em 1997 e reúne técnicos, pesquisadores e industriais que têm como campo de ação comum a investigação e desenvolvimento das rochas e dos minerais industriais, e que pertencem a instituições ou empresas localizadas na Iberoamérica, Espanha e Portugal. Seus objetivos principais são os seguintes:

- Incrementar a cooperação entre os grupos de investigação e as indústrias nos países ibero-americanos, com o fim de conseguir resultados científicos e tecnológicos transferíveis aos sistemas produtivos.
- Fortalecer a integração regional através da consolidação de uma comunidade científica ibero-americana.
- Transferir e compartilhar conhecimentos e tecnologias entre os países participantes, e
Estabelecer conexões para a cooperação científica e tecnológica entre Europa e Iberoamérica, através da Espanha e Portugal.

Na reunião anual da Rede XIII-C, que no ano 1999 ocorreu em Ouro Preto, apresentaram suas pesquisas professores e técnicos procedentes de vários Estados do Brasil, e também da Espanha, Portugal e dos demais países da Comunidade Ibero-americana. Constatou-se o diferente grau de desenvolvimento tecnológico que apresentam os países no campo da exploração e beneficiamento de rochas ornamentais, e também o interesse geral por este setor produtivo da indústria mineral, que está tendo no mundo um desenvolvimento intenso, tanto em quantidade como no valor do produto. Este livro pretende impulsionar a atividade extrativa e produtora desse importante setor da economia mineira.

Uma das conclusões do Seminário foi a elaboração de uma proposta de Projeto para a criação e posta em marcha de uma “Pedreira-Escola de Rocha Ornamental”, que terá como objetivo fundamental a promoção e formação de técnicos e operários para a prospecção, exploração, tratamento, ensaios, transporte e comercialização da rocha ornamental. Na atualidade, o Projeto de Pedreira-Escola inicia seu desenvolvimento, reunindo empresários e instituições interessadas de vários países. A coordenação do mesmo corresponde ao Subprograma XIII de CYTED.

O conteúdo do livro está dividido em duas partes, de acordo com os temas tratados no evento de Ouro Preto. A primeira está composta por vários artigos sobre aspectos gerais, tais como exploração, normalização, comercialização e investigação em rocha ornamental. A Segunda apresenta uma panorâmica da situação dessas matérias-primas na Espanha, Portugal e em vários estados do Brasil, onde a indústria extrativa está evoluindo grandemente nos últimos anos. Os textos estão escritos em espanhol e português, dependendo da origem de seus autores.

Os editores, em seu nome e dos demais autores da obra, desejam agradecer sinceramente a colaboração do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), do Rio de Janeiro, representado pelo seu Diretor, Dr. Fernando Freitas Lins, que aceitou a tarefa de publicar o livro. Também expressam seu agradecimento ao Coordenador Internacional do Subprograma XIII (Tecnologia Mineral) do Programa CYTED, Dr. Roberto Villas Bôas, por seu contínuo apoio às gestões da Rede e, em particular, por seu apoio e presença na Reunião de Ouro Preto. Por último, expressam seu desejo de que se desculpe a falta de homogeneidade do texto, que não pretende ser um tratado completo sobre o extenso e interessante tema da rocha ornamental, e sim um esboço de temas pontuais, importantes sem dúvida, julgados por diversos especialistas em um determinado momento e à luz de determinadas circunstâncias.

Esperamos que a presente publicação sirva de estímulo para que técnicos e trabalhadores do mundo da rocha ornamental atualizem os seus conhecimentos, os aumentem e os façam frutificar para contribuir com o desenvolvimento humano, econômico e social dos países da Comunidade Iberoamericana. Este é o principal objetivo do Programa CYTED. O presente livro pretende, de forma humilde, colaborar com ele.

Madri, 2001
Benjamín Calvo Pérez

PRIMEIRA PARTE

GENERALIDADES

Benjamín Calvo Pérez ⁽¹⁾

J. L. Parra y Alfaro ⁽¹⁾

Gildo Sá de A. Albuquerque ⁽²⁾

Antonio Casal Moura ⁽³⁾

Maria Beatriz Ponce de De Maio ⁽⁴⁾

Manoel Lombardero Barceló ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Espanha

⁽²⁾ Centro de Tecnologia Minera - CETEM/MCT, Rio de Janeiro, Brasil.

⁽³⁾ IGM - Instituto Geológico e Mineiro, Laboratório do IGM, Mamede de Infesta, Portugal.

⁽⁴⁾ INTEMIN/SEGEMAR - Servicio Geologico Minero Argentino, Buenos Aires, Argentina.

⁽⁵⁾ IGME - Instituto Geológico y Minero de Españã

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA EXPLOTACIÓN DE PIEDRA NATURAL (TÉCNICAS DE ARRANQUE PRIMARIO)

BENJAMÍN CALVO PÉREZ⁽¹⁾

1. INTRODUCCIÓN

La “piedra natural”, nombre que en España se aplica frecuentemente a las rocas ornamentales, engloba el amplio conjunto de materiales pétreos usados en construcción como bloques de cantería, zócalos y recubrimientos de suelos y fachadas. El uso de la piedra natural está muy extendido en la Península Ibérica, que tiene una larga tradición de utilización de estos materiales. Desde hace más de 2000 años, las diversas culturas han aprovechado la riqueza y variedad de granitos, mármoles, pizarras, areniscas, calizas, serpentinas y otras rocas de España y Portugal para construir y decorar sus edificios más nobles.

En las últimas décadas, la industria de la piedra natural ha experimentado un gran desarrollo en España y Portugal, de forma que la exportación de piedra ingresa en España más divisas anuales, por ejemplo, que el vino o el aceite, dos productos tradicionales bien conocidos en todo el mundo (Federación de la Piedra, 2000). España ocupa uno de los primeros lugares mundiales en la explotación de granitos y mármoles, y es líder indiscutible en la producción de pizarra de techar. La producción en cantera de piedra natural se ha cifrado en 1999 entre 6,8 y 7,4 millones de toneladas, según la fuente, sobre un total mundial aproximado de unos 54 millones de toneladas anuales. Es decir, España produce aproximadamente el 12% de toda la piedra ornamental del mundo (Roc Maquina, 2000).

Este desarrollo espectacular se debe a las importantes reservas y a la gran variedad y calidad de las materias primas, a la gestión comercial ágil y eficaz de sus empresarios, y también al desarrollo y adaptación de técnicas para la extracción y tratamiento de los bloques de piedra. Si bien las máquinas de extracción, corte y pulido eran hace unos años en su mayoría italianas y alemanas, hoy en día se ha desarrollado una industria de maquinaria pesada y de precisión que hace que la industria española

(1) Escola Técnica Superior de Engenheiros de Minas de Madri

sea competitiva en la fabricación e instalación de estas complejas y robustas máquinas.

En el presente trabajo se pasa revista a algunas técnicas de extracción de bloques en cantera, comparando los rendimientos de métodos tradicionales y otros más actuales. Las conclusiones del estudio apuntan hacia la coexistencia de métodos, que permite la explotación de la cantera, en general, con mejores rendimientos y disminución de costes. También es de destacar que los métodos de extracción más adecuados dependen del tipo de piedra (resistencia mecánica, precio en el mercado). Por último, cabe señalar que las distintas tareas del arranque y tratamiento del bloque (corte primario, corte secundario, escuadrado...) requieren distintos métodos operativos, para conseguir los mejores rendimientos (López Jimeno, 1995).

2. GENERALIDADES SOBRE LAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN

Tanto en granitos como en mármoles, calizas, serpentinas y otras rocas masivas, el arranque se produce en varias etapas: en la primera, denominada “arranque primario”, se extraen por diversos procedimientos bloques de forma más o menos paralelepípedica, de dimensiones variables, pero en todo caso de varios metros de arista. Estos bloques, generalmente volcados sobre una de sus caras mayores, se fragmentan en bloques menores, a veces llamados “pastillones”, mediante el uso de cuñas manuales o mecánicas, o bien mediante uso de explosivos rompedores y pólvoras. A esta operación se llama “corte secundario” o “fragmentación secundaria”. Por último, estos “pastillones” se parten en fragmentos prismáticos menores, de tamaño apto para el transporte por ferrocarril o carretera, que se conocen en la industria con el nombre genérico de “bloques” (Fig. 1).

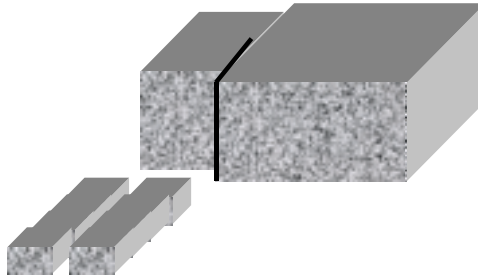


Figura 1 – Fragmentación de bloques hasta tamaño comercial

Al elegir la técnica usada en el arranque primario deben tenerse en cuenta factores intrínsecos de la roca, tales como la resistencia a compresión, dureza, tenacidad, porosidad y abrasividad. Todos ellos determinan los rendimientos de corte, y pueden hacer que un método, válido para un determinado tipo de granito, dé un resultado antieconómico en otro. Los factores extrínsecos, tales como la existencia de agua, la disponibilidad de explosivo, los costes de adquisición y mantenimiento de los equipos, la situación de la cantera, etc. deben ser también tenidos en cuenta.

Para las rocas carbonatadas (mármoles y calizas) se usan en España técnicas de arranque primario basadas en la abrasividad del diamante, fundamentalmente el “hilo diamantado”, pero también las rozadoras de brazo y

el disco diamantados. Hasta hace pocos años la técnica más común era el corte con hilo helicoidal, desarrollada en Italia desde el siglo XIX, pero hoy ha sido superada por completo. En las rocas silíceas (granitos, gneises, serpentinas, areniscas y cuarcitas), las técnicas más habituales para el corte primario eran la perforación y voladura y la lanza térmica. En la actualidad, el hilo diamantado ha sustituido casi completamente a la segunda, aunque la perforación y separación de bloques mediante explosivo se sigue usando masivamente.

Las pizarras, por sus especiales características de anisotropía estructural, se explotan de forma diferente. Generalmente se extraen, mediante hilo diamantado, grandes bloques irregulares que en España se llaman “rachones”. Éstos se trasladan a las naves de labrado y se fragmentan en bloques más pequeños mediante corte con disco o hilo diamantado. Por último, de los bloques prismáticos de tamaño comercial se obtienen por exfoliación, y hasta el presente de forma principalmente artesanal, las planchas que, una vez aplantilladas, se utilizarán en las cubiertas de los edificios.

Desde hace algunos años se están experimentando en España nuevas técnicas de extracción, singularmente el arranque en cantera mediante “chorro de agua”. Esta técnica, que ha dado muy buenos resultados en corte de planchas o tablas de todo tipo de rocas, presenta en el arranque primario algunas dificultades que aún no han sido superadas. Sin embargo, existen algunas canteras que la aplican con éxito a la obtención de bloques de algunas rocas disgregables, como areniscas. En este caso su acción se debe, más que a un efecto mecánico de corte, a la capacidad del chorro de agua para desagregar partículas silíceas fuertemente cementadas.

En el presente trabajo se describen, comparándolas, las dos técnicas de extracción primaria más usadas, a saber, la separación de bloques mediante hilo diamantado y mediante perforación y voladura con explosivos de baja potencia. También se hace una alusión a la técnica de separación de bloques con chorro de agua. Para poder establecer comparaciones, se ha considerado el ejemplo de la cantera de un granito español muy típico, el Gris Villa, que se explota en el término municipal de Villacastín (Segovia), a 100 km, aproximadamente, al noroeste de Madrid (González Jiménez, 2000). Las características mecánicas de este granito se expresan en la tabla 1.

Tabela 1 – Caracterización Tecnológica

PROPIEDAD	RESULTADO
Peso específico aparente	1,67 g/cm ³
Coefficiente de absorción	0,18 %
Coefficiente de helacidad	0,02 %
Resistencia al desgaste por rozamiento	1,26 mm
Resistencia a la compresión	169,27 MPa
Resistencia a la flexión	18,85 MPa
Resistencia al choque	50 cm
Resistencia a cambios térmicos	-0,06% en peso
Alteraciones provocadas por el ensayo anterior	Ninguna
Microdureza	3123,09 MPa
Resistencia al alclaje	1787,42 N
Módulo elástico	8613,77 MPa

Fuente: Laboratorio Oficial de Ensayos de Materiales de Construcción (LOEMCO)

3. EXPLOTACIÓN PRIMÁRIA MEDIANTE HILO DIAMANTADO

3.1 VENTAJAS

El empleo de esta técnica conlleva una serie de ventajas en el corte primario:

- El sistema de corte con hilo permite un excelente aprovechamiento de la roca, obteniéndose un acabado plano de la cara cortada, eliminándose posteriores labores de escuadrado final. Sin embargo, esta técnica obtiene bajos rendimientos productivos.
- El trabajo de corte puede llevarse a cabo perfectamente por personal relativamente cualificado. Su operación no conlleva riesgos especiales.
- No es necesaria la presencia constante de un operario.
- El empleo combinado de hilo diamantado y explosivo permite que el almacenaje de esta sustancia sea considerablemente inferior y consecuentemente los riesgos derivados de su empleo.
- Con el hilo diamantado el operario está expuesto a un nivel de ruido de 70 dBA, satisfaciendo los requerimientos de la normativa sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

3.2 EQUIPO DE CORTE

Un equipo de corte normal por hilo diamantado debe tener las siguientes características (fig. 2):

- Motor eléctrico con elevado par de arranque, con variador de frecuencia para permitir velocidades progresivas y ajustar en movimiento la velocidad lineal del hilo.
- Volante de accionamiento del hilo, para garantizar una buena transmisión de potencia al hilo sin dañarlo.

- Dos poleas guías para dirigir el hilo.
- Carriles, unidos por traviesas, con cremallera central para el avance de la máquina. Rodillo secundario para asegurar que el piñón de transmisión permanezca engranado.
- Cuadro de controles y mando móvil para que el operador pueda colocarse en posición segura.
- Dispositivos de seguridad para detener la máquina en caso de rotura de hilo, manejo incorrecto de controles, excesiva absorción del motor principal, etc.
- Regulación electrónica automática de la tensión del hilo en relación con la potencia absorbida por el motor de la polea motriz, para conseguir en cada fase de corte el rendimiento máximo.
- Posibilidad de trabajo con cualquier ángulo (corte contra pared, horizontal, etc.).
- Posibilidad de cortes paralelos a cierta distancia, sin necesidad de mover la máquina.
- Transmisión doble para marcha rápida y cortes lentos.

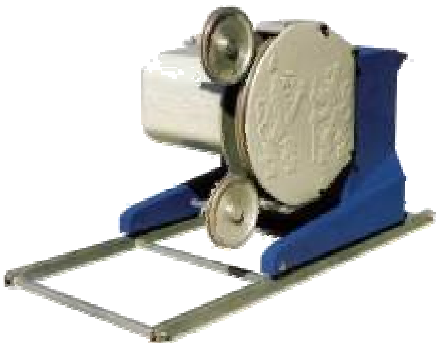


Figura 2 – Máquina de corte con hilo

3.3 HILO DIAMANTADO

La herramienta en sí se compone de un cable trenzado de hilos de acero, sobre el que se insertan anillos diamantados o “perlinas”, separados por espaciadores de plástico inyectado, muelles o cubierta de goma. En la actualidad se tiende a la separación mediante espaciadores de plástico inyectado, porque protegen el cable de acero de la acción abrasiva del lodo, y porque se proporciona un anclaje perfecto y centrado de las perlinas y una buena evacuación del agua y lodos de corte.

La parte abrasiva de la perla consiste en un anillo con una concreción de diamante, cuya composición es similar a la de otras herramientas diamantadas (discos, flejes, etc.).

Las principales características del hilo diamantado utilizado para el corte del granito son (Fig. 3):

- Cable portante o soporte de acero galvanizado y de 5 mm de espesor.
- Longitud sobre pedido, normalmente 50 m.
- Espaciadores de plástico inyectado.
- Perlinas de concreción de 11 mm de diámetro.
- Longitud de soporte: 8,5 mm.
- Longitud diamantada: 6 mm.
- La densidad de perlas es de 40 perlas por metro de hilo.

Ensamble mediante casquillo de cobre o de acero engarzados o pasantes en los extremos de las secciones de hilo.

La velocidad de corte del hilo diamantado de concreción es prácticamente constante durante toda la vida de la herramienta.

El empleo de agua es imprescindible tanto para la refrigeración como para la limpieza del corte. El riego de la superficie de contacto del hilo diamantado con el material ha de ser uniforme. Poca agua reduce la vida

útil del hilo y un exceso produce el efecto de “*aquaplaning*”. El caudal de agua oscila entre los 20 l/min y 50 l/min, de acuerdo con las dimensiones del corte.

El hilo es sometido a torsión para evitar que el desgaste se produzca siempre sobre las mismas generatrices de las perlinas.

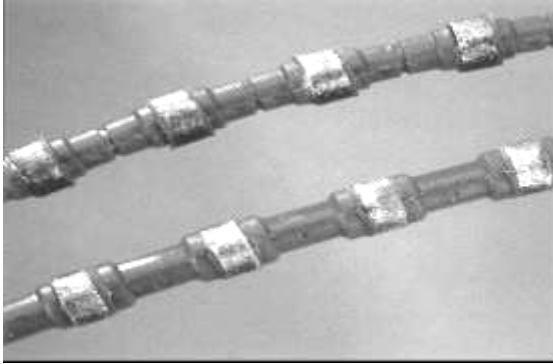


Figura 3 – Hilo diamantado con perlina de 11mm

3.4 PRÁCTICA OPERATIVA

La primera operación consiste en la realización de los barrenos de cuele para el posterior paso inicial del hilo diamantado. Suelen emplearse perforadoras con martillo en fondo. Un diámetro adecuado para el barreno de cuele es de 90 mm. Para iniciar un bloque de apertura han de realizarse dos cueles por cada cara, uno vertical y otro horizontal, que deben llegar a coincidir en un punto para pasar el hilo. La alineación de los barrenos se hace de manera visual, y es indispensable una gran pericia y experiencia por parte del perforista.

Para la explotación de bloques, una vez extraído el bloque de apertura, la secuencia de trabajo es diferente. En este caso, en lugar de realizar dos cortes casi paralelos, se ejecuta el corte de dos caras perpendiculares, siendo necesario por tanto realizar un solo barreno de cuele vertical común a ambas caras.

Una vez realizados los barrenos de cuele se aplica la técnica de corte con hilo diamantado. El primer corte que hay que realizar es el de las

caras laterales del bloque de apertura, perpendiculares al frente de trabajo. Las características normales de trabajo son las siguientes:

- Velocidad lineal del cable de 20 m/s, para longitudes normales en operación comprendidas entre 50 m y 60 m.
- La torsión del cable, para evitar desgastes diferenciales en las perlas diamantadas del hilo, es de 1 vuelta/m.
- El caudal de agua se cifra en 40 l/min.

Con estas premisas se obtienen rendimientos de 500 m² de granito cortado por cada carrete de hilo de 50 m de longitud. El rendimiento horario se sitúa en los 2 m²/h. Para una superficie normal de dos cortes laterales, con 140 m² de superficie cortada, el tiempo de ejecución será de 70 h.

Además ha de considerarse el tiempo necesario para maniobras de montaje y retirada de la máquina del tajo, así como los tiempos de arranque posteriores a paradas forzadas por el horario laboral. El conjunto de estos tiempos se estima entre 3 h y 4 h para cada operación de corte, por lo que se puede tomar un valor promedio de 3,5 h. Dado que son dos los cortes que se han de ejecutar, el tiempo total de instalación será de 7 h. De acuerdo con esto, el tiempo total de esta fase es de 77 h.

En los bloques de explotación, como ya se indicó, se han de ejecutar dos cortes con hilo diamantado en las caras perpendiculares verticales unidas aún al macizo rocoso. Pueden considerarse iguales que en el bloque de apertura de frente los parámetros de velocidad de corte y tiempos de instalación.

3.5 ÍNDICES OPERATIVOS DE LA TÉCNICA DE CORTE CON HILO DIAMANTADO

Se relacionan a continuación los distintos valores de la técnica de corte con hilo diamantado para obtener unos factores unitarios de producción, cuya finalidad será una posterior globalización del proceso.

Como la técnica se basa en la perforación de barrenos de cuele y posterior corte con hilo diamantado, los parámetros principales serán la longitud de perforación y la superficie de corte necesarias para independizar el bloque primario.

A los efectos de poder establecer comparaciones, se considera un bloque de apertura de banco de 7 m x 7 m x 10,5 m, y un bloque medio de explotación de 7 m x 12,8 m x 10,5 m. Estos tamaños son idóneos para la obtención de bloques finales de tamaño comercial.

En la tabla 2 se indican los principales resultados de esta fase extractiva, tanto para un bloque de apertura de banco como para un bloque de explotación.

Tabla 2 – Resultados de técnica de corte con hilo diamantado

CORTE CON HILO DIAMANTADO		
BLOQUE DE APERTURA		
Volumen del bloque	514,5	m ³
Longitud perforada	35,0	m
Superficie cortada	147,0	m ²
Tiempo total de operación	93,25	h
BLOQUE DE EXPLOTACIÓN		
Volumen del bloque	940,8	m ³
Longitud perforada	30,3	m
Superficie cortada	163,1	m ²
Tiempo total de operación	99,13	h

Los índices más comunes usados en la perforación de los barrenos de cuele son los siguientes:

- Longitud perforada por unidad de volumen extraída.
- Longitud perforada por unidad de superficie cortada.

En el corte con hilo diamantado es muy indicativo saber la superficie de corte necesaria por unidad de volumen de roca a extraer.

Así mismo, un factor interesante es el tiempo total de ejecución de la labor, tanto por unidad de volumen como por unidad de superficie cortada, para posterior comparación con otras técnicas de arranque.

En la tabla 3 se reflejan los valores de estos índices, tanto para la fase de apertura de banco como para la de explotación del mismo.

Tabla 3 – Índices operativos de corte con hilo diamantado

CORTE COM HILO DIAMANTADO		
BLOQUE DE APERTURA		
Perforación/volumen de bloque	0,07	m/m ³
Perforación/superficie de corte	0,24	m/m ²
Superficie de corte/volumen de bloque	0,29	m ² /m ³
Tiempo operación/volumen de bloque	0,18	h/m ³
Tiempo operación/superficie de corte	0,63	h/m ²
BLOQUE DE EXPLOTACIÓN		
Perforación/volumen de bloque	0,03	m/m ³
Perforación/superficie de corte	0,19	m/m ²
Superficie de corte/volumen de bloque	0,17	m ² /m ³
Tiempo operación/volumen de bloque	0,11	h/m ³
Tiempo operación/superficie de corte	0,61	h/m ²

4. PERFORACIÓN Y CORTE CON EXPLOSIVO

4.1 TÉCNICA DE CORTE CON EXPLOSIVO

El objetivo de esta técnica es, una vez alcanzado el equilibrio tensional, ejecutar un recorte similar al del método finlandés para separar el bloque ya definido del macizo, evitando roturas y fracturas tensionales. El empleo de explosivo tiene como misión crear un plano de corte; para ello se ha de distribuir la energía generada por el explosivo en el plano de fractura, evitando la aparición de tensiones máximas o diferenciales que induzcan la fracturación de la roca.

Esta técnica se ha de aplicar tanto en la espalda como en la zapatera del bloque de apertura para conseguir su total independencia del macizo, mientras que para los bloques de explotación sólo es necesario aplicar esta técnica en la zapatera, ya que la espalda ha sido cortada con hilo diamantado.

La aplicación de esta técnica de corte, según se trate de un bloque de apertura de banco o de un bloque de explotación, es totalmente diferente; en el bloque de apertura de banco se cortan simultáneamente la cara vertical del bloque, paralela al frente de explotación, y la cara horizontal o “zapatera”. En el bloque de explotación sólo es preciso cortar la cara inferior del bloque, puesto que la trasera ya se ha cortado con hilo diamantado.

La cara vertical del bloque de apertura se corta mediante una serie de barrenos paralelos, inclinados 105° para facilitar la salida del bloque, comprimido dentro del banco. Se suelen utilizar perforadoras cortabloque, con martillos neumáticos montados sobre una deslizadera y, a su vez, ésta sobre unos carriles para su desplazamiento con un sistema piñón-cremallera.

La perforación viene definida por el diámetro (33 mm) y la longitud de barreno aproximada de 6,75 m, debido a la inclinación dada. La separación entre barrenos oscila entre los 12 cm y los 14 cm, tomando como valor medio un espaciamiento de 13 cm; por lo tanto, en los 7 m de la hilera de perforación se habrán de perforar 53 barrenos.

En la tabla 4 puede verse un cuadro resumen con las características principales de la operación.

Tabla 4 – Cuadro resumen de perforación de barrenos verticales

PERFORACIÓN BARRENOS DE BANQUEO		
Diámetro del barreno	33	mm
Espaciamiento entre barrenos	13	cm
Longitud del barreno	6,75	m
Número de barrenos	53	
Total longitud perforada	357,75	m
Velocidad de perforación	60	m/h
Tiempo de perforación	2,98	h
Tiempo muerto por par de barrenos	8	min
Tiempo muerto total	3,53	h
Tiempo de instalación de máquina	1	h
Tiempo total	7,51	h

En cuanto a la operación de barrenos de zapatera, se procede de forma similar a la cara trasera vertical, con algunas diferencias en el espaciado de los barrenos, su diámetro y su longitud. Las características de la perforación de barrenos de zapatera pueden verse en la tabla 5.

Tabla 5 – Cuadro resumen de perforación de barrenos de zapatera

PERFORACIÓN BARRENOS DE ZAPATERA		
Diámetro del barreno	39	mm
Espaciamiento entre barrenos	28	cm
Longitud del barreno	8	m
Número de barrenos	24	
Total longitud perforada	192	m
Velocidad de perforación	24	m/h
Tiempo de perforación	4,00	h
Tiempo muerto por barrenos	6	min
Tiempo muerto total	2,4	h
Tiempo de instalación de máquina	1	h
Tiempo total	7,40	h

4.2 EXPLOSIVOS EMPLEADOS

Para la realización propia del corte se combina el uso de dos explosivos de diferentes características: el cordón detonante y la pólvora de mina.

El uso de cordón detonante tiene una serie de ventajas:

- Fabricado en diferentes gramajes, permite todo tipo de combinaciones.
- Su carga es cómoda, sin preparación ni manipulación.
- La distribución de la carga en el barreno es continua y permite disponer del desacoplamiento necesario.
- La colocación es rápida.

Se trata de un cordón que contiene un núcleo de pentrita, explosivo de alta velocidad de detonación, rodeado por varias capas de hilados y fibras textiles, con un recubrimiento exterior de cloruro de polivinilo que permite que tenga unas características adecuadas de flexibilidad e impermeabilidad. Los gramajes más comúnmente utilizados son 6 g/m y 12 g/m.

La pólvora de mina es una mezcla ternaria de azufre, carbón vegetal y nitrato potásico. La ventaja del uso de este explosivo es que produce una acción de empuje sobre la roca sin fracturarla.

Los barrenos verticales, o de espalda, se cargan todos ellos con cordón detonante de 6 g/m de gramaje. Los barrenos cercanos a los esquinazos se cargan con gramaje de 3 g/m, para evitar fracturas en zonas débiles. Igualmente, se cargan con pólvora de mina algunos barrenos, con el objeto de empujar el bloque, además de cortarlo.

El confinamiento de las cargas de explosivo es necesario para aprovechar el empuje de los gases. En este caso el retacado se realiza con agua, que permite transmitir una mayor energía a la roca para garantizar el corte, además de reducir notablemente el tiempo del retacado con tierra. En el caso de los barrenos con pólvora se añade el propio detritus de la roca, ya que este explosivo precisa un mejor confinamiento.

En los barrenos horizontales se emplea cordón detonante de 12 g/m de gramaje, y pólvora de mina. Ésta última se usa por su capacidad para

generar un gran volumen de gases, con los que se puede alcanzar la presión necesaria en los barrenos para superar la resistencia a la tracción correspondiente al plano de levante, y contrarrestar el efecto del propio peso del bloque. Los barrenos se cargan alternativamente con pólvora, proporcionando los barrenos sin ella la cara libre necesaria para hacer eficiente el corte.

En la tabla 6 pueden verse las características de carga de los barrenos con explosivo para ejecutar el corte en un bloque de apertura.

Tabla 6 – Cuadro resumen de carga explosiva en fase de apertura

CORTE CON EXPLOSIVO		
BARRENOS VERTICALES O DE ESPALDA		
Número de barrenos	53	
Longitud cordón 6 g/m por barreno	7,25	m
Total cordón 6 g/m	384,25	m
Carga de pólvora	2,5	kg
Tiempo de ejecución	1	h
BARRENOS HORIZONTALES O DE ZAPATERA		
Número de barrenos	24	
Longitud cordón 12 g/m por barreno		
Total cordón 12 g/m	216	m
Carga de pólvora	3,5	kg
Tiempo de ejecución	4	h

Por lo tanto, el global de la operación de preparación de la carga explosiva en los barrenos para ejecutar el corte de ambas caras de unión del bloque de apertura al banco se cifra en un tiempo de 5 h.

La iniciación de todos los barrenos debe ser instantánea, para evitar el agrietamiento de la roca, como consecuencia de las tensiones y desplazamientos diferenciales, por ejemplo por flexión del bloque. Para ello, se emplea un detonador de mecha lenta conectado a la línea maestra de cordón detonante, próximo a uno de los extremos de la superficie de corte.

4.3 ÍNDICES OPERATIVOS DEL CORTE CON EXPLOSIVO

En este apartado se relacionan los distintos valores de la técnica de perforación y corte con explosivo para obtener unos factores unitarios de producción, cuya finalidad será una posterior globalización del proceso.

Los parámetros principales son la longitud de perforación, la carga explosiva y la superficie cortada. En cuanto a la carga explosiva se considerarán las masas de los diferentes explosivos por separado.

En la tabla 7 se indican los principales resultados de esta fase extractiva, tanto para un bloque de apertura de banco como para un bloque de explotación.

Como índices de la perforación de los barrenos son bastante significativos el de longitud perforada por unidad de volumen extraída y el de longitud perforada por unidad de superficie cortada.

En el corte con explosivo es muy indicativo conocer el consumo de éste por unidad de superficie de corte y por unidad de volumen de roca a extraer; analizando por separado el consumo de pólvora y el de cordón detonante, considerando como valor representativo del cordón el contenido total en pentrita.

Tabla 7 – Resultados de técnica de corte con explosivo

CORTE CON EXPLOSIVO		
Bloque de apertura		
Volumen del bloque	514,5	m ³
Longitud perforada	549,75	m
Superficie cortada	122,5	m ²
Pólvora de mina	6000	g
Total cordón detonante (pentrita)	4897,5	g
Tiempo de operación	19,91	h
Bloque de explotación		
Volumen del bloque	940,8	m ³
Longitud perforada	216	m
Superficie cortada	134,4	m ²
Pólvora de mina	11000	g
Total cordón detonante (pentrita)	2916	g
Tiempo de operación	13,20	h

Así mismo, un factor interesante es el tiempo total de ejecución de la labor, tanto por unidad de volumen como por unidad de superficie cortada, para posterior comparación con otras técnicas de arranque.

En la tabla 8 se reflejan los valores de estos índices, tanto para la fase de apertura de banco como para la fase de explotación.

Tabla 8 – Índices operativos de corte con explosivo

CORTE CON EXPLOSIVO		
BLOQUE DE APERTURA		
Perforación/volumen de bloque	1,07	m/m ³
Perforación/superficie de corte	4,49	m/m ²
Pólvora de mina/volumen de bloque	11,66	g/m ²
Pólvora de mina/superficie de corte	48,98	G/m ²
Cordón detonante/volumen de bloque	9,52	G/m ³
Cordón detonante/superficie de corte	39,98	G/m ²
Superficie de corte/volumen de bloque	0,24	M ² /m ³
Tiempo operación/volumen de bloque	0,04	H/m ³
Tiempo operación/superficie de corte	0,16	H/m ²
BLOQUE DE EXPLOTACIÓN		
Perforación/volumen de bloque	0,23	m/m ³
Perforación/superficie de corte	1,61	m/m ²
Pólvora de mina/volumen de bloque	11,69	g/m ³
Pólvora de mina/superficie de corte	81,85	g/m ²
Cordón detonante/volumen de bloque	3,10	g/m ³
Cordón detonante/superficie de corte	21,70	g/m ²
Superficie de corte/volumen de bloque	0,14	m ² /m ³
Tiempo operación/volumen de bloque	0,01	h/m ³
Tiempo operación/superficie de corte	0,10	h/m ²

4.4 RENDIMIENTOS DE OPERACIÓN

Se comparan a continuación los datos obtenidos en la separación de bloques primarios, tanto de apertura de banco como de explotación, con las dos técnicas explicadas: la de corte con hilo diamantado y la de corte con explosivo. Los tiempos de operación son los totales, es decir, se ha considerado la instalación de la máquina, el funcionamiento y las paradas necesarias. En las tablas 9 y 10 se dan los datos principales que permiten calcular los rendimientos de ambas técnicas.

Como parámetros de análisis se han considerado la superficie cortada y el tiempo de ejecución de las dos técnicas de corte, obteniéndose un factor operativo muy indicativo de cada una de las técnicas, que es la velocidad de corte.

Tabla 9 – Operaciones en bloque primario de apertura

CORTE CON HILO DIAMANTADO		
Longitud perforada (90 mm)	35	m
Tiempo de operación	12,75	h
Superficie cortada	147	m ²
Tiempo de operación	80,5	h
Tiempo total de ejecución	93,25	h
CORTE CON EXPLOSIVO		
Longitud perforada (39 mm)	192	m
Longitud perforada (33 mm)	375,75	m
Tiempo de operación	14,91	h
Superficie cortada	122,5	m ²
Tiempo de operación	5	h
Tiempo total de ejecución	19,91	h

Tabla 10 – Operaciones en bloque primario de explotación

CORTE CON HILO DIAMANTADO		
Longitud perforada (90 mm)	30,3	m
Tiempo de operación	10,58	h
Superficie cortada	163,1	m ²
Tiempo de operación	88,55	h
Tiempo total de ejecución	99,13	h
CORTE CON EXPLOSIVO		
Longitud perforada (39 mm)	216	m
Tiempo de operación	8,2	h
Superficie cortada	134,4	m ²
Tiempo de operación	5	h
Tiempo total de ejecución	13,2	h

5. EXTRACCIÓN DE BLOQUES MEDIANTE CHORRO DE AGUA DE ALTA PRESIÓN

Esta técnica, conocida internacionalmente como “*Water Jet*” se basa en el efecto de disgregación producido en la roca por el impacto de un chorro de agua de alta velocidad. Las partículas de agua, al golpear la roca, aprovechan las microfisuras y las discontinuidades entre granos, produciendo la separación de partículas y, en definitiva, la creación de una oquedad que, macroscópicamente, tiene aspecto de corte. Se ha podido comprobar en laboratorio que en el rendimiento del corte tiene gran importancia el tipo de material, el tamaño de grano, el comportamiento elástico de la roca, la porosidad y la existencia de microfracturas. En rocas anisótropas la energía de corte depende esencialmente de la dirección del mismo. En rocas muy compactas, de baja porosidad, el rendimiento de esta técnica es muy bajo.

El equipo de corte con chorro de agua se compone de una central hidráulica accionada por un motor eléctrico, y acoplada a una bomba hidráulica de alta presión, constituida por un pistón de doble efecto y movimiento alternativo. La presión generada en el agua se transmite, por medio de tuberías y mangueras adecuadas, a una lanza, equipada con boquillas de zafiro o de metal duro. El conjunto se monta en un soporte capaz de movimiento, para avanzar a medida que se profundiza el corte, y capaz también de movimiento lateral para llevar a cabo varios cortes. Como elemento auxiliar del equipo de corte propiamente dicho, es preciso instalar el panel de control del sistema, el sistema de traslación de la lanza, la planta de clarificación y recirculación de agua y otros elementos complementarios.

Hace años que en Italia, en España y en Portugal se están realizando experimentos con este sistema de corte. Si bien son muy adecuados para corte de tableros de piedra, y para escuadrado de bloques y corte secundario, presenta ciertos inconvenientes que no se han resuelto satisfactoriamente en el corte primario en cantera, por lo que su empleo sigue siendo experimental.

Los principales problemas del corte con chorro de agua derivan del alto consumo energético, del desgaste de boquillas y de la dificultad de establecer un mecanismo sencillo y versátil que permita el avance de la lanza en el hueco creado por el chorro, ya que la boquilla debe estar siempre a pocos centímetros de la superficie de piedra a cortar. El consumo de agua no es elevado, incluso en los equipos de más potencia, y no suele suponer

un problema, salvo en lugares con escasez de agua. Los costes totales de operación son altos, teniendo un peso elevado en ellos los debidos a la amortización de los equipos. A medida que la potencia del equipo aumenta, el coste total por metro cuadrado cortado disminuye.

Las ventajas relativas de este sistema de corte, en comparación con otros sistemas más tradicionales, son las siguientes:

- Permite distintas configuraciones para el trabajo en cantera.
- Tiene un diseño compacto, fácilmente automatizable.
- Requiere pocos operarios, no muy especializados.
- Si se puede evitar el uso de abrasivos, el corte se realiza sólo con agua. El coste de los abrasivos puede hacer inviable el método, por su elevado coste.
- El consumo de agua es reducido (entre 4 y 60 l/min).
- Posibilidad de regular la presión (entre 80 y 400 MPa) según el tipo de roca, la dirección de corte, la limpieza de la superficie, etc.
- Superficie de corte lisa, con pocas pérdidas de material. La anchura de corte no supera los 4 cm.
- Instalación relativamente fácil sobre carriles. Posibilidad de corte horizontal o vertical con el mismo equipo. Longitud de corte ilimitada.
- Ventajas ambientales. Bajos niveles de ruido y de polvo, ausencia de vibraciones, eliminación del peligro de manejo de explosivos.
- Buenos resultados en el escuadrado de bloques y en el corte secundario. Disminución importante de los gastos de transporte y los costes de aserrado. Mejor aprovechamiento del material.
- Técnica adecuada para granitos de alto precio. Para granitos corrientes, las técnicas tradicionales de corte siguen siendo competitivas.
- En combinación con el corte por hilo diamantado, el corte con chorro de agua se prevé como la técnica de más alta utilización en un futuro próximo.

6. CONCLUSIONES

Se ha tratado de describir y comparar las características de tres técnicas de corte primario en cantera, para extraer bloques de piedra natural. Dos de ellas (el arranque mediante explosivo y el corte con hilo diamantado) ampliamente usadas en España. La tercera (el corte primario con chorro de agua) de uso experimental, por el momento, salvo en ciertas rocas disgregables (areniscas).

Cada una de estas técnicas tiene sus ventajas y sus inconvenientes, pudiendo constatarse que la combinación inteligente de las tres es la que da los mejores resultados económicos y de rendimiento. Naturalmente, el uso de las tres técnicas en una misma cantera supone unas elevadas inversiones que deben tenerse en cuenta. En general, se combina el corte de planos traseros de arranque de bloque con explosivo, con los cortes laterales y de zapatera mediante hilo diamantado. Para el corte secundario se suele emplear el corte con explosivo, o bien el uso de cuñas, que sigue siendo muy competitivo desde un punto de vista económico.

Si bien la velocidad de corte con hilo diamantado y con chorro de agua es muy inferior al corte con explosivo, la menor cantidad de material perdido, la limpieza del corte, la perfección del escuadrado, la mayor seguridad de las operaciones y otros factores hacen que los dos primeros métodos vayan sustituyendo, paulatinamente, a la perforación de barrenos y el uso de pólvoras y cordones detonantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEDERACIÓN DE LA PIEDRA (2000). *Informe del Sector de la Piedra Natural. Año 1999*. Informe inédito. Federación Española de la Piedra Natural, Madrid, España.

GONZÁLEZ JIMÉNEZ, J.M. (2000). *Estudio de las operaciones de explotación y elaboración del granito Gris Villa*. Proyecto Fin de Carrera, presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. Informe no publicado.

LÓPEZ JIMENO, C. (Edit.) (1995). *Manual de Rocas Ornamentales*. E.T.S. I. Minas de Madrid, Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas y LOEMCO. 696 páginas. Madrid. ISBN 84.605.2681-X.

ROC MAQUINA, 2000. *La Piedra Natural en España. Directorio 2000/01*. Roc-Maquina, Bilbao, España. ISSN 1133-1313

NORMALIZACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

J. L. PARRA Y ALFARO⁽¹⁾

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende hacer una presentación sobre el control de calidad de la piedra natural, en su aplicación a la construcción, como rocas ornamentales, desde la perspectiva europea y más en concreto española.

En primer lugar, se va a presentar la situación en lo que se refiere al planteamiento general de los mecanismos de control de calidad, para a continuación comentar más en detalle qué ensayos son los más adecuados para la caracterización de dichos materiales en función del campo de aplicación previsto.

(1) Escola Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

2. MECANISMOS DE CONTROL DE CALIDAD: CONCEPTOS GENERALES

Em primer lugar, se van a definir algunos conceptos de utilización frecuente en este ámbito de la calidad, pero que, en muchas ocasiones, se confunden:

a) Caracterización

Actividad por la que se determinan los atributos peculiares de una persona o cosa, de modo que claramente se distingan de los demás.

b) Normalización

Actividad por la que se unifican criterios respecto a determinadas materias y se posibilita la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto.

c) Certificación

Actividad que permite establecer la conformidad de una determinada empresa, producto, proceso o servicio con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas.

d) Homologación

Certificación, por parte de una administración pública, de que el prototipo de un producto cumple los requisitos técnicos reglamentarios.

e) Acreditación

Reconocimiento formal por parte de un organismo autorizado para ello de la competencia técnica de una entidad de certificación, inspección o ensayo para llevar a cabo sus actividades, generalmente referidas a una determinada normativa.

En el caso de la piedra natural, no existe en España un mecanismo obligatorio (homologación) de control de estos productos, ni tan siquiera uno voluntario (certificación) para el aseguramiento de la calidad de los mismos. Sin embargo, sí existe un cuerpo normativo extenso en lo que se refiere especialmente a metodologías de ensayo, ya que en cuanto a

especificaciones de producto, únicamente está publicada una norma de aplicación a las pizarras de techar.

Es esta normativa la que se emplea para la caracterización de estos materiales en los laboratorios, generalmente a requerimiento de los productores o, más frecuentemente, de los prescriptores y utilizadores, es decir, arquitectos, aparejadores y jefes de obra en general, que en ocasiones, ante la ausencia de una referencia reglamentaria específica, desean comprobar la aplicabilidad del producto elegido para la aplicación diseñada.

No obstante, al menos en España, y pese a su posición de liderazgo en el mercado mundial de piedra natural (2ª tras Italia), la adecuada caracterización no es una práctica generalizada, sino esporádica. Este hecho no deja de ser curioso al ser la piedra uno de los materiales de construcción más antiguos, aunque es cierto que su uso en la actualidad rara vez tiene una finalidad estructural como en el pasado, sino meramente ornamental, en aplicaciones tales como revestimientos, pavimentos o cubiertas.

En todo caso, esto no sirve como pretexto, pues estas utilizaciones precisan cada una de ellas de adecuadas determinaciones de propiedades específicas, como luego se verá. Así se evitarían actuaciones tan desafortunadas como utilizar un travertino altamente poroso como pavimento en cocinas o materiales heladizos en lugares con temperaturas mínimas de hasta -10°C , por poner ejemplos conocidos por el autor de forma directa.

A nivel europeo, esta situación va a ir cambiando progresivamente conforme se vayan poniendo en marcha los mecanismos previstos en la Directiva Europea (89/106/CE) de Productos de Construcción. En ella se establecen una serie de requisitos esenciales en las obras de construcción, que son las siguientes:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico

Para el cumplimiento de los mismos por los distintos materiales empleados en las obras, se prevé la elaboración de documentos interpretativos de sus prescripciones y, concretamente para cada tipo de producto, unas normas armonizadas, que recogerán qué propiedades específicas de los mismos afectan a los requisitos esenciales, estableciendo unas especificaciones mínimas para ellas. La elaboración de estas normas armonizadas están encomendadas a CEN (Comités Europeos de Normalización), cuya estructura y funcionamiento se comentarán en el próximo apartado.

La verificación de estas especificaciones dará lugar a un sistema de certificación, en este caso obligatorio, que desembocará en la puesta en marcha de un sistema de identificación de los productos acordes con la directiva: El marcado CE.

Es importante hacer constar que este marcado constituye un sistema fundamental de seguridad en la utilización por los consumidores, y no se corresponde con un marcado de calidad, identificativo de un sistema de aseguramiento de ésta (certificación). Es decir, todas aquellas propiedades que no afecten a los requisitos esenciales no formarán parte de este mecanismo. Así, a título de ejemplo, cobrarán importancia características como la conductividad térmica o resistencia al deslizamiento, en detrimento de otras más tradicionalmente utilizadas. Por supuesto, será compatible el marcado CE con la sujeción voluntaria a un sistema de certificación de otras propiedades no recogidas en las normas armonizadas, pero no por ello menos importantes para una adecuada comercialización de estos materiales para sus usos previstos.

Como un dato importante, se puede citar que el 1 de abril de 2001 ha entrado en vigor el marcado CE del primer producto de construcción, de los recogidos en la Directiva. Se trata de los cementos comunes. A partir de este momento, todos los demás productos se irán incorporando progresivamente, según vayan siendo elaboradas sus normas armonizadas.

A este respecto, es conveniente hacer constar que existen cuatro niveles básicos en el sistema para la obtención de la marca CE, en función de la mayor o menor influencia en los requisitos esenciales, que se recogen en el cuadro de la tabla 1.

**Marcado CE - Directiva Europea de Productos de Construcción - 89/
106/CE**

Tabla 1 – Sistemas para el aseguramiento de conformidad a normas

NIVEL	CONFORMIDAD DE PRODUCTO	CONTROL DE PRODUCCIÓN EN PLANTA
1	Mediante organismo notificado	Mediante organismo notificado
2	Declaración del fabricante	Mediante organismo notificado
3	Declaración del fabricante, con ensayo inicial de tipo por terceros	Declaración del fabricante
4	Declaración del fabricante	Declaración del fabricante

Para el caso de piedra natural, los sistemas previstos dependerán del tipo de aplicación.

Así, una aplicación estructural estará probablemente sujeta a un nivel 1, mientras que pavimentos o cubiertas se controlarán con un nivel 2 y en los revestimientos la única exigencia destacada será el aislamiento contra el fuego.

Es importante resaltar que este sistema se basa en gran medida en la declaración de conformidad por parte del fabricante, con una intervención mínima de organismos externos que, en todo caso, tendrán que estar autorizados para ello. El control de todo el proceso se completa con un mecanismo de control en el mercado.

3. NORMALIZACIÓN

A nivel nacional, en España se cuenta con una normativa UNE, elaborada por el Comité de Normalización AEN-CTN 22, perteneciente a AENOR, en el cual tienen representación tanto fabricantes como utilizadores, representantes de la administración y de los organismos de control de calidad.

Dicha normativa está clasificada en tres tipos de materiales:

Granitos: Entendiendo como tales, en su acepción comercial, a rocas ígneas y metamórficas de composición fundamentalmente silicatada.

Mármoles y calizas: Rocas sedimentarias o metamórficas de composición fundamentalmente carbonatada.

Pizarras de techar: Rocas metamórficas exfoliables, empleadas en la construcción de cubiertas.

Las normas existentes en la actualidad se indican en la tabla 2.

Como se puede ver, únicamente se han establecido, por el momento, especificaciones de producto para las pizarras de techar, mientras que para los demás materiales, únicamente se encuentran normalizados los métodos de ensayo y las características generales. En cambio, en pizarras se han normalizado no sólo los métodos de ensayo y las ya citadas especificaciones, sino incluso los sistemas de colocación. Quizá esto se explique debido al absoluto liderazgo de las empresas españolas en la producción y comercio de estos productos a nivel mundial.

Tal y como ya se indicó en el apartado anterior, todas estas normas son de aplicación voluntaria, en tanto no exista algún reglamento que las convirtiera en obligatorias, lo cual no se prevé por el momento, y menos ante las perspectivas de la puesta en marcha del mercado CE en unos años. No obstante, constituyen valiosos documentos técnicos de referencia para todos las partes implicadas con el sector: productores, prescriptores, utilizadores, laboratorios, administraciones.

Tabela 2 - Normativa UNE de Piedra Natural

SUBTÍTULO	GRANITOS	MÁRMOLES Y CALIZAS	PIZARRAS
Características generales	UNE 22.170	UNE 22.180	-
Absorción de agua y peso específico aparente	UNE 22.172	UNE 22.182	-
Resistencia al desgaste por rozamiento	UNE 22.173	UNE 22.183	-
Resistencia a las heladas	UNE 22.174	UNE 22.184	-
Resistencia a la compresión	UNE 22.175	UNE 22.185	-
Resistencia a flexión	UNE 22.176	UNE 22.186	-
Módulo elástico	UNE 22.177	UNE 22.187	-
Microdureza Knoop	UNE 22.178	UNE 22.188	-
Resistencia al choque	UNE 22.179	UNE 22.189	-
Tamaño de grano	UNE 22.171	-	-
Clasificación	-	UNE 22.181	-
Especificaciones de producto	-	-	UNE 2.190 Parte 1
Métodos de ensayo	-	-	UNE 22.190 Parte 2
Sistemas de colocación	-	-	UNE 22.190 Parte 3

En el ámbito europeo, se encuentran en fase de desarrollo las normas europeas EN, cuya elaboración está encomendada a los Comités Europeos de Normalización (CEN). Dichos comités tienen por finalidad elaborar, para cada tipo de producto, una normativa que sea común a todos los estados pertenecientes al espacio económico europeo, que son los que están integrados en CEN. Así, la elaboración de estas normas se lleva a cabo en comités en los que hay representación de todos los estados miembros, procediéndose a tres fases sucesivas de revisión (comentarios, encuesta y voto formal) en cada nación antes de la aprobación definitiva. El espíritu que anima a CEN es el de consenso, por lo que se trata de conciliar las opiniones de todos los miembros, dado que la normativa resultante sustituirá obligatoriamente a todas las normativas nacionales una vez aprobada. Por ello, se precisa que el número máximo de votos en contra, en la última fase, sea de tres, es decir, una práctica unanimidad. Incluso existe en los acuerdos que dieron forma a CEN una cláusula denominada de “*statu quo*”, mediante la cual los estados miembros se comprometen a no elaborar o revisar normativa alguna que entre en colisión o coincidencia con una norma europea en elaboración. En el caso de que un país precise imperiosamente dicha publicación o revisión (cosa frecuente, dado el largo plazo de elaboración de las normas europeas, debido a su complicado proceso), debe solicitar una exención del “*statu quo*” a través de su organismo nacional de normalización, convenientemente justificada por motivos técnicos, administrativos o económicos al comité CEN correspondiente.

En el caso de la piedra natural, existe un comité específico, el CEN/TC 246 “*Natural Stones*”, dividido en tres grupos de trabajo. Sin embargo, hay también referencias a estos materiales en otros comités. Todos ellos se relacionan en la tabla 3.

4. CARACTERIZACIÓN SEGÚN USOS

De entre los ensayos recogidos en las diferentes normativas, merecen ser destacados los siguientes:

4.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

a) Descripción petrográfica

Realizada con ayuda del microscopio petrográfico de luz polarizada, es importante en todos los casos con el fin de identificar adecuadamente el material, así como su composición mineral, y prevenir la posible presencia de compuestos potencialmente perjudiciales, como por ejemplo sulfuros metálicos oxidables.

b) Peso específico aparente y absorción de agua

Determinados, generalmente, con ayuda de la balanza hidrostática, en ocasiones en régimen de vacío, son datos interesantes en casi todas las aplicaciones, especialmente para aquellas piezas que queden expuestas a la intemperie.

c) Resistencia a compresión

Determinada con ayuda de una prensa calibrada sobre probetas cúbicas o cilíndricas, es de aplicación fundamental a elementos empleados con fines estructurales o monumentales, así como a algunos pavimentos, especialmente en zonas de intenso tráfico de personas o vehículos. Conviene recordar la gran influencia que en el resultado obtenido tiene el paralelismo y horizontalidad de las caras de apoyo de las probetas.

Tabla 3 – Normalización europea de piedra natural

NORMALIZACIÓN EUROPEA DE LA PIEDRA NATURAL	
Comité CEN/TC 246. Piedra Natural	
WG-1	Terminología
WG-2	Métodos de ensayo
WG-3	Especificaciones
◆	Bloques en bruto
◆	Tableros en bruto
◆	Plaquetas modulares
◆	Revestimientos verticales
◆	Piedras dimensionadas
◆	Losas para suelos y escalones
CEN/TC 178. WG-2. Pavimentos exteriores	
◆	Baldosas
◆	Bordillos
◆	Adoquines
CEN/TC 125. WG-1. TG-6. Mampostería	
◆	Unidades de mampostería para Piedra Natural
CEN/TC 128. SC-8. Pizarras de Techar	
◆	Parte 1. Especificaciones
◆	Parte 2. Métodos de ensayo

d) Resistencia a flexión

Su determinación se lleva a cabo, generalmente, sobre probetas prismáticas o directamente sobre placas, frecuentemente con un doble apoyo y carga centrada, aunque en ocasiones se utiliza un sistema de doble carga (pizarras de techar).

Su importancia es mayor en piezas para cubiertas, pavimentos o peldaños de escalera, además de servir como indicativo de la resistencia mecánica en placas para revestimiento.

e) Resistencia al choque

Se determina según el ensayo de caída libre de una bola de acero de peso y dimensiones normalizadas sobre una placa apoyada sobre lecho de arena, mediante medida de la altura precisa para producir su ruptura, al tratarse de un material relativamente frágil y de reducida plasticidad.

Es especialmente útil en piezas para pavimentos en general, que son las que previsiblemente pueden estar sometidas a este tipo de sollicitación.

f) Resistencia al desgaste por abrasión

Suele emplearse el método de la pista giratoria o pista Dorri, en la que se somete a la piedra a desgaste con la ayuda de un material abrasivo y en presencia de agua. Se trata de un ensayo discutido, debido a su difícil reproducibilidad.

Su empleo es particularmente adecuado a la caracterización de pavimentos y peldaños de escalera.

g) Microdureza Knoop

Su determinación se lleva a cabo con el microdurímetro Knoop, provisto de una punta de diamante que actúa con una carga y durante un tiempo determinado sobre la superficie pulida de una probeta de roca, para a continuación medir la dimensión mayor de la huella producida con ayuda de una lente de aumento. Dado lo puntual de la medida, lo cual puede dar resultados muy diversos en diferentes puntos, si se trata de rocas heterogéneas, como los granitos, es importante ejecutar un mínimo suficiente de medidas sobre la superficie de la placa, a fin de promediar su resultado.

Es particularmente necesaria para pavimentos en general, así como para revestimientos exteriores.

h) Resistencia al anclaje

Este ensayo trata de medir la fuerza de tracción necesaria para separar una placa de roca del anclaje que la une al conjunto del paramento del que forma parte.

Su utilidad es exclusiva, aunque de forma destacada, de las piezas de revestimiento, tanto interior como exterior.

i) Resistencia al deslizamiento

Se mide la energía por rozamiento absorbida por una probeta al paso de un péndulo de fricción, dotado de una zapata de goma, sobre la misma, mediante la medida de la altura que alcanza en la subida del mismo, tras ser soltado sin ningún impulso inicial.

Es de utilización exclusiva para pavimentos, siendo su aplicación cada vez más importante debido a su incidencia en la seguridad de los usuarios, uno de los requisitos esenciales de la Directiva Europea, como se comentó anteriormente.

4.2 Propiedades químicas y de alterabilidad

a) Resistencia a las heladas

Relacionada en cierta medida con la absorción de agua, pretende medir la alteración producida en un material debido a la acción del hielo producido en el interior de los poros del mismo al aumentar de volumen, en una acción repetida en el paso del día a la noche.

Se simula mediante ciclos alternativos de inmersión en agua y congelación en cámara, siendo muy ventajosa, para obtener un resultado ajustado, la utilización de cámaras automáticas, que minimizan la acción puramente mecánica producida por el operario al manipular las probetas, además de reducir de forma importante la duración del ensayo. Para evaluar su influencia, se utilizan, en ocasiones, metodologías específicas y no destructivas, como la frecuencia de resonancia.

Evidentemente, únicamente es de aplicación a piezas sometidas a la acción atmosférica directa (pavimentos o revestimientos exteriores, cubiertas), en climas que presentan valores de temperatura nocturna por debajo del punto de congelación del agua a la altitud correspondiente (en todo caso, en el entorno de los 0°C).

b) Resistencia a los cambios térmicos

Esta determinación trata de medir cómo afectan a una piedra natural los cambios bruscos de temperatura, sin mediar necesariamente la acción del hielo.

Para ello, se somete a las probetas a ciclos alternativos de

calentamiento y enfriamiento, estudiando la alteración inducida.

Es de aplicación particularmente adecuada también a piezas exteriores, sujetas, por ejemplo, a fuerte insolación durante el día y bruscos descensos de temperatura por la noche (por ejemplo, en climas desérticos), o bien a alteraciones térmicas generadas de forma artificial en lugares específicos.

c) Coeficiente de dilatación

Medido por un dilatómetro, estudia la variación de dimensiones debidas a cambios de temperatura.

Es importante en piezas sujetas a fuertes variaciones de temperatura (por ejemplo: situados en exteriores), especialmente si sus dimensiones no pueden presentar tolerancias muy destacadas debido a su función.

d) Resistencia al SO₂

Este ensayo trata de simular en poco tiempo la acción a largo plazo de la contaminación atmosférica, especialmente en ambientes urbanos e industriales, mediante el sometimiento de las muestras a la acción de fuertes concentraciones de SO₂ en forma gaseosa en el interior de una cámara aislada (cámara Kesternich).

Es de utilización prácticamente exclusiva a revestimientos y pavimentos exteriores.

e) Contenido en carbonatos

Su determinación se lleva a cabo mediante el calcímetro de Bernard, que utiliza la solubilidad de los carbonatos (particularmente el carbonato cálcico, más abundante en la naturaleza) en medio ácido, midiendo el volumen de CO₂ generado en esta reacción.

Su uso es exclusivo de las pizarras para cubiertas, que pueden verse dañadas de forma importante debido a su presencia y eventual alteración.

Un cuadro resumen de todos estos ensayos puede verse en la Tabla 4.

Tabla 4 – Aplicabilidad de los ensayos y los distintos usos

CARACTERÍSTICA TECNOLÓGICA	REVESTIMIENTOS		PAVIMENTOS		PELDAÑOS DE ESCALERA	PIZARRAS PARA CUBIERTAS
	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores		
Descripción petrográfica						
Análisis químico						
Peso específico aparente						
Absorción de agua						
Resistencia a compresión						
Resistencia a flexión						
Resistencia al choque						
Resistencia a las heladas						
Resistencia al desgaste						
Resistencia a cambios térmicos						
Modulo de elasticidad						
Coefficiente de dilatación						
Microdureza Knoop						
Resistencia al SO ₂						
Resistencia al anclaje						
Contenido en carbonatos						

LEYENDA	
Poco Importante	
Importante	
Muy Importante	

5. CONCLUSIONES

Como se ha indicado en todo el presente artículo, una adecuada caracterización de los productos de piedra natural empleados en la construcción se hace inevitable, la cual debe hacerse en función del uso específico al que se destinen los mismos.

Asimismo, es importante utilizar procedimientos normalizados, que permitan comparar los resultados obtenidos en diferentes lugares, lo cual es especialmente importante en materiales tan heterogéneos en su composición, textura y propiedades. Por tanto, todo avance en armonización normativa debe ser bienvenido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Normas une 22-170 a une 22-190.

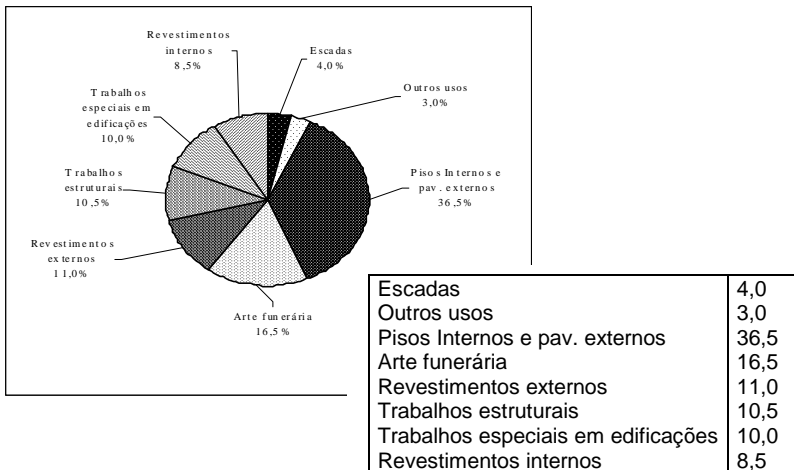
Comisión Europa (1989). Directiva Europea de Productos de Construcción (89/106/CE).

ASPECTOS ECONÔMICOS E DE COMERCIALIZAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA ÍBERO-AMÉRICA

GILDO DE ARAÚJO SÁ ALBUQUERQUE⁽¹⁾

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Segundo recente trabalho do Geólogo Walter Lins Arcoverde (DNPM/SC) (Arcoverde, 1998), o consumo internacional de rochas ornamentais está distribuído em 70% na construção civil e 30% para outros usos. Outros autores (Vale, 1997) estabelecem a relação 80% e 20% para o mesmo caso. Dentro da construção civil, a distribuição de uso está explicitada no Gráfico 1.



Fonte: Arcoverde, W.L. in Panorama Nacional e Internacional do Mercado de Rochas Ornamentais e de Revestimento – 1998

Gráfico 1 – Distribuição do consumo segundo seus usos finais significativos

(1) Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Rio de Janeiro, Brasil

As rochas de revestimento (mármore, granito, ardósia, quartzito e outras pedras) tiveram um consumo mundial, em 1997, da ordem de 540 milhões de metros quadrados, sendo 382,5 milhões de metros quadrados referentes exclusivamente a mármore e granito. Saliente-se que, no mesmo ano, o consumo de produtos cerâmicos para revestimentos atingiu cerca de 3.530 milhões de metros quadrados.

Segundo o Economista Eduardo Vale (Vale, 1997), os mármore e similares ocupam, segundo as últimas estatísticas disponíveis, em nível global (1995), um percentual de 57,5% do comércio das rochas ornamentais; os granitos respondem por 37,4% e as ardósias ocupam 5,1% do mercado mundial.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE PAÍSES-ÍBERO-AMERICANOS

Em termos mundiais de consumo percentual de rochas de revestimento, os países íbero-americanos assim se distribuem:

Espanha–5,7% (6º lugar); Brasil-2,5% (12º lugar); Portugal–1,8% (13º lugar) e Argentina–0,4% (16º lugar), segundo estatísticas disponíveis.

Levando-se em conta a produção e a exportação de rochas de revestimento, os números levantados apontam o seguinte (tabela 1):

Tabela 1 - Produção e exportação de alguns países íbero-americanos (ano 1997)

PAÍSES	PRODUÇÃO		EXPORTAÇÃO					
			Rochas Carbonatadas em Bruto		Rochas Silicatadas em Bruto		Rochas Processadas	
	(10 ³ t)	(%) (mundial) Classif.	(10 ³ t)	(%) (mundial) Classif.	(10 ³ t)	(%) (mundial) Classif.	(10 ³ t)	(%) (mundial) Classif.
Brasil	2.039 ⁽¹⁾	4,8 5º lugar	12,2	0,8 10º lugar	668,2 ⁽²⁾	10,8 4º lugar	71,6 ⁽³⁾	1,3 10º lugar
		9,3 3º lugar		154		9,9 2º lugar		465
Espanha	4.000 ⁽⁴⁾	3,5 8º lugar	108	7,0 3º lugar	174	2,8 9º lugar	215	3,8 4º lugar

Fonte: Arcoverde, W. L. (opus cit) - Notas: (1) Apenas blocos de mármore e granitos; (2) Inclui granitos, arenito, basalto e quartzito. Não inclui pedra para calcetar; (3) Inclui ardósia e outras pedras; (4) Cerca de 15% foi produção de “outras pedras”.

Analisando-se o período 1989/1995, verifica-se que, dos países íbero-americanos, no caso de importação de rochas processadas, apenas a Espanha tem algum destaque (9º/10º lugar mundial). Quanto à importação de granito em bruto e de mármore em bruto, a Espanha está em 6º e 2º lugar, respectivamente. Os demais países íbero-americanos não têm expressão estatística de maior porte.

Quanto à exportação de rochas processadas, granito em bruto e mármore em bruto, o comportamento dos países íbero-americanos é o seguinte, em termos mundiais:

Tabela 2 – Exportação acumulada (89/95) de Rochas Processadas, Granito em Bruto e Mármore em bruto, de alguns países ibero-americanos

PAÍSES	ROCHAS PROCESSADAS			GRANITO EM BRUTO			MÁRMORE EM BRUTO		
	Posição Mundial	Exportação Total (89/95), em 10 ³ t	% da Exportação Mundial	Posição Mundial	Exportação Total (89/95), em 10 ³ t	% da Exportação Mundial	Posição Mundial	Exportação Total (89/95), em 10 ³ t	% da Exportação Mundial
Brasil	11 °	231	0,9	4 °	3.394	9,4	7 °	147	1,9
Espanha	3 °	1.596	5,9	5 °	3.275	9,1	3 °	503	6,4
Portugal	4 °	1.386	5,1	N/D	N/D	N/D	2 °	871	11,0

Fonte: Adaptado de Arcoverde, W. L. (opus cit)

Observação: N/D – Não Disponível

3. DIFICULDADES E ALTERNATIVAS DOS PAÍSES ÍBERO-AMERICANOS, DA AMÉRICA LATINA, PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

O setor de rochas ornamentais pressupõe um projeto de desenvolvimento a longo prazo. A qualidade do material deve ser garantida. A rede de comercialização deve ser eficiente. O “marketing” junto a clientes e futuros clientes deve ser permanente. A participação em feiras é fundamental. O financiamento da produção deve ser compatível com as exigências do mercado.

Considerando-se as crônicas deficiências econômico-financeiras dos países latino-americanos, pode-se ter uma idéia das dificuldades a superar para cumprir tal projeto de longo prazo.

Há que se competir utilizando equipamentos 50% (cinquenta por cento) mais caros que na Europa, ali vendidos com até 4 anos de carência, insumos com preços muitas vezes 100% (cem por cento) superiores aos europeus e financiamentos muito distantes daqueles efetuados por exportadores de maior poder econômico-financeiro, que oferecem produtos com 300 dias de prazo para pagamento, com juros de 2% (dois por cento) ao ano.

Apesar de tais dificuldades, existem alternativas válidas. Ocorrem na região grandes reservas de variados tipos de rochas ornamentais que, associadas à relativamente baixa relação capital/produto, podem ser efetiva fonte de geração de renda e empregos, a custos absolutamente viáveis.

Aliada a tais fatores, existe na Europa uma forte tendência a novas restrições de mineração, em benefício de setores produtivos incorporadores de maiores valores agregados. Os grandes competidores da América Latina são a China e a Índia.

Tais fatos permitem antever a possibilidade de colaboração mais efetiva entre a Europa e a América Latina, no setor de rochas ornamentais. A Itália tem capitaneado tal iniciativa cabendo aos países ibéricos, até o momento, um papel secundário.

A RIMIN, além de projetos de pesquisa e caracterização de rochas ornamentais, troca de experiências e transferências tecnológicas, poderá ser um extraordinário agente catalisador de possibilidades negociais entre Espanha, Portugal e países da América Latina, através de parcerias.

4. PERSPECTIVAS BRASILEIRAS

Segundo as exposições que tivemos oportunidade de ouvir durante este Seminário, o Brasil já dispõe de condições básicas para o aumento de sua produção e, conseqüentemente, de sua exportação.

Iniciativas como a Central de Informação e Negócios – Rochas de Qualidade – CINROCHAS, com exposição permanente de produtos brasileiros, a existência da ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, o interesse de organismos como o SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e o SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio à Pequena e Micro Empresa são exemplos de suporte ao setor de rochas ornamentais brasileiro.

Em termos de apoio tecnológico ao setor, existem excelentes trabalhos regionais: NUTEC (Ceará), CGM/CBPM (Bahia), CETEMAG (Espírito Santo), entre outros. A nível nacional merece destaque a atuação do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral e da UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto. No que diz respeito ao mapeamento geológico sobressai o trabalho da CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico Nacional).

O Governo Brasileiro, pela atuação do MME – Ministério de Minas e Energia e seus organismos SMM – Secretaria de Minas e Metalurgia e DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, também vem dando suporte ao setor de rochas ornamentais.

Em termos de metas brasileiras para o ano 2002, foram estabelecidas as seguintes, de acordo com o Programa Brasileiro para o Desenvolvimento do Setor de Rochas Ornamentais – MME / SMM - 1997:

Aumento de 100% na arrecadação do ICMS;

- Geração de 25.000 novos empregos;
- Aumento das exportações para US\$ 600 milhões/ano, até 2002, passando a participação brasileira para 10% do mercado mundial, com cerca de 60% de produtos acabados;
- Duplicação do índice de produtividade nas atividades de extração e das serrarias (de 1.000 m²/mês para 2.000 m²/mês);

- Instalação de dois novos laboratórios de certificação de materiais, um na Região Nordeste;
- Aumento do consumo “per capita” , no mercado interno, de 8 kg/ano para 15 kg/ano.

BIBLIOGRAFIA

ARCOVERDE, W. L., 1998. Panorama nacional e internacional do mercado de rochas ornamentais e de revestimento. 1º Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife. p 110-123.

VALE, E., 1997. Mercado internacional de rochas ornamentais. Fortaleza: IEL, 43 p.

ROCHAS ORNAMENTAIS PORTUGUESAS: NOVOS RUMOS NA EXPLORAÇÃO DE GRANITOS E DE MÁRMORES

ANTÓNIO CASAL MOURA⁽¹⁾

1. CONDICIONALISMOS DA SELECÇÃO DE MACIÇOS GRANÍTICOS PARA EXPLORAÇÃO, EM PORTUGAL

1.1 INTRODUÇÃO

Não basta que um maciço granítico disponha de pedra de qualidade em quantidade para que se possa deduzir que será rentável a sua exploração. Com efeito, para além desses factores essenciais e das facilidades de escoamento da pedra produzida face aos centros transformadores e/ou consumidores, é o binómio preço-procura de cada tipo de pedra que determina a sua penetração nos mercados e, sendo assim, toda a pedra disponível que não atingir um elevado índice de procura terá de ser oferecida em condições especialmente vantajosas que só podem ser conseguidas com uma exploração e transformação particularmente rentáveis.

1.2 A INFLUÊNCIA DE EXIGÊNCIAS ESSENCIAIS DOS MERCADOS

No caso da pedra natural destinada a fins ornamentais, é sabido que as características estéticas são um factor fundamental do seu valor e que se assumem como um parâmetro subjectivo, ainda por cima sujeito às flutuações da moda, sempre difícil de prever. Também é reconhecido que algumas tonalidades dos granitóides têm implícito um valor próprio que lhes é conferido por uma ou mais utilizações para as quais são, habitualmente, preferidas.

(1) IGM - Instituto Geológico e Mineiro, Laboratório do IGM, Marmede de Infesta, Portugal

Apesar disso, pode afirmar-se que, normalmente, os granitóides de tonalidade “quente” (rosados e amarelados) são os mais apreciados, bem como os de tonalidade esverdeada ou cinzenta escura, neste caso pela sua nobreza e raridade relativa. Dentre os de tonalidade mais clara, os esbranquiçados ou de tendência azulada serão os mais valiosos, nomeadamente quando de aspecto geral homogêneo.

1.3 SITUAÇÃO ACTUAL DOS GRANITÓIDES PORTUGUESES EXPLORADOS PARA ORNAMENTAL, INTERPRETADA NESTE CONTEXTO

A produção portuguesa é bastante variada em termos de granularidades e texturas, sendo largamente predominantes os tipos litológicos de tonalidade cinzenta a cinzenta-azulada. As rochas intermédias e básicas (dos quartzodioritos aos gabros e serpentinitos), mais ricas em minerais ferromagnesianos e, por isso, de tonalidade escura mais ou menos intensa, são menos comuns.

Em resumo, são as seguintes as características gerais das explorações dos diferentes tipos litológicos de rochas ígneas em Portugal (Tabela 1):

Partindo do princípio de que, em cada momento, as rochas de características estéticas mais peculiares ou mais na moda, e por isso, mais reclamadas pelos mercados, não têm problemas de comercialização, já a rentabilidade da exploração dos tipos de rochas mais comuns em Portugal (mesmo não pondo em causa a respectiva qualidade do ponto de vista físico-mecânico) alicerça-se, em grande parte, no tamanho dos blocos e na facilidade com que podem ser extraídos e encaminhados, implicando, por isso, a escolha de maciços pouco fracturados e acessíveis dos quais possa ser obtida pedra de qualidade com características homogêneas.

Tabela 1 – Características gerais das explorações dos diferentes tipos litológicos de rochas ígneas nacionais

TIPO	% RELATIVA	GRANULARIDADE	FRATURAÇÃO DO MACIÇO	ALTERAÇÃO DO MACIÇO	OCORRÊNCIA DE HETEROGENEIDADES	TAMANHO MÉDIO DO BLOCO
Granitos Esbranquiçados	7	de grão médio a grosseiro	Variável	ligeira e significativa	variável	grande
Granitos cinzentos e cinzento-azulados	72	de grão fino a grosseiro, por vezes porfiróides	escassa a variável	ligeira a moderada	moderada	Médio ou grande
Granitos Amarelados	8	de grão médio a grosseiro	moderada a irregular	moderada a significativa	moderada a frequente	médio a grande
Granitos Rosados	10	de grão médio ou grosseiro a muito grosseiro	escassa ou frequente e irregular	ligeira a significativa	em geral, pouco frequente	médio a grande
Granitos avermelhados	1	de grão médio	Variável a densa	moderada a significativa	moderada a frequente	médio a grande
Granitóides de tonalidade escura	2	de grão fino a médio	em regra frequente e irregular	moderada	frequente	pequeno ou médio

1.4 A RESPOSTA TÉCNICA AOS CONDICIONALISMOS APONTADOS

Conclui-se, pois, que a explorabilidade dos granitóides portugueses mais comuns exige condições topográficas, geológico-estruturais e em termos de reservas particularmente favoráveis, a fim de se maximizar o rendimento das pedreiras respectivas e torná-los concorrenciais.

A jusante desse imperativo, mas com ele correlacionado, tem-se que a elevada mecanização e rendimento das técnicas de corte e polimento implica, para o valor dos tipos de granitóides mais correntes em Portugal, a necessidade de se dispôr de blocos de grandes dimensões (como regra da ordem dos 3 m³), de textura homogênea, o que elimina a exploração de maciços com fraturação que o não torne viável ou cuja pedra não apresente suficiente homogeneidade.

A seleção das áreas exploráveis, capazes de vencer tais condicionalismos, deverá alicerçar-se em estudos sistemáticos e seletivos desenvolvidos segundo uma perspectiva técnica fundamentada em conceitos geológicos e econômicos.

É assim que se deduz que tais possibilidades se encontram largamente reunidas nos maciços cuja implantação teve lugar após a última fase de deformação do orógeno hercínico (vulgarmente designados por *maciços não deformados*), relativamente representados na área Centro-Norte de Portugal (maciços de Monção, Gerês, Chaves, Pedras Salgadas, Ariz, Vila da Ponte-Beselga, Esmolfe, Antas, Nisa, entre outros), nos quais, efectivamente, se podem satisfazer todos os requisitos fundamentais atrás enunciados.

2. A EXPLORAÇÃO DE MÁRMORES EM LAVRA SUBTERRÂNEA EM PORTUGAL

2.1 INTRODUÇÃO

A lavra subterrânea de mármore, praticada em Itália há longos anos, conheceu nas últimas décadas um incremento significativo relacionado em parte com o advento das preocupações de natureza ambiental e paisagística e do fato de se poder dispor de tecnologia de exploração adequada.

Esse aspecto moderno da exploração de mármore chegou a Portugal induzido sobretudo pelo fato de a ocupação superficial da faixa tradicionalmente explorada impedir o acesso a largas reservas de mármore, comprovadas por estudos de prospecção recentemente efetuados.

Entre as vantagens de uma tal atitude na exploração de mármore, contam-se, também, (Martins, 1966):

- Eliminação dos custos de remoção das camadas superiores estereis;
- Possibilidade de orientação direta da lavra para zonas de maior rendimento;
- Possibilidade de se trabalhar durante todo o ano, independentemente das condições atmosféricas.

2.2 ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA EXPLORAÇÃO SUBTERRÂNEA DE MÁRMORES NA ZONA DE PARDAIS (VILA VIÇOSA)

A mais importante área de extração de mármore em Portugal (figura 1) localiza-se no anticlinório de *Sousel - Estremoz - Borba - Vila Viçosa* (Alto Alentejo) e, em particular, nos seus flancos NE (Zona de Borba-Vila Viçosa) e SW (zona de Estremoz-Borba) e no núcleo de um sinclinal de 2ª ordem existente no flanco sudoeste da dobra e que se estende desde Barro Branco (Borba) até Pardais (Vila Viçosa), localidade situada já na extremidade periclinal virada a sudeste.

Em 1995, o Instituto Geológico e Mineiro tomou a decisão de investigar por sondagens profundas o local designado por Fonte Soeiro – Pardais

(figura 2), situado na extremidade SE do anticlinal acima referido, a fim de se localizar a base dos mármore e se avaliar a possibilidade de exploração subterrânea dos mesmos através da análise da fraturação e do cálculo do respectivo espaçamento médio, dados a partir dos quais se procedeu a uma estimativa do rendimento médio por cálculos de blocometria (Vintém, 1997).

Os elementos obtidos, conjugados com diversos levantamentos geológicos de pormenor e com os elementos referentes a sondagens recentemente efetuadas permitiram detectar um volume de mármore com espessura aparente de cerca de 370 metros (correspondente a uma espessura real aproximada de 250 metros) com condições de explorabilidade em algumas zonas, por determinação da probabilidade de ocorrência de blocos de secções superiores a 1,2 a 1,5 metros, e aperfeiçoar o modelo geo-estrutural já existente (vide bloco-diagrama da figura 2).

O mesmo estudo possibilitou o estabelecimento de uma sequência litológica dominada por mármore de granularidade fina a média e pelo domínio das tonalidades branca a creme. Mármore cinzentos foram também atravessados e, muito raramente, mármore de tonalidade rosada clara. A base da formação são os mármore dolomíticos.

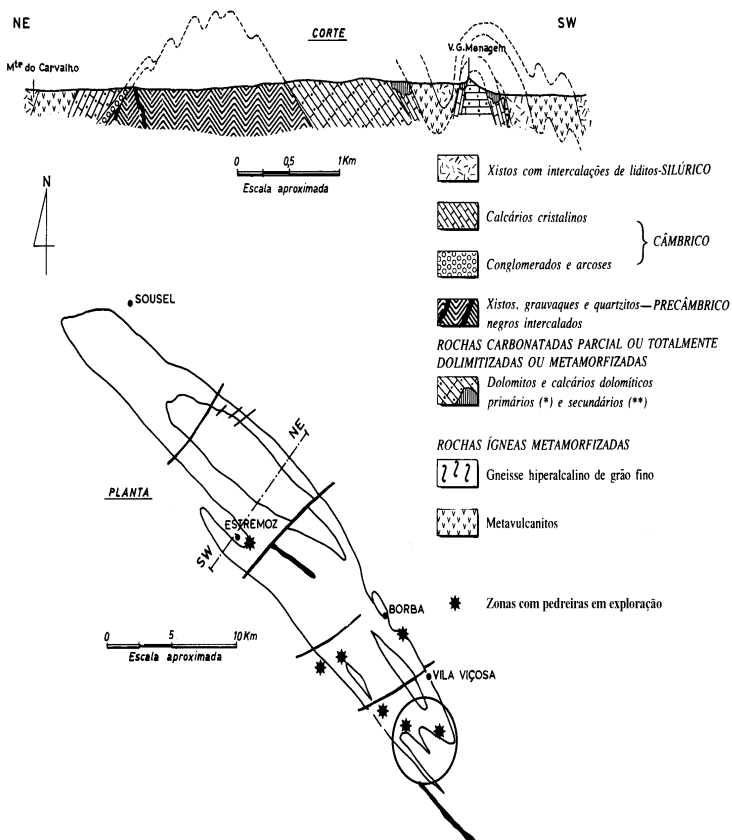


Figura 1 - Corte geológico-estrutural esquemático interpretativo do anticlinal de Estremoz – Borba – Vila Viçosa, segundo F. GONÇALVES (1972), com indicação da área estudada com vista a exploração subterrânea.

2.3 PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A EXPLORAÇÃO SUBTERRÂNEA DE MÁRMORES

A exploração subterrânea de mármore começa, sem dúvida, a ganhar interesse crescente entre os empresários portugueses, motivados pelo exemplo e sucesso do desenvolvimento desta via no estrangeiro, nomeadamente em Itália. E foi precisamente uma firma italiana que iniciou, em Portugal, este tipo de exploração numa área do anticlinal em que existiu uma exploração a céu-aberto. A técnica de desmonte é a de “câmaras e pilares” e o equipamento utilizado são a cortadora de fio diamantado e a serra de cadeia.

Os custos são inicialmente acrescidos pelos estudos necessários à elaboração detalhada do projeto e pela abertura de rampas e galerias de acesso. Em compensação, a possibilidade de exploração do recurso em lavra seletiva será um dos benefícios que concorrerão para uma maior rentabilidade e para uma apreciável redução dos custos posteriores.

Aliás, o preço que os mármore atingem atualmente nos mercados impõe aos países produtores e exportadores uma solução que lhes permita desfrutarem ao máximo das reservas disponíveis mesmo em lavra subterrânea, outrora reservada aos minérios considerados de mais valor. Com efeito, a mera comparação do valor da tonelada de mármore em bloco com a de uma tonelada de minério de ouro ou de cobre com os teores médios atualmente comuns (Tabela 2) é elucidativo da riqueza que constitui um maciço de mármore, acrescentando a esse fato as mais valias conseguidas na sua transformação, as quais, tanto o cobre como o ouro, estão longe de produzir internamente.

Tabela 2 - Valores comparados, por tonelada, de alguns minérios comuns e de mármore portugueses

	OURO	COBRE	MÁRMORE ANO DE 1996		
	Cotação em Fev/99 287.4 dólares/onça troy (9.24 dól/g) Teor médio 7 g/ton	Cotação em Fev/99 1411 dólares/tonelada Teor médio50kg/ton	Blocos na pedreira	Exportação (Global)	Exportação (Em obra)
Valor p/ Tonelada	64.7 dólares	70.6 dólares	192 dól.	456 dól.	540 dól.

A boa aceitação que os mármore portugueses auferem nos mercados internacionais, permitindo a sua fácil exportação, incrementa o interesse econômico desta nova perspectiva, ao possibilitar um muito maior aproveitamento dos vastos recursos já evidenciados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FORNARO, M. BOSTICCO, L. e BIOLATTI, G., 1995 - The environmental advantages and operating results of underground quarrying of an ornamental stone. Com. 1º Congresso Internacional da Pedra, 103 - 112, Lisboa, 1995.
- GONÇALVES, F., 1972 - Contribuição para o conhecimento geológico dos mármore de Estremoz. Estudos, Notas e Trabalhos do S.F.M., vol. XX, fasc. 1-2, 121-132.
- IGM, 1999 - Indústria extractiva. Informação estatística nº 4, 1998, I.G.M. (Ed.).
- MARTINS, O. RABAÇAL, 1996 - Exploração subterrânea de mármore. Bol. Minas, vol. 33, nº 1, 39-53, I.G.M., Lisboa.
- VÁRIOS (1992) - Carta geológica de Portugal, escala 1:500 000. I. G.M. (Ed.).
- VINTÉM, C., 1997 – Estudo da viabilidade técnica da exploração subterrânea de mármore: Relatório da situação actual. Rel. interno do I.G.M.

LA PIEDRA NATURAL EN LA ARQUITECTURA DE BUENOS AIRES: ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

MARIA BEATRIZ PONCE DE DE MAIO⁽¹⁾

1. INTRODUCCIÓN

En el marco actual de la Argentina, donde la piedra natural ha adquirido una evidente importancia en la construcción y teniendo en cuenta el grado de representatividad porcentual dentro de la producción minera; ha surgido, afortunadamente, la necesidad de relevar, conocer y evaluar su empleo.

Por supuesto que este interés en conocer las causas del uso de la piedra natural, no se produce en forma espontánea, sino que es consecuencia de un “descubrimiento” que en este momento se está produciendo a nivel arquitectónico en obras nuevas, pero fundamentalmente en aquellas que conforman el patrimonio histórico - cultural.

También que este interés creciente en el saber qué queda de aquellas joyas arquitectónicas y su estado de conservación, es reflejo de las acciones que sobre el cuidado del patrimonio se viene desarrollando hace algunos años en los países europeos.

Es así como se planteó en los últimos tiempos un programa de investigación que considera la gran cantidad de edificios y monumentos que actualmente existen en Buenos Aires, capital de la República Argentina, donde se efectúan registros estadísticos sobre el tipo, estado y conservación de la piedra natural.

(1) INTEMIN/SEGEMAR - Servicio Geológico Minero, Buenos Aires, Argentina

Al comenzar esta investigación, se consideró que el trabajo a desarrollar debería responder las siguientes preguntas:

- Es posible determinar un programa donde se registren diferentes estados de deterioro de la piedra natural en escala real de tiempo?
- Es posible determinar los agentes generadores del deterioro?
- Es posible neutralizar o minimizar el efecto de los agentes agresivos?

Para responder afirmativamente a estas preguntas, se debió definir un programa de trabajo que permitiera acceder a la máxima información, con métodos sistemáticos, datos estadísticos, análisis y ensayos que avalaran el criterio de intervención más adecuado.

Como punto de partida y teniendo en cuenta las premisas enunciadas, el programa de investigación seleccionó el área ocupada por el cementerio de la Recoleta, de aproximadamente 4 000m² de superficie ubicado en la zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires.

El área de Recoleta originalmente, hacia 1580, fue un sector de tierras que se encontraban por fuera del ejido de la primitiva Buenos Aires. Actualmente, conviven la tranquilidad del conjunto formado por el Cementerio y la Iglesia del Pilar, con un entorno bullicioso de elegantes cafés y restaurantes en terrazas rodeados de plazas, jardines bordeando barrancas, residencias y palacios que fueron en algún momento reflejo de una época de auge económico.

El área recibió su nombre por la primitiva construcción de un convento destinado a los Monjes Recoletos que por el 1700, eran terrenos alejados del centro urbano; suceso que evidentemente, con el correr de los años fue revertido hacia el extremo opuesto.

Es así como la elección del cementerio hoy en un lugar céntrico de la ciudad, se consideró como muy apropiado para el desarrollo de esta investigación.

Para responder a la primera pregunta, se obtuvo un primer grupo de registros que de alguna manera podían relacionar con intervalos de tiempos reales, los deterioros variables de las piedras empleadas en los mausoleos y monumentos del lugar, sometidas al efecto de intemperismo natural.

En la segunda de las preguntas planteadas, el conocimiento de las variables ambientales de la zona de interés, permitirían por extensión, aplicarlo a otros casos no incluidos en dicha área.

Por último, el empleo de una metodología sistemática que con registros de datos referidos a la diversidad de patologías detectadas, conduce a la evaluación de alternativas de solución o a su minimización en cada caso.

2. PROGRAMA DESARROLLADO

Los pasos desarrollados tuvieron siguiente esquema:

1) Reconocimiento preliminar del área de estudio con selección de 100 monumentos y mausoleos de valor histórico.

- Las acciones consistieron en:
- Observación visual
- Intervenciones no destructivas “in situ”
- Análisis de laboratorio sobre muestras obtenidas a partir de materiales ya desprendidos
- Realización de registros fotográficos
- Elaboración de una ficha para el volcado de datos. A partir de las cuales, se determinaron conjuntamente a otros parámetros, los criterios de interpretación que condujeron a identificar las variadas patologías registradas.

En tales fichas, las que se realizaron una por cada monumento, se incluyeron características tales como:

- Tipo petrográfico
- Tipo de textura superficial
- Antigüedad del monumento
- Identificación del tipo y grado preliminar de la degradación de la piedra
- Estado de mantenimiento: con consideración del tipo y frecuencia de la limpieza.

También se incluyeron datos donde se listaron aspectos como:

- Presencia de eflorescencias

- Fisuras
 - Pátinas
 - Manchas y variedades cromáticas
 - Presencia de costras
 - Ocurrencia de variedades de alteraciones superficiales
 - Alteraciones debidas a agentes biológicos
 - Orientación espacial del monumento con relación a los puntos cardinales y, eventualmente, al régimen de lluvias y vientos; así como la intensidad de asoleamiento.
- 2) Se procedió a la búsqueda de información histórica de cada monumento y en los casos en que fue posible, la identificación del constructor, origen de la piedra (país, cantera) y cualquier otro dato considerado de importancia.
- 3) Con relación a los datos que identifican el medio ambiente de la ciudad de Buenos Aires, se consideraron:
- Condiciones meteorológicas: temperaturas medias y promedio, régimen de lluvias y vientos, humedad relativa y asoleamiento. Esta información desde la máxima antigüedad de registro.
 - Datos referidos a la contaminación atmosférica del lugar: Concentración de CO², SO², ácidos varios.
 - Características topográficas del área estudiada y de su entorno inmediato.
- 4) Se efectuaron intervenciones “*in situ*” mediante métodos que incluyeron:
- Documentación fotográfica general y particular cuando se consideró necesario.
 - Análisis gráfico de las alteraciones.

- Raspado de superficies en costras, sales y cualquier depósito extraño a la piedra.
 - Análisis de manchas por absorción, mediante el empleo de apósitos de arcillas o pulpa de papel.
- 5) Realización de análisis de laboratorio donde el instrumental fue el siguiente:
- Lupa estereoscópica
 - Microscopio de polarización
 - Microscopio y microsonda electrónica
 - Equipo de difracción por rayos X y fluorescencia
 - Análisis por vía química
 - Cromatografía y espectrofotometría
- 6) Análisis de los datos recopilados. En esta etapa se fueron delineando los agentes agresivos y su efecto sobre las variedades pétreas. De este modo, se pudieron desarrollar las temáticas siguientes:

3. VARIEDADES PETROGRÁFICAS

3.1 MÁRMOL

Es una de las rocas que fueron empleadas con mayor asiduidad; especialmente, entre los últimos años del siglo XIX y las primeras décadas del XX, cuando era muy común la importación de mármol de Carrara.

En los registros del estudio se determinaron dos tipos de mármoles: uno blanco con suave veteado en gris y fina textura granoblástica, debida a la presencia de arcilla y otro de color gris azulado, frecuentemente asociado a mármol blanco conformando una estructura de variedad cromática. En ambos casos la mineralogía está representada por calcita recristalizada que en algunos casos, se asocia con muscovita y arcilla.

3.2 GRANITO

Su uso comienza a evidenciarse a partir de 1850 y en este caso provienen de canteras argentinas, siendo los más comunes los grises y más recientemente los rojizos. La forma de presentación es en superficies pulidas o rústicas (“martelinado”).

Las especies grises (Gris Mara , Gris Plata) poseen textura granular, con tamaños de granos variables en su desarrollo. En su composición mineralógica se encuentra cuarzo, microclino perfitico, plagioclasa, biotita y opacos. Como minerales secundarios pueden estar cloritas, muscovita y arcillas. En ciertos casos, se encuentran estructuras gnéissicas mostrando grado de metamorfismo.

Los granitos rojos poseen tonos variables entre rosados, rojos y marrones con texturas media a gruesas. Sus componentes mineralógicos corresponden a cuarzo, microclino-ortoclasa, plagioclasa mirmequítica, biotita y opacos. Como minerales secundarios cloritas, sericita y arcilla.

3.3 GABRO

Son piedras de uso más reciente, siendo mayormente importadas desde Uruguay y Noruega. Los colores varían del negro absoluto, hasta una piedra de base oscura y venas de tono marrón. Está compuesto por cristales

de labradorita con augita verdosa o enstatita y biotita. En algunos casos, la presencia de largos cristales máficos de diferente orientación sobre la matrix de la piedra, le confieren una particular belleza.

3.4 DIORITA

Se presenta en dos variedades: una negra de canteras argentinas y otra gris de textura porfiroide de origen extranjero (aunque no detectada de qué país). En el primer caso se caracteriza por una textura medio-gruesa compuesta esencialmente por plagioclasa, biotita e hipersteno con algunos minerales accesorios como cuarzo, apatito, circón y opacos.

3.5 SIENITA

Se detecta en los monumentos funerarios a partir de 1940. Con textura gruesa compuesta por feldspatos alcalinos y minerales máficos. La característica principal es la presencia de un anfíbol sódico, riebeckita con cristales de color azul tornasolado.

3.6 CORDIERITITA

Se presenta como una piedra de tonos grises y azulados, textura de grano grueso, con una composición caracterizada por cordierita, acompañada por biotita, clorita, sillimanita, apatita, muscovita y cuarzo en estructura de mortero.

Los parámetros que influyeron en el deterioro de las piedras y condujeron a la aparición de patologías, se pueden enumerar de la siguiente forma:

- Debidos a las características mineralógicas
- Agentes agresivos del medio ambiente
- Procedimientos constructivos
- Antigüedad
- Métodos de mantenimiento

Es importante señalar, que en este estudio se pudo determinar cómo fueron variando desde el punto de vista petrográfico, y a través de los años, el empleo de las piedras naturales (Tabla 1).

Tabla 1 - Variación de los tipos de piedra en el tiempo

TIPO DE PIEDRA	ANTIGÜEDAD (% DE VARIEDAD PETROGRÁFICA)				
	1820-1850	1851-1900	1901-1950	1951-1992	TOTAL
Mármol	13	24	12	-	49
Granito	3	10	7	3	23
Gabro	2	2	5	4	13
Diorita	-	3	2	2	7
Sienita	-	-	4	2	6
Codierita	-	-	-	2	2

Tabla 2 - Relación entre el mantenimiento y el estado de conservación

ANTIGÜEDAD	CONSERVACIÓN		FISURACIÓN (%)
	REGULAR (%)	BUENA (%)	
1820 – 1850	28	4	41
1850 – 1900	46	4	26
1901 – 1950	7	11	33
1951 – 1992	-	-	-

Del análisis de esta tabla se evidencia que los mármoles de mayor antigüedad poseen un alto grado de fisuración y muy bajo grado de mantenimiento, como también el gran uso de esta piedra como monumento funerario en los años anteriores al 1900.

Finalmente, entre 1900 y 1950 existe una reducción en el uso del mármol. Para hacerse en la estadística, casi inexistente en los últimos 40 años.

4. TIPOS DE PATOLOGÍAS

Los rasgos patológicos encontrados en cada piedra, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 – Patologías encontradas en las distintas piedras

TIPO DE PIEDRA	PATOLOGÍAS
Mármol	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Disolución química → Aspecto deslustrado <ul style="list-style-type: none"> → Aumento de la porosidad → Formación de yeso (SO_2 atmosf. + CO_4) ◆ Relieve superficial diferencial } Ocasionado por la ◆ Micro a macrofisuración } Presencia de arcillas ◆ Manchas → Amarillentas (en superficies horizontales) <ul style="list-style-type: none"> → Blancas (en superficies verticales) → Verdosas (por oxidación de placas de bronce) ◆ Pátinas orgánicas (cuando se encuentran a resguardo por Árboles o plantas) ◆ Pátinas oscuras → Donde no llega el agua de lluvia ◆ Cristalizaciones salinas (Chorreaduras) <ul style="list-style-type: none"> → A partir de reacciones entre la piedra y el mortero de juntas ◆ Fisuras → Fallas estructurales <ul style="list-style-type: none"> → Acción antropogénica ◆ Combamiento → En placas de 100 años de antigüedad
Granito	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pátinas oscuras → Bajo o nulo mantenimiento ◆ Picaduras → Deferrización de micas ◆ Manchas rojizas → Deferrización de micas ◆ Manchas blancas → Lechadas de cal para adherir placas ◆ Microfisuración → Alteración de ferromagnesianos en piedras de más de 50 años ◆ Fisuración → Origen estructural
Gabro	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cambio de coloración → Alteración incipiente de plagioclasas en piedras de más de 50 años ◆ Manchas blancas → Lechadas de cal para adherir placas ◆ Zonas ennegrecidas → Zonas protegidas de la lluvia ◆
Diorita	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Manchas rojizas → Deferrización de micas ◆ Picaduras → Deferrización de micas ◆ Variación cromática → Alteración de plagioclasas en piedras de más de 100 años ◆ Depósitos de suciedad
Sienita	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Picaduras y → Alteración de piritita en variedades que la poseen ◆ Manchas blancas
Cordierita	<ul style="list-style-type: none"> ◆ No se detectaron patologías debido a la escasa antigüedad

5. FACTORES GENERADORES DE PATOLOGÍAS

- Los factores generados de patologia son los siguientes:
- Características mineralógicas de la piedra
- Métodos inadecuados de limpieza
- Fijación de placas con morteros o productos inadecuados
- Errores constructivos: cálculo de resistencias de placas y los espesores
- Polución ambiental: El clima de Buenos Aires, es moderado y húmedo, con temperaturas promedio que oscilan entre 10 °C en invierno y 25 °C en el verano. La precipitación media anual es de 1000 mm, siendo el 70% la humedad relativa promedio. Así se combinan: la acción del agua y los gases atmosféricos producidos por el intenso tránsito automotor
- Acción antropogénica
- Acción biológica
- Sales solubles del mortero que por la acción del agua, puede producir migraciones y formar eflorescencias.

6. OTROS ESTUDIOS

A partir de estas investigaciones, se realizaron otros estudios sobre distintos edificios, en especial aquellos de valor histórico.

El efectuado en el Palacio del Congreso Nacional, permitió desarrollar un programa donde, como primer paso, se realizó una prueba piloto que permitió especificar las características de las patologías y su origen, como también los límites de intervención.

Específicamente, se determinaron los métodos de limpieza adecuados según el estado de suciedad y/o alteración de las piedras de las cuatro fachadas que presentaban diferencias notorias.

El plan de trabajo fue desarrollado en tres etapas:

Etapa 1 - Registro de datos climáticos del entorno

- Análisis de gases atmosféricos
- Registro preliminar de patologías

Etapa 2 - Selección del tipo de cuadrícula

- Diseño y llenado de la ficha de relevamiento
- Estudios/ensayos “in situ”
- Análisis de laboratorio

Etapa 3 - Análisis de resultados

- Definición de los criterios de intervención
- Control del cumplimiento de las especificaciones de intervención
- Redacción de un manual de mantenimiento

7. CONCLUSIONES GENERALES

Se resumen en los siguientes ítems:

- Existe desconocimiento sobre el comportamiento de las piedras según su uso. Ello trae como consecuencia, compromiso de la durabilidad por su uso inadecuado.
- El mantenimiento adolece de dos errores fundamentales: el procedimiento utilizado y la frecuencia discontinua o inexistente.
- Ejecución de restauraciones inadecuadas, que no responden a las características particulares de cada piedra.
- Necesidad de implementar un programa sobre tareas de preservación e intervención en monumentos y edificios con piedra.
- La necesidad de participación de instituciones técnicas especializadas como entes de asesoramiento y control en preservación, restauración y mantenimiento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTEWELL, P.B. & TAYLOR, D., 1988. Time-dependent atmospheric degradation of building stone in polluting environment. *Engineering Geology of Ancient Works*, Tomo II, 739 – 753. Rotterdam.
- CALCAGNO, LUCÍA et al., 1992. *Guía de la Arquitectura de Buenos Aires*. Ed. De Arte Gaglianone. Buenos Aires.
- DE MAIO, M.B. P de & DOMÍNGUEZ, M, 1993. Deterioration and conservation of the National Congress building stone, Argentina. Ed. M.J. Thiel .*Proc. RILEM/UNESCO*. Tomo I, 121 – 128. París.
- DE MAIO, M.B. P de & DOMÍNGUEZ, M. 1993. Durability analysis of ornamental rocks under natural weathering conditions. Ed. M. J. Thiel. *Proc. RILEM/UNESCO*. Tomo I, 344 – 350. París.
- PARRINI, P.L., PERUCCA, G. and PIZZAGONI, G., 1993. Influence of climate and anthropogenic pollution on stone decay. Ed. M.J. Thiel. *Proc. RILEM/UNESCO*. Tomo II, 792 – 800. París

CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA OXIDABILIDAD DE LAS ROCAS GRANÍTICAS

MANUEL LOMBARDERO BARCELÓ⁽¹⁾

1. INTRODUCCIÓN

La oxidación de las rocas graníticas utilizadas en arquitectura como Piedra natural (Rocas Ornamentales) es un problema que afecta a algunas variedades comerciales. Cuando se instalan en exteriores, es frecuente la aparición de antiestéticas manchas de oxidación (stain spots) sobre las placas, especialmente si el clima es húmedo o están en un ambiente urbano contaminado.

Si bien durante la prospección de granitos este es uno de los factores claves que deben estudiarse para valorar las posibilidades del granito como roca ornamental, no siempre es evidente la aptitud o facilidad de la roca a oxidarse. Por ello, tradicionalmente han venido empleándose métodos químicos para la determinación de este parámetro.

En este breve trabajo se exponen los principales criterios utilizables en la prospección para conocer la aptitud a la oxidación de los granitos.

(1) IGME - Instituto Geológico y Minero de España

2. CAUSAS DE LA OXIDACIÓN

La principal causa de la oxidación de los granitos es la presencia de sulfuros metálicos oxidables, especialmente pirita, pirrotita y calcopirita, que se oxidan una vez expuesta la roca a la intemperie, pasando a goethita, la cual a su vez, se difunde en las microfracturas de la roca y en los planos de exfoliación de otros minerales, como filosilicatos, sillimanita, anfíboles etc. Este fenómeno, que fue estudiado por Corretgé *et al.* (1987), produce a veces la apariencia de que son los otros minerales los que se han oxidado, lo cual sería posible en el caso de los que contienen hierro (la biotita, por ejemplo), pero imposible en el caso de la sillimanita. Los citados autores llegan a la conclusión de que siempre que la roca granítica haya experimentado procesos hidrotermales de alta temperatura, la aparición de goethita a temperatura ambiente (manchas de oxidación), será un fenómeno inevitable.

Posteriormente, otros investigadores (Macías *et al.*, 1992), realizaron un extenso estudio por diferentes técnicas de laboratorio, para intentar encontrar un parámetro físico o químico, fácilmente medible, que se pueda relacionar con la oxidabilidad. El estudio incluyó microscopía óptica, difracción de rayos x, análisis termogravimétrico y térmico diferencial, espectroscopía de rayos infrarrojos, porosimetría de mercurio, absorción de agua y colorantes, presión capilar de agua, análisis químico, pH de abrasión y alteración química.

Aunque este estudio no es concluyente en cuanto a la determinación de las causas de la alteración, en él se observa que algunas de tales técnicas son más determinantes que otras. Se apuntan también algunos datos de interés. Así, la oxidabilidad está relacionada con la porosidad de forma unívoca. Esto es, los granitos más oxidables suelen tener porosidad alta, aunque la inversa no es cierta. La presencia de minerales ferromagnesianos no puede relacionarse con la oxidabilidad del granito (como ya habían previsto Corretgé *et al.* en 1987), especialmente si éstos son cloritas o biotitas. Las rocas con estos minerales, incluso aunque estén algo alterados a otros filosilicatos (illitas) pueden o no presentar oxidación. Sin embargo, si parece que algunos tipos de biotita puedan oxidarse bajo determinadas condiciones. Mediante los espectros de infrarrojos, los autores concluyen que las "biotitas oxidadas" corresponden a variedades de este mineral con un alto grado de sustitución del Al^{+3} por Fe^{+3} en posición octaédrica (es decir, ligado a los grupos hidroxilo) y de vacantes en dicha capa octaédrica. Los anfíboles, sin embargo, parecen presentar menor resistencia al ataque químico en general. El ataque con ácidos orgánicos o inorgánicos muy diluidos es un buen medio de discriminación entre rocas oxidables y no oxidables.

3. CRITERIOS DE CAMPO Y ANÁLISIS SIMPLES PARA DISCRIMINAR LA OXIDABILIDAD

Tradicionalmente, en España se venía utilizando un criterio químico para determinar la alterabilidad (e, indirectamente, la oxidabilidad del granito), basada en determinar el Índice de meteorización potencial (M_p) (Saavedra, in IGME, 1985)

$$M_p = \frac{115 \cdot [Na]}{0,35} + \frac{489 \cdot [Mg]}{0,90} + \frac{94 \cdot [K]}{0,25} + \frac{407 \cdot [Ca]}{0,7}$$

Donde [Na], [Mg], [K] y [Ca] son respectivamente el tanto por uno de Na_2O , MgO, K_2O y CaO de la roca. Sin embargo, tal método, se ha revelado poco efectivo para predecir el comportamiento ante la oxidación del material.

Actualmente, utilizamos unos criterios de campo y unos análisis sencillos de laboratorio.

3.1 CRITERIOS DE CAMPO

- Observación general de los afloramientos. Anotar la presencia de manchas de oxidación microscópicas, de pátinas de óxidos en las juntas y diaclasas o de cambio de color hacia tonos crema o beige. En las canteras, prestar atención en no confundirse con las manchas debidas al roce del acero de las herramientas y de la maquinaria con la roca (que se oxidan posteriormente).
- Observación cuidadosa de la roca, con ayuda de la lupa. Anotar la presencia de puntos de oxidación, pátinas de óxido sobre las microfracturas de la roca, presencia de minerales metálicos (especialmente sulfuros de Fe), oxidaciones sobre las líneas de exfoliación de biotitas u otros minerales etc.
- En el caso de canteras, observación de los bloques extraídos y de los residuos (escombreras), especialmente de las más antiguas, para detectar posibles oxidaciones en la roca que se extrajo hace años.

3.2 ENSAYOS

- Una forma sencilla y barata de determinar cualitativamente la porosidad de una roca es sumergir un pequeño bloque cúbico normalizado de 7 cm de arista en una solución de azul de metileno en agua, durante 50 días. Posteriormente, se sierra y se observa con la lupa la profundidad en milímetros a la que ha penetrado el colorante. Este método permite clasificar fácilmente las rocas por su porosidad.
- Petrografía. Se prestará atención especial a los minerales que contienen hierro, especialmente biotita y anfíboles. Si se observan óxidos de Fe en las líneas de exfoliación, intentar determinar si también aparecen en las de otros minerales que no lo contienen, como la sillimanita, o en las microfracturas. Si es así, es probable que los que se estén oxidando sean los sulfuros de hierro, no los ferromagnesianos. Se debe incluir rutinariamente una petrografía con luz reflejada (calcografía), para determinar la naturaleza de los minerales opacos. Se prestará atención a la detección de sulfuros y óxidos de hierro.
- Ensayo de choque térmico. Este ensayo, establecido inicialmente para pizarras (norma UNE 22-197-85), ha demostrado ser un eficaz procedimiento de oxidación acelerada de los sulfuros de hierro, por lo que permite predecir si la roca se oxidará o no. Consiste en tomar dos plaquetas de granito (dos alícuotas de la misma muestra), secarlas a 105°C y someter una de ellas a sucesivos cambios de temperatura, manteniéndola 20 h a 105° para sacarla al cabo de este tiempo y sumergirla inmediatamente en agua fría (a unos 20°), manteniéndola sumergida durante 4 h. Este ciclo se repite 25 veces. Si el granito contiene sulfuros oxidables, a los pocos ciclos se empezarán a observar oxidaciones y cambios de color, en comparación con la muestra plaqueta no ensayada que se deja como referencia.
- Ataque ácido débil. El ataque con ácidos inorgánicos muy diluidos (10-4 molar) o ácido cítrico (10-3 M) permite discernir entre biotita oxidable y no oxidable, según Macías et al. (1992). El ensayo se realiza sobre plaquetas pequeñas, de tamaño normalizado, y se someten a la acción de 150 ml de solución durante 7 días. Poste-

riormente, se analiza el líquido, midiéndose dpH, conductividad eléctrica y Na, K, Ca, Mg, Fe, Al y Si.

- Ataque por peróxido de hidrógeno. Se somete el mismo tipo de muestra a la acción de una disolución de H₂O₂ al 50%, de forma similar al ensayo anterior. Este ensayo permite diferenciar las rocas porosas de las poco porosas, debido a la distinta intensidad del ataque, que en ocasiones es muy violento y produce la disgregación total de la roca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORRETEGÉ et al., 1987. Estudio de las “Manchas de Oxidación” de los granitos del Macizo Cristalino de Toledo. Informe inédito. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Documentación.
- IGME, 1985. Potencial básico de granitos y gneises ornamentales en Castilla y León. Informe inédito. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Documentación. T. 1, p. 69.
- MACÍAS et al., 1992. Estudio sobre la oxidabilidad de rocas ornamentales (granitos s.l.). Aplicación a Galicia. Informe inédito. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Documentación.

SEGUNDA PARTE

SITUACIÓN DEL SECTOR

DE LA PIEDRA NATURAL

EN IBEROAMÉRICA

Francisco Wilson H. Vidal ⁽¹⁾

Adriano Caranassios ⁽¹⁾

Júlio César Mendes ⁽²⁾

Hanna Jordt Evangelista ⁽²⁾

Carlos Cesar Peiter ⁽¹⁾

Manuel Lombardero Barceló ⁽³⁾

António Casal Moura ⁽⁴⁾

Helio Antunes C. de Azevedo ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCT, Rio de Janeiro, Brasil.

⁽²⁾ Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

⁽³⁾ IGME - Instituto Geológico y Minero de España

⁽⁴⁾ IGM - Instituto Geológico e Mineiro, Laboratório do IGM, Mamede de Infesta, Portugal.

⁽⁵⁾ CBPM - Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral, Salvador, Brasil

ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO CEARÁ

FRANCISCO W. H. VIDAL⁽¹⁾

FERNANDO A. COSTA RIBEIRO⁽²⁾

1. INTRODUÇÃO

A crescente participação do setor de rochas ornamentais na mineração pode ser considerada como um dos acontecimentos mais marcante da produção mineral brasileira na década de 90, e o Ceará em particular que dispõe de uma extensa variedade de rochas para fins ornamentais, com grande potencial de comercialização, contribuiu significativamente para o aumento da produção nacional. O Ceará é o Estado do nordeste que possui o maior parque industrial de beneficiamento de rochas ornamentais, na região, com indústrias bem estruturadas, podendo ser comparadas, em nível de tecnologia, aos melhores projetos implantados no País.

As primeiras referências sobre rochas ornamentais no Estado do Ceará são conhecidas através do “Projeto Pedras Ornamentais nas Regiões Norte-Noroeste, Leste e Oeste do Estado do Ceará”, executado pela Companhia Cearense de Mineração- CEMINAS, iniciado em 1982 e concluído em 1987. Nesse projeto foram selecionadas áreas promissoras por todo o Estado, para pesquisa de “mármore” e de “granito” para fins ornamentais.

Os primeiros requerimentos para pesquisa de “granito” foram protocolizados no 10º Distrito do DNPM, em 1983, através da CEMINAS. A partir de 1987, o Governo do Estado, através da CEMINAS, intensificou as pesquisas geológicas, para selecionar, dentro do grande potencial geológico do Ceará, as jazidas de rochas ornamentais mais favoráveis à exploração técnico-econômica. Dando continuidade, a CEMINAS implantou, ao norte do Estado, no município de Massapê, lavras experimentais, denominadas pedreira-escola para treinamento de mão-de-obra.

A partir de 1988 as rochas ornamentais do Ceará, especialmente “granitos”, entram na pauta de exportação. Nos últimos anos, o Governo do Estado tem despendido esforços para mudar o perfil econômico do Estado, incentivando a participação de empresários locais em atividades produtivas

(1) Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Rio de Janeiro, Brasil

(2) DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais, sendo um dos setores que mais cresceu no Estado, com investimentos de aproximadamente US\$ 108 milhões em tecnologia de ponta, principalmente, no segmento industrial de beneficiamento.

O governo do Estado, visando impulsionar o desenvolvimento do segmento de rochas ornamentais cearense, criou em 1993 o “Polo Graniteiro”, tendo como metas prioritárias a aplicação de tecnologia de lavra moderna e a instalação de máquinas e equipamento de beneficiamento de última geração, industrializando produtos acabados competitivos.

Atualmente, o setor conta com 46 teares (MGM, CIMEF, BM e MASTER BRETON) e 5 talha-blocos horizontais de grande porte, além de 63 mamorarias.

2. GEOLOGIA

No Ceará o embasamento cristalinos ocupa cerca de 75% do seu território formado por rochas datadas do Pré-Cambriano, que possuem condicionamento favorável a ocorrência de granitos e rochas afins, mármore, quartzitos e calcários sedimentares, entre outras, com características ornamentais, cabendo destacar, algumas vocações específicas do potencial do Estado do Ceará. O complexo Tamboril Santa Quitéria ocorre na região metropolitana de Fortaleza abrangendo parte dos municípios de Fortaleza, Maranguape, Pacatuba, Guaiuba; na região norte, abrangendo os municípios de Uruburetama, Itapipoca e Irauçuba; e na região centro oeste, ocupando parte dos municípios de Santa Quitéria, Varjota, Cariré, Hidrolândia, Monsenhor Tabosa e Tamboril. É constituído de migmatitos diversos, onde destacam-se os granitos de nome comercial Vermelho Fuji, Juparaná Real, Brown Paradise e Cinza Nova Russas. O complexo Granja ocorre no extremo noroeste do Estado, ocupando boa parte do município de Granja. É constituído de migmatitos granitóides e granulitos. Nesse contexto destaca-se o granito Kinawa Rosa. Os dioritos de Tauá são rochas parcialmente transformadas em granodioritos porfiróides e em parte, como paleossomas de migmatitos agmatitos com neossoma de granito grosseiro, que ocorrem na região de Tauá no sudoeste do Ceará. Os leptinitos de Tróia são constituídos por uma seqüência de ortognaisses leucocráticos que ocupam a parte central do maciço de Tróia, ocorrendo na região sudeste do Estado, no município de Pedra Branca. Exemplos típicos de rochas ornamentais com essas características é o granito Casa Blanca. Os granitóides Mocambo, Meruoca, Serra da Barriga e Taperuaba, que ocorrem na região noroeste do Estado, são compostos de granitos avermelhados e acinzentados, esverdeados, amarelados ou esbranquiçados, equigranulares, médios a grosseiros, com variações composicionais para monzonitos, granodioritos e sienitos. Destacam-se o granito Vermelho Filomena no município de Alcântara, os granitos Vermelho Meruoca, Verde Meruoca, Amarelo Massapê, Meruoca Clássico, Verde Ventura e Verde Ceará no município de Massapê. Os granitos Amêndoa Barroco no município de Meruoca, Rosa Iracema no município de Forquilha e Cinza Prata em Cariré. O milonito Tucunduba ocorre também na região noroeste do Estado, mais precisamente no município de Marco onde encontram-se os granitos Verde Pantanal e Preto Pantanal. Os granitóides Pereiro, São Domingos, Manoel Dias, dentre outros, ocorrem nas regiões de Irauçuba (Serra de São Domingos e Serrote Manoel Dias), Ibaretama (Serra do Azul), Tamboril (Serras do Encanto e das Matas), Pereiro (Serras do Maia, Vermelha, do Cajá e do Aimoré). Na região de Irauçuba destacam-se os granitos Rosa Missi, Amêndoa Missi, Amarelo Santa Angélica, Clássico Dunas, Icarai e/ou Coral. Os

granitóides Quixadá-Quixeramobim ocorrem na região central do Estado, abrangendo os municípios de Quixadá, Banabuiu, Quixeramobim e Senador Pompeu, e englobam granodioritos, monzonitos, granitos e dioritos, em parte gnaissificados e coexistindo em tramas migmatíticas ou intimamente associados. Nessa região existe, apenas uma pedreira de granito ornamental, granito branco astro, porém existem pequenas pedreiras utilizando material da região para confecção de pedras brutas para revestimento de muros, jardins etc. Os dioritos de Amontada, Pedra Lisa, Aiuaba, Aracoiaba e Apuiarés ocorrem nas proximidades da cidade de Amontada ao norte do Estado; na Fazenda Pedra Lisa, município de Independência; ao norte de Aiuaba; no Serrote Pedra Aguda a sudeste do município de Aracoiaba e leste de Apuiarés. São dioritos em parte gnaissificados e encerrando corpos de granitos gnáissicos, aplitos e gabros, de nome comercial conhecidos por Preto Araicoiaba e Preto Redenção (Black Ceará). Os granitos leucocráticos ocorrem nos municípios de Irauçuba, de Santa Quitéria e Boa Viagem. Os granitos do município de Santa Quitéria apresentam coloração bem esbranquiçada, classificados petrograficamente como albita-granito comercialmente conhecidos por granito Branco Ceará ou Branco Cristal e Branco Cotton e ocorrem sob a forma de “stock” denominados de Morrinhos e São Paulo. O granito de Boa Viagem ocorre também na forma de “stock”, tratando-se de microclina-granito orientado tectonicamente de nome comercial granito Branco Tropical, com fácies branca e rosa (granito Rosa Tropical). O granito do município de Irauçuba, de acordo com suas características tectônicas, estruturais, petrográficas, em comparação com outros modelos ocorrentes no Estado, trata-se possivelmente de um granito pós-tectônico que ocorre sob a forma de “stock”, comercialmente conhecido como Branco Nevasca. O complexo Itatira ocorre na região de Itatira, Madalena e Canindé. É constituído por uma seqüência essencialmente metassedimentar composta de migmatitos ricos em granadas, gnaisses anfibolíticos, leptinitos, quartzitos, biotita-gnáisses a biotita-sillimanita-gnáisses com porfiroblastos de granada; e, no topo, metacalcário cristalino puro, de textura sacaróide com variações para tipos mais impuros ricos em piroxênio, anfibólio e flogopita. O pacote de mármore apresenta coloração predominantemente cinza, com variações para tonalidades mais claras até branca, como por exemplo Mármore Branco de Itataia. A formação Jandaira ocorre na Chapada do Apodi, no extremo norte do Estado e a formação Santana ocorre na bacia sedimentar do Araripe na região sul do Ceará. Essas bacias sedimentares de idade Cretácea ocorrem em Apodi e no Araripe, constituem uma importante fonte para produção de Travertino (creme, bege) e Pedra Cariri (calcários laminados), respectivamente, que são extraídos como rocha ornamental.

3. RESERVAS

Foram coletados dados dos processos existentes no DNPM, Distrito do Ceará, inerentes aos relatórios de pesquisa e de lavra (plano de aproveitamento econômico). Em linhas gerais, procurou-se levantar informações referentes aos métodos aplicados para cálculos de reservas e estimativas de perdas, a escolha do método de lavra, escala de produção, equipamentos utilizados, custos previstos, finalidades dos produtos, previsão de ampliação do empreendimento, cronograma de atuação, qualificação do pessoal envolvido, caracterização tecnológica realizada, entre outros tópicos. A tabela 1 apresenta as reservas de granitos, mármore e calcários ornamentais aprovadas pelo DNPM do Ceará.

Tabela 1 – Reservas de granitos, mármore e calcários ornamentais aprovadas pelo DNPM-CE

SUBSTÂNCIA	RESERVA (M ³)	
	MEDIDA	INDICADA
GRANITO	444.703.032	45.135.533
MÁRMORE	24.881.536	101.108
CALCÁRIO TRAVERTINO	252.269.980	68.053.465
CALCÁRIO LAMINADO	94.012.469	2.277.305
TOTAL	815.867.017	115.567.411

Fonte: Dnpm/Dados Atualizados até 31/12/2000

As reservas de granito estão localizadas nos municípios de Alcântaras (6), Amontada (1), Aracoiaba (2), Boa Viagem (2), Cariré (3), Eusébio (1), Forquilha (2), Irauçuba (6), Independência (1), Itapajé (1), Itaitinga (1), Itapipoca (1), Itapiuna (1), Limoeiro do Norte (1), Marco (2), Massapê (4), Meruoca (5), Miraima (1), Monsenhor Tabosa (1), Santa Quitéria (4), São Luis do Curu (1), Sobral (14), Tamboril (6), Várzea Alegre (1) e Potiretama (1). As reservas de mármore estão localizadas nos municípios de Boa Viagem (1), Cariús (1) e Santa Quitéria (3) e Uruari (1). As reservas de calcários sedimentar “travertino” estão localizadas no município de Limoeiro do Norte (1), enquanto as reservas de calcários sedimentar laminado “pedra cariri” situam-se no município de Santana do Cariri (10).

A tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica das rochas silicáticas do Estado do Ceará que hoje se encontram no mercado e cuja interpretação se faz necessário para uso/adequação de acordo com as normas recomendadas.

Tabela 2 – Caracterização tecnológica das rochas silicáticas do Estado do Ceará

Nome Comercial	Nome Petrográfico	Massa Específica g/cm ³	Porosidade (%)	Absorção (%)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Impacto (cm)	Desgaste Amstel (mm)
Rosa Iracema	Granito	2,611	0,82	0,310	145,00	13,29	66,00	0,61
Brown Paradise	Granito	2,617	0,69	0,260	121,90	12,20	66,30	0,61
Preto Itapiúna	Gnaiss	2,770	0,72	0,240	90,00	19,00	-	1,01
Verde Meruoca	Granito	2,620	0,33	0,130	135,14	14,49	70,00	0,68
Black Ceará	Diorito	2,961	0,62	0,210	83,40	11,30	40,00	1,12
Verde Ventura	Granito	2,620	0,59	0,220	151,50	10,70	55,00	0,72
Meruoca Clássico	Granito	2,601	0,21	0,080	116,70	12,40	-	0,72
Verde Linhares	Granito	2,610	0,52	0,190	133,10	13,47	-	-
Icarai	Migmatito	2,600	0,30	0,300	82,90	15,23	-	-
Vermelho Meruoca	Granito	2,500	4,94	1,210	156,80	14,10	-	-
Branco Meruoca	Granito	2,605	0,77	0,300	127,00	25,00	-	-
Kinawa Gold	Granito	2,664	0,22	0,080	113,30	22,40	-	0,80
Amarelo Juruiba	Granito	2,626	0,78	0,300	96,70	15,00	-	-
Trachite Gold	Granito	2,603	0,86	0,330	69,60	11,20	-	-
Branco Nevasca	Granito	2,625	0,66	0,250	86,10	14,80	81,30	0,75
Cinza Sta Rosa	Granito	2,619	0,84	0,320	-	-	-	-
Yellow Symphony	Granito	2,616	0,58	0,220	118,20	15,80	59,00	0,69
Cinza Granada	Granito	2,787	0,58	0,210	46,80	12,50	62,50	-
Aurora Tropical	Migmatito	2,670	0,37	0,240	202,0	14,2	-	0,69
Branco Astro	Granito	2,619	0,42	0,160	112,1	11,1	71,3	0,90
Branco Cristal Quartz	Granito	2,595	0,81	0,240	157,2	17,70	65,00	0,40
Branco Savana	Granito	2,580	0,80	0,300	135,50	12,32	67,00	0,72
Casa Blanca	Leucogranito	2,496	0,36	0,150	84,4	11,90	67,00	0,84
Cinza Prata	Granodiorito	2,678	0,43	0,160	146,5	12,85	80,00	0,91
Coliseum Gold	Migmatito	2,599	0,60	0,230	122,3	15,70	-	0,73

Tabela 2 – Continuação

NOME COMERCIAL	NOME PETROGRÁFICO	MASSA ESPECÍFICA g/cm ³	POROSIDADE (%)	ABSORÇÃO (%)	COMPRESSÃO (MPa)	FLEXÃO (MPa)	IMPACTO (CM)	DESGASTE AMSLER (MM)
Dourado Sobral	Granito	2,620	0,34	0,130	155,3	16,50	-	-
Giallo Falésias	Granito	2,626	0,53	0,200	-	-	55,00	0,97
Juparaná Delicato	Granito	2,588	0,34	0,130	88,30	14,50	67,50	0,87
Verm. Tamboril	Monzogranito	2,600	0,77	0,120	179,00	21,50	-	-
Rain Forest	Granito	2,615	0,46	0,180	-	-	50,00	-
Branco Vison	Granito	2,635	0,80	0,510	168,00	20,20	-	-
Rosa Salmão	Albita Granito	2,607	1,19	0,460	107,00	16,70	-	0,74
Amarelo Missi	Granito	2,560	0,51	0,280	139,00	18,90	-	-
Amarelo Amêndoa	Granito	2,676	0,36	0,340	152,00	-	-	-
Branco Cotton	Albita Granito	2,610	0,66	0,200	-	125,56	-	-
Verde Ceará	Granito	2,615	0,59	0,230	134,00	-	-	-
Chocolate Brasil	Conglomerado	2,646	0,27	0,100	131,80	20,40	-	-
Paladium	Conglomerado	2,650	1,57	0,570	91,50	-	-	0,72
Crema Apodi	Calcário	2,230	12,6	6,000	13,50	-	-	-
Pedra Caiiri	Calcário	2,418	0,60	0,250	20,90	16,40	63,80	8,33
Nuvem Verde	Calcsilicatada	2,639	0,50	0,190	42,00	16,40	62,50	2,24
Vermelho Filomena	Granito	2,575	0,27	0,640	101,00	8,60	55,00	-
Amarelo Massapé	Granito	2,600	0,76	0,790	162,00	20,00	56,00	0,71
Branco Ceará	Albita-Granito	2,623	0,68	0,260	165,66	16,90	-	0,49
Amêndoa Missi	Granito	2,582	1,23	0,410	149,00	14,00	65,00	-
Rosa Missi	Granito	2,660	0,60	0,490	185,00	11,80	-	-
Thiú Imperial	Granito	2,540	3,05	0,210	122,50	14,20	-	-
Verde Amazonas	Charnockito	2,670	0,31	0,120	138,50	20,20	40,00	1,03

Tabela 2 – Continuação

NOME COMERCIAL	NOME PETROGRÁFICO	MASSA ESPECÍFICA G/CM ³	POROSIDADE (%)	ABSORÇÃO (%)	COMPRESSÃO (MPa)	FLEXÃO (MPa)	IMPACTO (CM)	DESGASTE AMSLER (MM)
Red Symphony	Migmatito	2,670	0,37	0,240	207,00	14,00	60,00	0,69
Branco Tropical	Granito	2,641	0,76	0,350	107,00	12,00		0,76
Clássico Dunas	Granito	2,622	0,79	0,450	91,00	12,40	75,00	
Juceará	Granito	2,631	0,56	0,210	145,70	15,60		0,63
Preto Aracoiaba	Diorito	2,660	1,05	0,280	142,00	24,30	45,00	1,12
Santa Angélica	Granito	2,631	0,90	0,500	169,00	16,70		0,80
Rosa Olinda	Granito	2,582	0,58	0,420	116,00	19,20	60,00	0,57
Verde Pantanal	Quartzito-Sienito	2,691	0,25	0,100	90,30	19,90	72,00	0,74
Vermelho Fuji	Granito	2,670	0,96	0,360	103,70	18,10	62,50	0,92
Amarelo Meruoca	Granito	2,615	0,33	0,240	142,90	21,50	-	-
Cinza Prata	Granito	2,678	0,43	0,160	146,52	12,85	80,00	0,91
Coral Irauçuba	Migmatito	2,622	0,23	0,340	155,00	16,50	80,00	-
Juparaná Brasil	Meia-Granito	2,583	0,50	0,300	166,00	14,50	58,00	-
Ouro Velho	Granito	2,626	0,86	0,330	97,40	181,0	-	-
Amândoa Barroco	Granito	2,600	0,86	0,330	112,60	13,70	-	0,75
Rosa Meruoca	Granito	2,590	1,13	0,440	85,10	10,90	-	-

A figura 1, em anexo, mostra o mapa geológico do Estado do Ceará com a localização aproximada das principais jazidas de granitos, mármore e calcários do Estado.

A lavra atualmente concentra-se na região norte-noroeste do Estado, nos municípios de Alcântara (Granito Vermelho Filomena), Massapê (Granitos Verde Meruoca, Amarelo Lamartine, Verde Ceará e Meruoca Clássico), Sobral (Granitos Red Symphony e Yellow Symphony), Marco (Granitos Verde Pantanal e Preto Pantanal), Santa Quitéria (Granitos Branco Ceará ou Branco Cristal e Rosa Olinda), Forquilha (Granitos Rosa Iracema, Branco Savana e Branco Quartzo e Cariré (Granito Cinza Prata). Também são lavrados granitos na região nordeste do Ceará nos municípios de Aracoiaba e Redenção (Granito Preto Ceará), região centro, no município de Pedra Branca (Granito Casa Blanca, Giallo, Falésia e Juparaná Delicato), Banabuiú (Granito Ouro Branco ou Branco Astro) e ao sul do Estado no município do Crato (Granito Vermelho Cariri). Algumas dessas jazidas encontram-se com as atividades de lavra paralisadas temporariamente e outras continuam na fase de pesquisa. A lavra de maciços (exceto dos granitos Red Symphony, Branco Quartzo e Verde Meruoca), é praticada atualmente nos granitos Branco Ceará, Casa Blanca, Rosa Iracema, Branco Savana, Meruoca Clássico, Verde Ceará, Cinza Prata, Giallo Falésia, Juparaná Delicato, Branco Astro e Black Ceará.

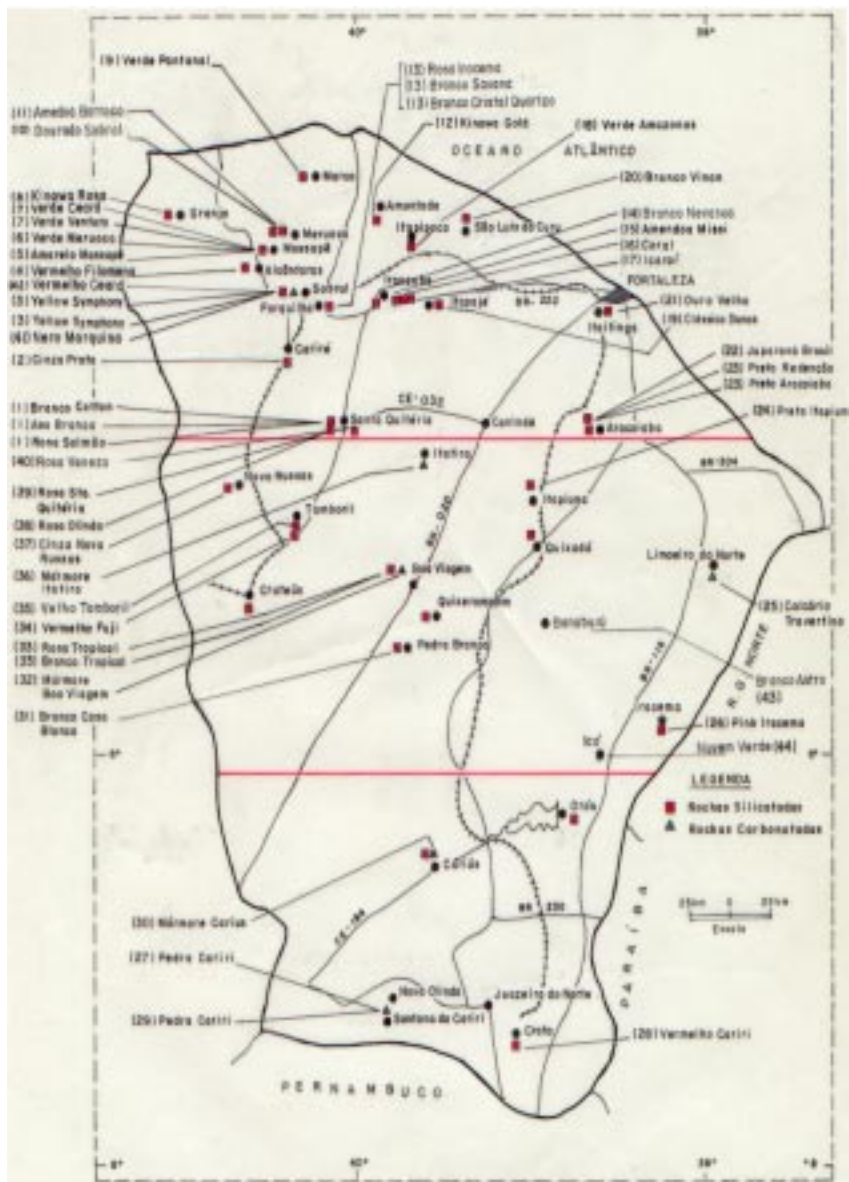


Figura 1 - Localização aproximada por município das principais jazidas de granitos, mármore e calcários do Estado do Ceará

4. LAVRA

Sobre as regiões produtoras de blocos no Estado do Ceará, pode-se afirmar que o aprimoramento da técnica de extração encontra-se num estágio tecnológico em evolução, embora ocorra, em algumas das pedreiras, de forma muito lenta. Entretanto, o aprendizado inicial foi muito oneroso e desgastante ao longo dos trabalhos desenvolvidos, no decorrer dos últimos anos.

Hoje observa-se o avanço tecnológico que ocorreu na atividade de extração, onde a lavra de maciços assume posição dominante, com um acentuado aumento da produção de blocos. Esse tipo de lavra, embora eventualmente tenha custos superiores aos incorridos na lavra, em matacões, permite melhor planejamento, maior racionalização da produção e melhor padronização do produto obtido. Um número crescente de engenheiros de minas está atuando no setor. Estão sendo utilizadas técnicas mais apropriadas de desmonte, com redução dos danos aos blocos, redução dos custos, aumento da recuperação e da vida útil das pedreiras. Os métodos utilizados na extração incluem o desmonte com perfuração e uso de explosivos, perfuração contínua sem uso de explosivos, corte com maçarico (*flame jet*), corte com fio diamantado, corte com massa expansiva e abertura através de cunhas. No caso dos mármore, o fio diamantado está substituindo o fio helicoidal. No caso dos granitos, o fio diamantado está sendo crescentemente utilizado substituindo, principalmente, a perfuração com explosivos e o *flame jet*. Atualmente existem cerca de 45 jazidas em atividade com uma produção de 180.000 t/ano, sendo 120.000 t de granito e 60.000 t de Pedra Cariri.

Por outro lado, a produção de blocos no Ceará não é suficiente para o abastecimento das usinas de beneficiamento instaladas no Estado. Isto se deve, em grande parte, à falta de conhecimento geológico dos depósitos, dos quais depende a preparação da jazida para o desenvolvimento da lavra. Por ocasião das visitas técnicas realizadas às pedreiras de granitos do Ceará, verificou-se que as mesmas carecem de pesquisa mineral de detalhe para associar as características da jazida com o método e tecnologia adequada para lavra de maciços rochosos.

5. BENEFICIAMENTO

No nordeste, a maior capacidade instalada de beneficiamento de rochas ornamentais encontra-se no Ceará. Atualmente, o setor conta com 46 teares convencionais (MGM, CIMEF, BM e MASTER BRETON), 5 talha-blocos de grande porte.

O Ceará é o Estado do nordeste que mais investiu na implantação de indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais, bem estruturadas, podendo ser comparadas, em nível de tecnologia, aos melhores projetos implantados no País, porém com diversas dessas mal gerenciadas. Aliado a isso, as empresas foram mal assessoradas tecnicamente nos seus projetos, cometendo erros que passaram despercebidos pelos órgãos financiadores, como SUDENE e BNB. Em alguns casos, não dispunham de jazida adequadamente pesquisada ou de contratos que garantissem o fornecimento de matéria-prima com qualidade, quantidade e boa aceitação no mercado para abastecer as indústrias implantadas. Atualmente, existe um amontoado de indústrias, algumas de médio porte, com as atividades paralisadas, outras até mesmo sem ter sido concluídas, estando hoje em funcionamento as pertencentes ao grupo, GRANOS/IMARF/IMBRASMA (capacidade de produção 39.000m²/mês de chapas), GRANDON (5.000m²/mês) e CAPIVARA (7.000m²/mês). Atualmente, o Ceará possui uma capacidade instalada de serragem de cerca de 1.000.000 m²/ano para a produção de chapas e ladrilhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAZ PEREIRA E.; AMARAL, M. Situação atual do setor de rochas ornamentais do nordeste. V.5, Fortaleza, Instituto Euvaldo Lodi da Federação das Indústrias do Estado do Ceará, Fortaleza, 1997, 149p.
- CARVALHO, O. Panorâmica atual do setor nordestino de rochas ornamentais, Fortaleza, Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa da Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará, Fortaleza, 1998, 54p.
- ROBERTO, F.A. COSTA, Rochas ornamentais do Ceará: Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Mercado. Dissertação de Mestrado, Fortaleza, 1998, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998, 224p.
- MELO, K, E V; CASTRO, L, M. Avaliação econômica dos granitos do Estado do Ceará, Fortaleza, Companhia Cearense de Mineração da Secretaria de Indústria e Comércio do Estado do Ceará, Fortaleza, 1989, 114p.
- VIDAL, F. W. H. A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 1995. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995, 178p.
- VIDAL, F. W. H et al. Panorama das rochas ornamentais no Estado do Ceará. XVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Rio de Janeiro, 1995, Anais, p.203-221.
- VIDAL, F. W. H; STELLIN J. A. Rochas ornamentais do Estado do Ceará. IV Congresso Italo-Brasileiro de Engenharia de Minas, Canela/RS, 1996, Anais, p.124-130.
- VIDAL, F. W. H; BESSA, M. F. LIMA, M. A. B. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais do Ceará. IV Congresso Italo-Brasileiro de Engenharia de Minas, Canela/RS, 1996, Anais, p.174-183.
- VIDAL, F. W. H; PEREIRA, T. A. Avaliação das atividades de produção das rochas ornamentais e sua aplicação como revestimento através da caracterização. XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Água de São Pedro/SP, 1998, Anais, p.173-186.

VIDAL, F. W. H; COSTA R. F. A . Rochas ornamentais do Ceará: geologia e caracterização tecnológica. I Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, Olinda/PE, 1998, Anais, p.101-109.

VIDAL, F. W. H. Estudo dos elementos abrasivos de fios diamantados para a lavra de granitos do Ceará. Tese de Doutorado, São Paulo, 1999. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999,173p.

PANORAMA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

ADRIANO CARANASSIOS⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

Verifica-se nos últimos anos uma forte expansão do setor das rochas ornamentais, seja do ponto de vista de amplitude na sua utilização, seja no desenvolvimento de novas tecnologias para a sua produção. O Brasil ocupa lugar de destaque neste setor devido a abundância de reservas de excelente qualidade e de grande aceitação nos principais centros consumidores. Dentro deste quadro, o Espírito Santo desempenha papel de grande importância pelo pioneirismo na exploração e produção a partir de importantes depósitos calcários para a produção de mármore e também no aproveitamento dos afloramentos graníticos com textura e coloração de excelente aceitação mercadológica.

A primeira iniciativa empresarial ligada a rocha ornamental, no Estado do Espírito Santo, deu-se na década de 20, no município de Cachoeiro de Itapemirim, através de beneficiamento secundário (corte e polimento) de materiais provenientes do Rio de Janeiro, São Paulo, Portugal e Itália. Na mesma época inicia-se as primeiras tentativas de beneficiamento primário (serragem) em teares feitos em madeira e movidos a roda d'água. Somente na década de 60, que finalmente, a produção comercial deste segmento efetivamente se consolidou, com destaque a formação de um pólo transformador de rocha ornamental, no município de Cachoeiro de Itapemirim.

Atualmente o segmento de rochas ornamentais representa um dos mais importantes e significativos da economia do Espírito Santo, colocando no mercado mais de 100 tipos comerciais de produto, variando desde as rochas calcárias suscetíveis ao polimento, denominadas de mármore até as silicáticas, com nomenclatura genérica de granito. O Estado abriga todas as atividades da cadeia de produção do setor, além da maioria das atividades de apoio, como, fabricantes e fornecedores de máquinas, equipamentos e outros insumos industriais e prestadores de serviço.

(1) Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Rio de Janeiro, Brasil

2. GEOLOGIA

Os granitos ocorrem praticamente em todos os municípios do Espírito Santo, enquanto os mármoreos estão localizados no sul, exclusivamente, nos municípios de Cachoeiro de Itapemirim e Castelo. Aproximadamente 90% dos pedidos de autorização de pesquisa protocolizados para o Espírito Santo visam a descoberta de jazidas de granito industrial.

Do ponto de vista comercial, além do granito propriamente dito, no Espírito Santo são também incluídas nessa categoria outros tipos de rochas ornamentais afins, como gnaisses, charnoquitos, granodioritos, gabros, dioritos, migmatitos, etc.. Considerando todo esse universo, o panorama global das reservas é da ordem de 630 milhões de m³, distribuídos municipalmente conforme apresentado na Tabela 1.

No caso dos mármoreos, as reservas medidas em números estimados somam um total de 260 milhões de m³. Desse total, cerca de 95% estão concentrados no município de Cachoeiro de Itapemirim, sendo que o restante fica distribuído nos municípios de Castelo.

Tabela 1 - Distribuição municipal das reservas

MUNICIPIO	VOLUME (X 1000 M ³)
Afonso Cláudio	387
Alegre	1 569
Aracruz	569
Atilio Vivacqua	157
Baixo Guandu	117 428
Barra de São Francisco	8 000*
Boa Esperança	1 034
Cachoeiro de	146 169
Itapemirim	146 300
Castelo	117 990
Colatina	660
Conceição de Castelo	6 122
Ecoporanga	1 302
Guarapari	160
Ibiraçu	75
Iunas	77 713
Mimoso do Sul	108
Muqui	1 873
Nova Venécia	46
Pancas	35
Santa Teresa	187
São Gabriel da Palha	42
São José do Calçado	89
Viana	628 000
TOTAL	

(*) Estimativa atualizada

3. EXTRAÇÃO

Cerca de 35% da produção de rochas ornamentais do Brasil na forma de blocos, é proveniente do Espírito Santo, devido principalmente às condições favoráveis em termos de infra-estrutura, de tradição e de mercado seja interno ou externo.

Como conseqüência da instalação de um pólo transformador de matéria prima mineral, em Cachoeiro de Itapemirim; as empresas ali sediadas passaram como caminho natural de sua evolução, a oferecer materiais alternativos àqueles do mármore, e introduzindo no mercado nacional alguns granitos a partir da lavra de jazidas de matações próximas, como os granitos cinza. Além destes, também surgiram materiais provenientes do Norte do estado, como é o caso dos gabros, oriundos de São Gabriel, e os charnockitos de Baixo Guandu.

Em meados da década de 80, surgiram os materiais amarelos, verdes e brancos, espalhados por diversos municípios da região, que constituem hoje uma das principais zonas produtoras de blocos de materiais brasileiros comercializados no mercado nacional e internacional. Esta produção é resultado da atividade de um grande número de pedreiras que adotam metodologias de lavra o mais variado possível, desde a lavra por matações com produções da ordem de 50 m³/mês, até por bancadas múltiplas que chegam a atingir níveis de 3.000 m³ mensais.

Várias atividades de extração são desenvolvidas a partir da lavra de matações, onde na grande maioria dos casos não existe nenhum tipo de metodologia e planejamento dos trabalhos de extração para identificação de suas variações estruturais, textura, cor e volume. Por outro lado, existem casos raros de pedreiras consideradas modelos pelas metodologias de lavra e tecnologia adotadas, onde podemos destacar a pedreira de granito amarelo veneciano, localizada no município de Nova Venecia, considerada a maior pedreira em atividade no País, na qual são utilizados modernos equipamentos e adotadas avançadas técnicas de extração e metodologia de lavra.

4. BENEFICIAMENTO

O desdobramento dos blocos de mármore e granito no Espírito Santo e no Brasil é feito por teares convencionais à granalha, na sua quase totalidade, e subsidiariamente por talha-blocos, equipamentos destinados ao aproveitamento de blocos de pequenas dimensões. Os teares diamantados, utilizados principalmente no desdobramento dos mármore, são modelos antigos e apresentam uma ociosidade muito elevada.

No caso do granito, praticamente 100% do desdobramento é feito em teares convencionais, com predominância do tipo G-2, o qual possui largura de 2,5 m. Os principais motivos pela adoção deste modelo, reside no fato de preenchimento da carga com um único bloco, no menor investimento e custo de instalação reduzido.

Devido a grande oferta de blocos, além de uma predominância de granitos “macios”, os teares do tipo G-2 tornam-se extremamente competitivos, quando feita uma análise custo-benefício. No caso das indústrias de desdobramento de maior capacidade produtiva, observa-se um processo de modernização representado pela substituição por teares tipo Jumbo, com larguras a partir de 3,5 m. No Espírito Santo, onde estão instalados cerca de 50% de todos os teares, uma grande parte tem idade superior a 15 anos.

Quanto ao beneficiamento secundário (corte e polimento), observa-se uma rápida adoção de técnicas mais avançadas de processamento, com emprego de equipamentos mais modernos, proporcionado pela importação de máquinas, evolução dos equipamentos produzidos pela indústria nacional e adoção de insumos de última geração (abrasivos diamantados).

5. QUADRO PRODUTIVO

A economia do Espírito Santo vem-se modernizando com razoável dinamismo, nesta última década. Encerrado o tempo de implantação dos grandes projetos de celulose e siderurgia, dentre outras ações, consolida-se a implantação do Corredor Centro-Leste, visando transformar o Estado em um grande pólo de comércio exterior. A ampla intra-estrutura portuária existente no Estado e a interligação da ferrovia Vitória-Minas com a rede ferroviária implantada na região central do país, possibilita o escoamento da produção a custos competitivos.

A indústria de rochas ornamentais do Espírito Santo está presente em todos os segmentos e oferece praticamente todos os produtos possíveis de serem elaborados a partir do mármore e do granito. Sua maior produção entretanto está concentrada nas etapas iniciais do ciclo de transformação, sendo que os principais produtos ofertados são blocos brutos, chapas brutas ou semi-elaboradas e ladrilhos sob medida. Segundo recente estimativa realizada pelo SINDIROCHAS, este segmento é formado por cerca de 700 empresas divididas entre os diversos ramos que constituem o seu complexo produtivo, que vai desde a extração mineral até o beneficiamento dos produtos.

A grande maioria dessas empresas pode ser classificada como de micro, pequeno e médio porte, pois são poucas aquelas que apresentam mais de 100 empregados. Como fonte de emprego, o setor é também bastante expressivo, gerando diretamente somente nas atividades de extração e industrialização, cerca de 9 000 postos de trabalho.

Estimativas feitas com base nos volumes movimentados, na capacidade de produção instalada no Estado indicam que são negociados valores da ordem de US\$ 350 milhões por ano, somente nas transações com matéria prima, semi-elaborados e produtos acabados, sem considerar os negócios que envolvem máquinas, equipamentos, ferramentas e outros insumos industriais.

De acordo com os dados estatísticos do SINDIROCHAS (Sindicato Patronal do Espírito Santo), conclui-se que a grande maioria, cerca de 73% são empresas situadas na Região Sul. A representatividade da região Norte é de 19% e a Grande Vitória em 8%, aproximadamente.

Quanto ao perfil regional da atividade produtiva das rochas ornamentais, nota-se que 60% das empresas que estão instaladas na Região Norte, destinam-se a atividade de extração. Já na Grande Vitória, 80% dedicam-se a atividade de beneficiamento secundário. As empresas do Sul estão distribuídas nas atividades de extração, beneficiamento primário e secundário.

São extraídos cerca de 800 mil m³ por ano no Estado, distribuídos em 67% para o Sul do estado, ficando o Norte com o restante. Em todas as outras atividades, a Região Sul concentra a maioria da produção do setor do Estado, ou seja, cerca de 95%, tanto no beneficiamento primário (serraria), como no secundário (marmoraria), os quais correspondem a aproximadamente 19 milhões de m² por ano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se uma alta concentração da produção de todo o setor no sul do Estado. Nesta região, as atividades de exploração já estão bastante exploradas, sendo desenvolvido um grande número de empresas, fazendo com que novos investimentos sejam direcionados para as atividades de beneficiamento.

Na região da Grande Vitória, nota-se a presença de empresas do setor cujo objetivo principal é o desdobramento e o beneficiamento visando o comércio exterior. A grande vantagem da região é a proximidade com os portos, além dos incentivos e infra-estrutura para a instalação de serrarias e marmorarias.

O norte do Estado vem despontando na extração do granito e ainda timidamente, no desdobramento. A atividade de marmoraria do norte direciona sua produção para o consumidor final, diferente da região sul onde há grande número de marmorarias que fazem somente o polimento.

A região sul do estado encontra-se na vanguarda dentro dos aspectos de mercado, fato este explicado, devido a toda uma estrutura já formada para atividades complementares do setor. A região dispõe de entidades como Senai, Sesi, Cetemag, Sindirochas, Sebrae, fornecedores já instalados e toda uma estrutura de comercialização que chegou e se fortaleceu ao longo dos 30 anos de vida comercial do mármore e granito do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU A .; CARVALHO, D., 1994. A Força das Pcdras. Tecmaran
- ALENCAR, C.R.A; CARANASSIOS, A. ; CARVALHO, O. L. C., 1996. Estudo econômico sobre rochas ornamentais, tecnologias de lavra e beneficiamento. V.3, Instituto Euvaldo Lodi, Fortaleza, Agosto.
- CARANASSIOS, A ., 1989. Panorama da Industria de Rochas Ornamentais no Brasil. Convegno Internazionale su: Situazione e Prospettive dell 'Industria Lapidea. Cagliari, Abril.
- CARANASSIOS, A. 1993. *Applicazioni di tecnologia avanzata per il taglio di granito*. Tese de doutoramento. Universidade de Cagliari, Cagliari.
- DNPM/CPRM/MME, 1991. Principais Depósitos Minerais do Brasil. Volume IV parte A, Brasília/DF.
- FINDES/IDEIES, 1998. Diagnóstico e Atualização do Cadastro do Setor de Mármore e Granitos do Estado do Espírito Santo. Dezembro.

ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

JULIO CESAR MENDES⁽¹⁾

HANNA JORDT EVANGELISTA⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial atual de rocha ornamental é de cerca de 50 milhões de toneladas/ano, representando um valor de US\$ 9 bilhões de rochas brutas e de US\$25 bilhões de chapas polidas. No ano 2000 as exportações brasileiras alcançaram US\$ 271 milhões em material bruto e acabado.

O Estado de Minas Gerais, com uma participação de mais de 30%, é um dos maiores produtores brasileiros da atualidade. Verde Maritaca, Rosa Raisal, Café Imperial e Granito Kinawa são alguns exemplos de rochas ornamentais produzidas em Minas Gerais e que são bem conhecidas em todo o mundo. Além de granito ornamental, o Estado de Minas Gerais é um grande produtor de ardósia (cerca de 20% da produção mundial), quartzito e pedra-sabão para o mercado nacional e internacional e, também, mármore e serpentinito.

Com relação à balança comercial mineral, as exportações de rochas ornamentais têm-se mostrado como de grande importância para o Brasil. Atualmente, ocupam o quarto lugar na pauta de exportação brasileira de bens minerais primários, atrás apenas do ferro, bauxita e manganês, e à frente do caulim. As rochas ornamentais seguem principalmente para a Itália, Espanha e Alemanha, enquanto que os manufaturados se destinaram principalmente para os Estados Unidos, Japão, México e Argentina. Na Figura 1, podem ser observadas as principais regiões produtoras de rochas ornamentais do Estado de Minas Gerais.

Este trabalho apresenta os principais tipos de rochas ornamentais de Minas Gerais, além de um estudo petrográfico e geológico mais detalhado de alguns materiais típicos deste estado.

(1) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais - Brasil

2. AS ROCHAS ORNAMENTAIS EM MINAS GERAIS

Embora a utilização de rochas ornamentais na construção civil seja uma tradição milenar, no Brasil esta atividade teve um crescimento significativo somente nos últimos quinze anos. Apesar dos granitos ornamentais brasileiros serem considerados, atualmente, dos mais belos do mundo, os trabalhos de exploração destinam-se principalmente à produção de blocos para as serrarias de outras partes do mundo. Nos últimos cinco anos, no entanto, foi montado um grande parque de serraria e polimento de chapas de granito no Estado do Espírito Santo, visando principalmente o mercado externo. Isso certamente possibilitará mudanças no quadro de exportações brasileiras.

A extração de blocos de rochas ornamentais no Brasil é, na sua grande maioria, procedente de jazimentos associados a grandes matacões (*boulders*) e, só em alguns casos, verifica-se a produção de blocos a partir de maciços rochosos. Geralmente, a frente de lavra evolui dos matacões dispersos no terreno para as encostas, onde inicia-se a pedreira no maciço. No Brasil, a exposição dos maciços rochosos na superfície é o resultado de condicionantes geomorfológicos, aliados às características físico-químicas da rocha, que são responsáveis pela formação dos relevos. Já a maioria dos depósitos constituídos por matacões são formados por processos intempéricos atuantes nos maciços fraturados (Brandão *et al.* 1991).

No Estado de Minas Gerais, a exploração de rocha ornamental iniciou-se próximo a Ouro Preto (Figura 1), nas jazidas de quartzito e de mármore. Apesar da pedra-sabão ser retirada para confecção de painéis de pedras e utilizadas nas construções barrocas de Ouro Preto há mais de três séculos, somente nos últimos vinte anos iniciou-se uma exploração racional visando a produção de chapas para lareiras. Hoje, Minas Gerais é um dos grandes produtores mundiais de pedra-sabão. Na região de Ouro Preto, os serpentinitos e esteatitos (pedra-sabão) são rochas metaultramáficas de idade arqueana pertencentes ao *greenstone belt* Rio das Velhas. Na construção civil, os serpentinitos, de maior dureza, podem ser utilizados inclusive em pisos, enquanto a pedra-sabão é empregada principalmente para revestimento de paredes, devido a sua baixa resistência à abrasão. Enquanto a pedra-sabão é de cor acinzentada homogênea, o serpentinito é manchado em tons de verde, verde amarelado ou quase negro. A distribuição dos matizes é irregular o que confere uma rara beleza ao serpentinito.

Há cerca de quinze anos, descobriram-se grandes jazidas de granitos ornamentais de coloração esverdeada na região de Itapecerica, Campo Belo, Cláudio e Oliveira, em Minas Gerais (Figura 1). Pode-se dizer que estas descobertas constituíram um marco para a produção brasileira, pois, a partir daí, o Brasil passou a ser reconhecido como um grande produtor mundial.

Outro grande salto na produção de rochas ornamentais no Brasil aconteceu no setor de ardósia. Minas Gerais é responsável pela quase totalidade da produção nacional. Nos últimos cinco anos, a região de Sete Lagoas, onde está inserido o Município de Papagaios, saltou de uma produção para o mercado doméstico, para abocanhar cerca de 20% do mercado mundial de pisos, telhas e mesas de bilhar.

Entre os quartzitos, tem-se o extraído próximo a Cidade de Ouro Preto, comumente mostrando manchas avermelhadas sobre um fundo esbranquiçado. A denominada Pedra São Tomé é um quartzito com granulação média, coloração amarelada pálido, que é explotado na região de São Tomé das Letras, na região sul de Minas Gerais. A Pedra Mineira, um quartzito de coloração esbranquiçada, é oriunda da região de Alpinópolis.

Quanto a mármore, no Estado de Minas Gerais há duas pequenas jazidas. Uma situa-se próximo à cidade de Ouro Preto (mármore do Cumbi) e outra, no município de Córrego Dantas.

Granitos ornamentais são explotados em vários locais na região de Candeias - Itapecerica – Formiga - Campo Belo - Oliveira (Figura 1), podendo ser citados os denominados **Lilás Gerais**, proveniente de Pedra do Indaiá; o **Violeta Tropical** e o **Verde Lenice**, de Candeias; o **Verde São Francisco**, de Oliveira e o **Verde Tropical**, de Aguanil. Todos estes tipos fazem parte da série de coloração esverdeada, algumas vezes mostrando estruturas metamórficas e chamada de **série verde movimentada**, típica do Estado de Minas Gerais. Um tipo de rocha ornamental mineira apreciada em todo o mundo é o denominado **Granito Kinawa**, da região de Itapecerica/Cláudio, mostrando uma coloração avermelhada e um fundo levemente esverdeado, com uma intensa movimentação e constituindo belíssimos desenhos semelhantes ao movimento de uma onda. Além destas colorações de granitos, pode ser citado o **Verde Maritaca**, de Candeias, mostrando matiz esverdeado e um fundo levemente amarelado, uma das rochas ornamentais mais caras de todo o mundo.

O **Café Imperial** ou **Brown Café** é explotado na região de Caldas, no sul de Minas Gerais, mostrando grandes cristais de feldspatos de coloração acastanhada. O **Giallo Califórnia** de Dolores de Guanhanes, o **Verde Labrador** de Conselheiro Pena/Mantena, o **Verde São Francisco** de Oliveira e Mantena, o **Verde Lavras** do município de Lavras e o **Amarelo Medina** de Medina são apenas alguns outros exemplos da diversidade de tipos de granitos ornamentais explotados nas várias regiões do Estado de Minas Gerais.

3 EXEMPLOS DE ROCHA ORNAMENTAL DE MINAS GERAIS

3.1 GRANITO

Os tipos de granitos ornamentais de Minas Gerais são muito variados, predominando os de cor rosa e esverdeada, considerados como clássicos no mercado mundial de rochas ornamentais. Os granitos homogêneos, exemplificados neste trabalho com o **Amarelo Medina**, são tipicamente magmáticos, isto é, não foram afetados por nenhum evento deformacional ou metamórfico, caracterizando-se pela homogeneidade de granulação, de cor e de estrutura. Um outro tipo são os chamados granitos movimentados, exemplificados pelo **Rosa Raisa** e **Giallo Califórnia**, que se caracterizam por uma foliação metamórfica e pelos veios de granulação mais grossa que os recortam. Estes são granitos do tipo sintectônico ou que foram submetidos, após a sua cristalização magmática, a um evento tectono-metamórfico responsável pela geração das estruturas deformacionais e texturas metamórficas.

3.2 GRANITO ROSA RAISA

O Granito **Rosa Raisa** é explotado em Marilândia, uma pequena cidade entre Itapeçerica e Cláudio (Figura 1). É um representante típico da série movimentada, tratando-se de uma rocha bandada, constituída por níveis acastanhado e um fundo róseo.

Regionalmente, o Granito **Rosa Raisa** está encaixado nas litologias pertencentes ao Grupo Barbacena, de idade arqueana. Este grupo é constituído por gnaisses bandados e laminados (essencialmente graníticos a tonalíticos, podendo passar para termos mais pobres em quartzo), granitóides graníticos indeformados, anfíbolitos, metagabros e metaultrabasilos (Pedrosa-Soares *et al.* 1994). O Granito **Rosa Raisa**, pertencente à série movimentada, está inserido entre os gnaisses bandados e laminados de composição granítica.

Trata-se de um granito foliado, de cor predominantemente rosa. Apresenta fraca xistosidade e bandamento incipiente, resultante da alternância de camadas de espessura centimétrica de cor rosa com composição álcali-feldspática e camadas cinza esbranquiçadas, onde se concentram biotita e plagioclásio. Esta rocha é recortada por veios de cor rosa e espessura centimétrica (até 10cm), compostos por feldspatos e quartzo de granulação

mais grossa (em média 2,0 cm de diâmetro). Estes veios são discordantes da foliação geral e os seus contatos com a encaixante são gradacionais.

Ao microscópio sua textura é granular anédrica e o principal mineral é a microclina pertítica, que apresenta maclas em grade muito bem desenvolvidas. O plagioclásio porta escassas maclas polissintéticas segundo a lei da Albita e está mais alterado do que a microclina. Sua alteração é em sericita e em um material acastanhado, possivelmente um argilo-mineral. O quartzo caracteriza-se pela forma côncavo-convexa. A biotita constitui palhetas subédricas e pleocróicas em tons de castanho. Junto aos veios de granulação grossa ela está substituída por clorita, epidoto, carbonato e titanita. Os minerais acessórios são zircão, apatita, minerais opacos e allanita.

Os veios de granulação grossa são compostos por ortoclásio/microclina com maclação em grade pouco desenvolvida e pertita abundante. Dentro do álcali-feldspato encontra-se quartzo arredondado e, às vezes, plagioclásio pequeno. Quartzo também aparece como inclusão nos cristais maiores de plagioclásio, como cristais intergranulares ou sob a forma de mimerquita. A biotita é muito rara nestes veios e está quase totalmente cloritizada.

3.3 GRANITO AMARELO MEDINA

A nível geológico regional, esta rocha ornamental é definida como um granitóide sintectônico pertencente ao Cinturão Atlântico na porção nordeste da Faixa Araçuaí, de idade Brasileira (@500 Ma). Na região de Medina, os corpos constituem extensos maciços heterogêneos, de estrutura orientada ou homófona, compostos por granada granitóides, granitóides porfiríticos com fenocristais de feldspato potássico, granitóides com cordierita e/ou sillimanita e granitóides ricos em encraves microgranulares meso- a melanocráticos. Tais rochas constituem, em grande parte, anatexitos derivados dos complexos gnáissicos que a eles se associam (Pedrosa-Soares *et al.* 1994). Inserido neste contexto geológico são explotados vários tipos de rochas ornamentais, podendo ser exemplificado o granitóide levemente azulado (com cordierita) de Padre Paraíso. O **Amarelo Medina** é explotado em maciços homogêneos e isotrópicos.

Petrograficamente trata-se de um granito maciço de granulação média, não-foliado, com coloração predominante rosa conferida pelo álcali-feldspato e salpicado com esparsos cristais brancos de plagioclásio e palhetas negras de biotita.

Ao microscópio, sua textura é tipicamente ígnea, equigranular subédrica, com uma granulação média de 5mm. A microclina aparece com a sua típica macla *tartan* muito bem desenvolvida e porta inclusões de pequenos cristais euédricos de plagioclásio, os quais apresentam uma auréola albitica. O plagioclásio não incluso em álcali-feldspato é subédrico, tem maclas polissintéticas segundo a lei da Albita e uma fraca sericitização. O quartzo ocorre em cristais anédricos, que se moldam aos interstícios entre os demais minerais. A biotita é castanha, euédrica a subédrica e está parcialmente cloritizada. Os minerais acessórios são zircão, monazita e opacos, e os secundários, clorita e mica branca. A ordem de cristalização dos minerais principais, que pôde ser determinada com base em critérios de inclusão e nas relações de idiomorfismo entre os cristais, seguiu a clássica Série de Bowen, com plagioclásio e biotita cristalizando-se primeiro e, na seqüência, álcali-feldspato e finalmente quartzo.

3.4 GRANITO GIALLO CALIFÓRNIA

O granito **Giallo Califórnia** está encaixado no Complexo Guanhões, de idade arqueana, composto por granitóides, gnaisses bandados, migmatitos, metamáficas e metaultramáficas com formação ferrífera e quartzitos (Pedrosa-Soares *et al.* 1994). Na região de Dores de Guanhões, granitóides do tipo Borrachudos, aos quais se correlaciona o granito **Giallo Califórnia**, estão intrudidas neste complexo. O Borrachudos inclui granitos, monzogranitos e sienogranitos, em geral porfiríticos e foliados cuja idade U/Pb foi determinada como 1,7 Ga.

O **Giallo Califórnia** é um granito foliado de granulação média, com uma coloração predominante rosa amarelada e uma foliação conferida pelo alinhamento preferencial planar de palhetas de biotita. Contém veios feldspáticos de espessura na faixa de 0,5 a 1 cm, de cor mais clara amarelada e granulação mais grossa, que se orientam subparalelamente em relação à direção da foliação geral da rocha.

Ao microscópio, sua textura é granular anédrica, com cristais com um tamanho médio em torno de 2 mm, cujos contatos são do tipo côncavo-convexo. Alguns raros cristais de feldspato podem ser subédricos. Microclina é o feldspato predominante. A macla típica em grade tende a ser difusa. Os cristais maiores são pertíticos a mesopertíticos, sendo que as inclusões de albita constituem enxames de pequenas gotas, que se concentram preferencialmente na porção central dos cristais. O plagioclásio tem maclas polissintéticas segundo a lei da Albita e, às vezes, macla de Carlsbad.

Quartzo é granular côncavo-convexo e a sua granulação é mais variável do que a dos feldspatos. A biotita é castanha, subédrica e raramente tem alteração em clorita. Os minerais acessórios são fluorita, zircão, opacos e allanita. Os secundários são mica branca e clorita.

4. GRANITOS DO CENTRO PRODUTOR CALDAS

Os granitos da região de Caldas e Santa Rita de Caldas, no sul do Estado de Minas Gerais, podem ser agrupadas em três tipos litológicos principais: sienito, granito e gnaiss migmatítico e/ou milonítico. Os granitos pertencem ao Complexo Pinhal, gerado no ciclo tectonometamórfico Brasileiro (Wernick & Penalva, 1980). Ao Complexo Pinhal pertencem as rochas ornamentais comercialmente conhecidas como Jacarandá Coral, Multicolor, Vermelho Verônica e Vermelho Coral.

O sienito que constitui os tipos Café Imperial (Brown Café) e Marrom Caldas pertence ao maciço sienítico da Pedra Branca, descrito por Winters & Ebert (1978). Geneticamente é provável que seja correlacionável ao complexo alcalino de Poços de Caldas. Segundo Winters & Ebert (1978), o corpo apresenta uma certa variação petrográfica do centro para a borda. No centro ocorrem rochas supersaturadas com pequenos teores de quartzo, sendo os máficos hornblenda e augita. As rochas da borda do maciço já são fracamente subsaturadas e portam egirinaugita ao lado de biotita e, em um caso, até nefelina.

Sienito - É a rocha ornamental explorada em maior número de pedreiras e de valor comercial mais alto, sendo representado pelo Café Imperial, cuja cor é o marrom-escuro ou marrom-avermelhado, e sua variedade mais clara, com tonalidade marrom-rosada, denominada Marrom Caldas. As chapas polidas exibem uma peculiar cor marrom devido a diminutas agulhas de ilmenita inclusas no ortoclásio, somente visíveis em seção delgada. O Café Imperial apresenta ortoclásio com típico hábito magmático tabular, cujos cristais, com até 1 cm de eixo maior, apresentam orientação de fluxo magmático, às vezes como que retratando turbilhões. A composição modal (em % volumétrica, determinada ao microscópio por contagem de pontos, Tabela 1) do Marrom Caldas é: ortoclásio (com variações no grau de triclinização e pertitização de pedreira para pedreira) - 71,6 a 76,3; clinopiroxênio verde - 12,1 a 20,6; biotita castanho-avermelhada ou amarelada - 1,5 a 3,7; hornblenda (secundária) - 0 a 2,9; apatita - 1,6 a 3,9%; titanita - traços até 2,9; opacos - 1,8 a 3,7; zircão - traços. O Marrom Caldas distingue-se por apresentar quartzo (3,5%), teor maior de hornblenda secundária (14,2) e menor de clinopiroxênio (3,7), além do ortoclásio (70,8), apatita (3,4), titanita (1,8), opacos (2,6) e traços de zircão (Jordt-Evangelista *et al*, 2001a, b).

Tabela 1 - Composição mineralógica das rochas ornamentais da região de Caldas (% em volume). 01 = **Sienito** Café Imperial da Fazenda Pedra Branca; 02 = **Granito** Jacarandá Coral; 03 = **Sienito** Marrom Caldas; 04 = **Sienito** Café Imperial da Bocaina; 05 = **Sienito** Café Imperial; 06 = **Gnaisse migmatítico** Multicolor; 07 = **Gnaisse migmatítico** Vermelho Verônica; 08 = **Gnaisse migmatítico** Vermelho Coral (Jordt-Evangelista *et al*, 2001a, b).

ROCHA MINERALOGIA	GRANITO	SIENITO				GNAISSE MIGMATÍTICO		
	02	01	03	04	05	06	07	08
ÁLCALI-FELDSPATO	43,0	76,3	70,7	71,6	76,1	32,9	21,4	15,9
QUARTZO	25,0	-	3,5	-	-	33,5	39,5	22,5
PLAGIOCLÁSIO	27,0	-	-	-	-	27,6	29,7	43,8
BIOTITA	3,6	3,7	-	1,5	1,8	4,3	6,6	8,0
CLINOPIROXÊNIO	-	13,1	3,7	20,6	12,1	-	-	-
ANFIBÓLIO	-	-	14,0	-	2,9	+	-	7,4
GRANADA	-	-	-	-	-	-	2,0	-
APATITA	+	2,2	3,4	3,9	1,6	+	+	+
TITANITA	-	+	1,8	+	2,9	-	+	-
ZIRCÃO	+	+	+	+	+	+	-	+
OPACO	+	3,7	2,6	1,8	2,1	+	+	1,2
ALLANITA	+	-	-	-	-	+	-	-
CARBONATO	-	-	-	-	-	+	+	+

- mineral ausente

+ mineral presente em traços

Granito s.s. e Gnaisses Migmatíticos - O granito é comercialmente denominado Jacarandá Coral, tem cor rosada e cristais tabulares com até 3 cm de eixo maior de álcali-feldspato. Distingue-se dos gnaisses migmatíticos Multicolor, Vermelho Coral e Vermelho Verônica pela estrutura isotrópica e textura magmática. Só localmente vislumbra-se uma fraca foliação e um aspecto incipientemente movimentado. O Jacarandá Coral compõe-se de (em % volumétrica): microclina 43,0; plagioclásio 27,0; quartzo 25,0; biotita 4. Apatita, zircão, opacos e allanita perfazem 1%. Os gnaisses mostram bandamento mineralógico e feições deformacionais complexas, inclusive de milonitização, enquadrando-se no tipo movimentado. O Vermelho Coral é um migmatito do tipo estromático (bandado), cujo leucossoma não aparenta ter migrado dos sítios em que foi gerado por fusão parcial, sendo difuso o seu contato com as bandas de melanossoma. Multicolor, Vermelho Verônica e Vermelho Coral têm composição modal granodiorítica, sendo compostos por: quartzo - 23 a 40 % em volume; microclina - 16 a 33;

plagioclásio - 28 a 44; biotita - 4 a 8; traços de apatita, opacos, zircão e de carbonato secundário. Adicionalmente, o Vermelho Coral tem 7% de hornblenda; Multicolor tem traços de hornblenda e de allanita e Vermelho Verônica tem 2% de granada e traços de titanita (Jordt-Evangelista *et al*, 2001a, b).

4.1 PEDRA-SABÃO

Atualmente, a pedra-sabão consumida no mundo é produzida na Finlândia, Brasil, Índia, Zâmbia e Zimbábue. Em função de sua aplicação final, ela é chamada de **pedra talco**, quando utilizada para a confecção de objetos de arte e artesanato e de **pedra-sabão**, para painéis e chapas para lareira e construção civil.

Devido a sua baixa dureza, a pedra talco é ideal para a fabricação de artesanato e utilidades domésticas. A região de Ouro Preto é a grande produtora nacional desse tipo de artesanato. No entanto, os artesãos da região começam a ter problemas com o suprimento de pedra-sabão. Isto deve-se ao fato dos blocos aflorantes na superfície já serem raros, havendo necessidade de pesquisa geológica para a determinação dos matacões dispersos no manto de intemperismo ou das camadas inalteradas de metaltramáficas no *greenstone belt* Rio das Velhas.

Devido a seu caráter refratário, a pedra-sabão é ideal para impedir a dispersão de calor nos fornos e lareiras das residências dos países de clima frio. A Finlândia é o maior exportador mundial, especializado em chapas espessas de pedra-sabão para as paredes de lareiras e fornos de aquecimento. Minas Gerais é o segundo produtor mundial, exportando chapas e placas de 3 a 10cm de espessura para esse fim. Em 2000 foram exportados, para os Estados Unidos e países europeus, cerca de 2.000m³, equivalente a 6.000 toneladas ou US\$6,3 milhões. A maior empresa produtora nesta região é a Ouro Preto Pedra-Sabão (OPPS), que exporta a maior parte da sua produção, estando as suas principais jazidas situadas na região de Furquim, Acaiaca, Piranga e Santa Rita de Ouro Preto. A Ouro Preto Arts, situada em Santa Rita de Ouro Preto, exporta cerca de 5 contêineres / mês de chapas para lareiras.

Petrograficamente, os diversos tipos de pedra-sabão apresentam proporções variáveis de talco, clorita de magnésio e, ocasionalmente, carbonato (dolomita), serpentina, pirlita, magnetita ou anfibólios.

4.2 SERPENTINITO

Outra rocha ornamental de grande beleza e rara no país é o serpentinito, com diversas ocorrências na região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. A Chuel Mineração detém os direitos minerários de uma das mais importantes jazidas deste material próximo a Ouro Branco. Tal como a pedra-sabão, o serpentinito também pertence ao *greenstone belt* Rio das Velhas, de idade arqueana, ocorrendo, normalmente, sob a forma de blocos inseridos em rochas gnáissicas. Problemas na exploração desta rocha são fraturas, heterogeneidades e o pequeno porte da jazida. A composição mineralógica é, principalmente, serpentina, mas talco e clorita de magnésio também podem ocorrer. Mais raros são carbonatos, anfibólios e pirita.

Outra pedreira de serpentinito, em Minas Gerais, situa-se no Município de Sacramento. A rocha, de coloração castanho-avermelhada, é denominada **Rosso Sacramento**. A empresa extratora é a LAS - Mineração Ltda, produzindo 100m³/mês.

4.3 QUARTZITO

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de quartzito. A exploração está concentrada nas regiões de Ouro Preto, São Tomé das Letras, Alpinópolis e Luminárias/Carrancas. O quartzito de Ouro Preto mostra coloração avermelhada, esbranquiçada, amarelada ou, mais comumente, associação dessas tonalidades. O de São Tomé das Letras é esbranquiçado, o de Alpinópolis varia de branco a amarelado e o de Luminárias/Carrancas, levemente esverdeado.

A região de Ouro Preto foi a primeira a utilizar rochas ornamentais (quartzito e pedra-sabão) nas construções que ainda hoje podem ser visitadas neste centro histórico. O quartzito do Itacolomi, maciço e de granulação grossa, foi muito utilizado para cantaria e o da região do Taquaral e de Passagem de Mariana, devido a uma xistosidade muito proeminente, ainda hoje é amplamente utilizado para revestimento de pisos e paredes. Hoje, a Serra do Itacolomi é um parque ecológico e não é mais possível retirar o quartzito. Já na região do Taquaral/Passagem de Mariana (próximo ao centro urbano de Ouro Preto) existem vários garimpos e uma mineração (Quartzito Brasil). A variedade avermelhada e laminada, mais valorizada, pertence à Formação Moeda do Supergrupo Minas, do Paleoproterozóico. A nível co-

mercial, esse quartzito em chapa e sem polimento recebe os seguintes nomes: **Pedra Ouro Preto** (em Minas Gerais), **Itacolomito** (em São Paulo), **Sakura** (no Japão) e **Stone Mountain** (nos Estados Unidos). Quando polido, recebe o nome de **Cristal Brasil**. A Quartzito Brasil produz cerca de 100m³/mês, exporta para o Japão, Itália, Áustria, Alemanha, EUA, Canadá e Venezuela e supre a demanda interna de quartzito de coloração avermelhada. O quartzito de Ouro Preto/Mariana tem cor esbranquiçada quando inalterado. A percolação de águas meteóricas lhe confere os matizes amarelados e avermelhados devido a películas submilimétricas (~0,01 mm) de, provavelmente, óxidos/hidróxidos de ferro preenchendo microfaturas ou revestindo grãos. A composição mineralógica média é (em % volumétrica): quartzo - 85%, cianita - 10%, mica branca - 4%, minerais acessórios (opacos, rutilo e zircão) – 1% (Jordt-Evangelista *et al.*, 2001a). Sua foliação é conferida pela orientação preferencial das agulhas de cianita e palhetas de mica. O quartzo apresenta-se granoblástico, variando de interlobado (mais comumente) a poligonal. A sua granulometria varia de 0,2 (nas bandas enriquecidas em cianita e mica) até 0,7 mm. A cianita tem, em média, 0,24 mm de eixo maior, podendo chegar a 0,40 mm.

A cidade de São Tomé das Letras vive em função das inúmeras pequenas jazidas de quartzito. Comercialmente a rocha é conhecida como **Pedra São Tomé**. As placas, com espessura em torno de 2 cm, são relativamente regulares, porém ásperas, sendo muito utilizadas para piso de bordas de piscinas. Devido à proximidade, grande parte de sua produção é consumida na cidade de São Paulo. O quartzito pode ser esbranquiçado (mais comumente), rosa, amarelo, ramado (dendrítico) e chocolate. A composição mineralógica média é (em % volumétrica): quartzo – 94%, mica branca – 6% e traços de minerais acessórios (zircão, opacos, turmalina, clorita e rutilo) (Jordt-Evangelista *et al.*, 2001a). A foliação é decorrente da orientação preferencial planar da mica e do alongamento do quartzo. O quartzo é granoblástico, de contatos interlobados, raramente poligonal. Os grãos têm, em média, 0,42 x 0,26 mm. A mica tem, em média, 0,2 mm de eixo maior, podendo atingir 0,8 mm.

Quanto a região de Alpinópolis, caracteriza-se por quartzito de granulometria muito fina e com uma xistosidade muito proeminente, o que permite a retirada de chapas com espessura menor que 1 cm. Além do revestimento tradicional na forma de pisos, esta rocha é muito valorizada como chapas serradas perpendicularmente à xistosidade (chamadas de filetes) e utilizadas na construção de muros e frentes de casas.

O quartzito de Luminárias/Carrancas é retirado na forma de chapas um pouco mais espessas que os de Alpinópolis. O **Quartzito Luminárias** pode ser verde, amarelo e ramado (dendrítico). O esverdeado contém (em % volumétrica): quartzo – 81%, mica branca 18%, microclina - 1% e traços de zircão, turmalina e opacos (Jordt-Evangelista *et al.*, 2001a). O tipo amarelo tem: quartzo - 91%, mica branca - 9% e traços de zircão, opacos, cianita e turmalina. A rocha possui excelente foliação devido à orientação preferencial planar da mica e do alongamento do quartzo. O tamanho médio dos grãos do quartzo é de 0,53 x 0,36 mm.

Analisando a composição mineralógica dos quartzitos de Ouro Preto, São Tomé das Letras e Luminárias, deduz-se que a fissilidade menos perfeita do quartzito de Ouro Preto/Mariana, quando comparada à dos outros, se deve ao menor teor de mica e maior teor de cianita, cuja clivagem é pior do que a do primeiro mineral. Em termos de cor, o Quartzito Luminárias provavelmente deve sua cor verde ao maior teor de mica (em torno de 18%), pois é o tipo mais micáceo dentre os analisados (Jordt-Evangelista *et al.*, 2001a).

4.4 MÁRMORE

O Estado de Minas Gerais é um pequeno produtor de mármore. Apenas duas jazidas são explotadas, uma na região de Ouro Preto e outra próximo a Córrego Dantas.

Uma rocha ornamental tradicional da região de Ouro Preto é o mármore do Cumbi, explotado pela Minas Pérola no distrito de Cachoeira do Campo (município de Ouro Preto). Esse mármore pertence à Formação Gandarela do Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica. Neste local, além dos trabalhos de exploração, o mármore é serrado, polido, cortado na forma de placas. Comercialmente é denominado **Aurora Pérola** (bege), **Vermelho Jacarandá** (avermelhado), **Aurora Prateado** (cinza com reflexos prateados resultantes de intercalações de películas de filitos) e **Pink** (róseo). Às vezes, a textura apresenta círculos de cor rosa avermelhada em matriz bege, sendo esta variedade denominada **Pink Pele-de-Onça**. Estes círculos são cortes transversais em estromatólitos, que são restos petrificados de colônias de cianobactérias que viviam nos mares precambrianos, nos quais se depositaram os calcários precursores do mármore.

A outra pedra de mármore situa-se na Serra da Saudade, no Município de Córrego Dantas. Os materiais extraídos são comercialmente deno-

minado de **Preto Florido e Verde Jaspe**. Geologicamente, esses mármo-res são integrados à Formação Serra da Saudade do Supergrupo Bambuí.

4.5 **ARDÓSIA**

O Estado de Minas Gerais produz 99% do total de ardósia no Brasil. Em 1999, a produção de ardósia foi de 450 mil de toneladas, resultando em 15 milhões de metros quadrados em produtos acabados e semi-acabados, que responderam por um faturamento de US\$70 milhões. Com 20% da produção mundial, o Brasil vem surpreendendo pelos saltos nas exportações. Em 1999, as vendas externas apresentaram um crescimento de 55% em relação a 1998 e de 155% nos últimos três anos. Este crescimento é motivo de preocupação para os espanhóis, que lideram o mercado mundial. Algumas grandes empresas espanholas, como a Campo e a Pizarras Samaca (ambas com sede na Galícia - Espanha) estão se associando às minerações mineiras, visando fazer *joint venture* para manter o mercado internacional.

As jazidas mineiras têm reservas praticamente inesgotáveis, com 7.000 km² de afloramentos. O grande centro produtor é o município de Papagaios, localizado próximo a Sete Lagoas e da principal malha rodo-ferroviária nacional, tornando fácil o seu escoamento para o mercado nacional e internacional. Em Papagaios, empresas como a Ardósia Barcelos Ltda, WR Comércio e Indústria e as Minerações Letícia e Alto das Pedras, produzem ardósias para pisos e telhados, etc.

A mineralogia das ardósias compõe-se principalmente de sericita, clorita, quartzo, minerais opacos, às vezes argilo-minerais, carbonato e restos de biotita cloritizada.

5. CONCLUSÕES

No Estado de Minas Gerais explora-se, atualmente, um grande número de tipos de rochas ornamentais de excelente qualidade do ponto de vista do moderno mercado consumidor mundial. O potencial do Estado é ainda muito maior, já que, em termos geológicos, a maior parte da sua área é constituída por rochas cristalinas metamórficas e intrusões magmáticas pertencentes a terrenos antigos precambrianos ou aos cinturões tectono-metamórficos mais jovens, de idade Brasileira (@500Ma). Esta imensa pluralidade litológica possibilita variar a produção adequando-a a qualquer mudança na preferência do consumidor nacional ou internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, W.; R. SARDOU FILHO y E. T. QUEIROZ, 1991. Mármore, granitos e outras rochas ornamentais no Brasil. *En: Principais Depósitos Minerais do Brasil* (Ed: C. Schobbenhaus; E. T. Queiroz; C. E. S. Coelho), 4 (A): 370-382.
- JORDT EVANGELISTA, H.; CÉSAR MENDES, J.; VIANA, D.J. – 2001a – Estudo comparativo de quartzitos ornamentais das regiões de Ouro Preto, São Tomé das Letras e Luminárias, MG. *In: XI Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Boletim de Resumos*, no prelo
- JORDT EVANGELISTA, H.; CÉSAR MENDES, J.; VIANA, D.J. & LICCARDO, A. – 2001b – Petrografia das rochas ornamentais de Caldas, Minas Gerais - Brasil. *In: XI Congresso Latinoamericano de Geologia e III Congresso Uruguayo de Geologia. Anais*. no prelo.
- JORDT EVANGELISTA, H.; CÉSAR MENDES, J.; VIANA, D.J. & LICCARDO, A. – 2001c – Petrografia de sienitos, granitos e gnaisses ornamentais da região de Caldas, MG. *In: XI Simpósio de Geologia de Minas. Gerais. Boletim de Resumos* no prelo.
- PEDROSA SOARES, A. C.; M. A. DARDENNE; Y. HASUI; F. D. C. CASTRO y M. V. A. CARVALHO, 1994. Nota explicativa dos mapas geológico, metalogenético e de ocorrência minerais do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000, Belo Horizonte, COMIG (Companhia Mineradora de Minas Gerais), 97pp.
- WERNICK, E., PENALVA, F. 1980 Contribuição à geologia do Grupo Pinhal (SP e MG). *Revista Brasileira de Geociências*, 10, 43-62.
- WINTERS, A.A.M., EBERT, H. 1978 O maciço sienítico da Pedra Branca, Mun. de Caldas, MG. *Anais do XXX Cong. Bras. Geol*, Recife, Vol. 3, p. 1364-1370.
- Pesquisa financiada pela FAPEMIG, projeto CRA-846/98.

ANEXO

ROCHAS ORNAMENTAIS NA REGIÃO DE OURO PRETO

No Estado de Minas Gerais, a região de Ouro Preto foi a primeira a utilizar rochas ornamentais (quartzito e pedra sabão) nas construções que ainda hoje podem ser visitadas neste centro histórico. O quartzito do Itacolomi, maciço e de granulação grossa, foi muito utilizado para cantaria e o da região do anticlinal de São Bartolomeu, devido a uma xistosidade muito proeminente, para a confecção de pisos e paredes destas construções. Hoje, a Serra do Itacolomi é um parque ecológico e não é possível retirar o quartzito. Já na região do Taquaral existem vários garimpos e uma mineração (Quartzito Brasil) explotando esta rocha. A variedade avermelhada e laminada, mais valorizada, é encontrada no anticlinal de São Bartolomeu e pertence à Formação Moeda do Supergrupo Minas. Sua coloração varia de róseo avermelhado ao amarelo, cinza e branco. A nível comercial, em Minas Gerais o quartzito em chapa sem polimento recebe o nome de Pedra Ouro Preto; em São Paulo, Goiás e Distrito Federal, de Itacolomito. Quando polido recebe o nome de Cristal Brasil. A Quartzito Brasil produz cerca de 100m³/mês, exporta para o Japão, Itália, Áustria, Alemanha, EUA, Canadá e Venezuela e supre a demanda interna de quartzito de coloração avermelhada.

Devido a sua baixa dureza e facilidade para a execução de trabalhos artesanais, a pedra sabão foi e ainda hoje é utilizada para a elaboração de trabalhos de acabamento nas construções. A empresa produtora nesta região é a Ouro Preto Pedra Sabão (OPPS), exportando a maior parte da sua produção. As suas principais jazidas localizam-se em Furquim e Acaiaca. Outra rocha ornamental de grande beleza e rara no país é o serpentinito, com diversas ocorrências na região do Quadrilátero Ferrífero. A Chuel Mineração detém os direitos minerários de uma das mais importantes jazidas deste material, situada próximo a Ouro Branco, a qual, porém, não está sendo explotada na atualidade. Tanto a pedra sabão quanto o serpentinito são rochas metaultramáficas pertencentes ao *Greenstone Belt* Rio das Velhas, de idade arqueana, que normalmente ocorrem sob a forma de blocos inseridos em rochas gnáissicas. O pequeno porte dos corpos faz com que as jazidas se esgotem rapidamente, havendo uma constante procura por novas ocorrências de boa qualidade.

Uma rocha ornamental tradicional da região de Ouro Preto é o Már-

more do Cumbi (distrito de Cachoeira do Campo) pertencente à Formação Gandarela do Supergrupo Minas, atualmente explotado pela Minas Pérola. Neste local, além dos trabalhos de exploração, o mármore é serrado, polido, cortado na forma de placas e comercializado sob a denominação de Aurora Pérola (bege), Vermelho Jacarandá (avermelhado), Aurora Prateado (cinza com reflexos prateados resultantes de intercalações de películas de filitos) e *Pink* (róseo). Às vezes a textura apresenta círculos de cor rósea avermelhada em matriz bege, sendo esta variedade denominada *Pink Pele-de-Onça*. Estes círculos são cortes transversais em estromatólitos, que são restos petrificados de colônias de cianobactérias que viviam nos mares pré-cambrianos, nos quais se depositaram os calcários precursores do mármore.

SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CARLOS CESAR PEITER⁽¹⁾

1. RECURSOS NÃO-RENOVÁVEIS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A exploração de recursos naturais não renováveis no Estado do Rio de Janeiro assumiu nas últimas duas décadas importância econômica e social excepcional. O fato mais relevante foi a descoberta do petróleo na plataforma submarina ao largo do litoral de Campos.

Todavia, também têm contribuição significativa os recursos minerais não energéticos, destacadamente a produção de minerais para construção civil, e dentre estes brita e calcário destinado a indústria cimenteira. Especial interesse surgiu recentemente pelas rochas ornamentais exploradas na região noroeste, principalmente nos municípios de Santo Antônio de Pádua, Miracema, Porciúncula, e no limítrofe município mineiro de Pirapetinga.

(1) Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Rio de Janeiro, Brasil

2. GEOLOGIA LOCAL

A formação geológica favoreceu na região uma alteração da que é usualmente encontrada na bacia do Rio Paraíba do Sul ocorrendo, localizadamente, gnaisses milonitizados. A Figura 1 apresenta o mapa geológico do NW do Estado do Rio de Janeiro. Segundo DAYAN (1999), em dados preliminares de pesquisa, os litotipos encontrados são predominantemente classificados como: biotita-gnaisses à biotita-microclina (ortoclásio, possivelmente) -plagioclásio-gnaisses e, por vezes, biotita-granada gnaisses. Estes dão origem à chamada Pedra Miracema ou Olho de Pombo. De maneira geral, são rochas de foliação bem conspícua, planar, de cor predominantemente cinza, especialmente as localizadas na chamada Serra do Bonfim. Já a denominada Pedra Madeira, que ocorre na vizinha Serra do Catete, é um gnaisse rico em microlina, bastante deformado (milonítico), extremamente foliado, pobre em máficos e apresentando fitas de quartzo, com aspecto superficial de coloração e textura que lembra madeiras cruas, daí seu nome.

3. IMPACTOS NEGATIVOS QUE ENVOLVEM A MINERAÇÃO IRREGULAR DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO NOROESTE DO ESTADO DO RIO

A exploração destas rochas cresceu muito a partir do decaimento da atividade agropecuária na região, há cerca de 15 anos. Grande contingente de trabalhadores perderam seus empregos em fazendas e, para sobreviverem, passaram a “viver da pedra”, ou seja, extrair dos maciços aflorantes material para venda na forma de blocos e/ou lajotas de vários tamanhos. É importante salientar que, como os maciços se encontram nas próprias terras das fazendas, sua exploração passou a ser feita ou pelos proprietários das fazendas, ou por estes negociada com autônomos mediante contratos de aluguel pela área requerida, ou no regime de arrendamento com o pagamento de 30 a 40 % da produção ao “concedente”. A totalidade destes contratos são irregulares, por razões conhecidas ligadas à legislação mineral vigente.



Falhas nominadas no texto: 1 – Miracema, 2 – Itajara (-Pirapetinga), 3 – Santo Antônio de Pádua, 4 – Baltazar. Demais localidades como mencionadas no texto

Figura 1 - Mapa geológico (extraído de M. Fonseca – 1998) no NW do Estado do Rio de Janeiro, exibindo o feixe de falhas que ramificam a partir da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul

A produção cresceu nesta década abrupta e desordenadamente, a partir da crescente aceitação das rochas pelo mercado. As operações de lavra e corte fazem, até o presente, uso de técnicas simples e mesmo rudimentares, ocasionando incontáveis problemas, tais como desmonte ineficiente com altos custos e enormes perdas na lavra, a falta de segurança do trabalhador, e importantes impactos no meio ambiente (remoção de vegetação nativa, movimentação desnecessária de enormes quantidades

de solo, disposição incorreta dos bota-foras, lançamento de lamas de serraria com sólidos em suspensão nos cursos de água, dentre outros). As Figuras 2 e 3 mostram a produção artesanal de uma pequena pedreira enquanto as Figuras 4 e 5, detalhes das serrarias.

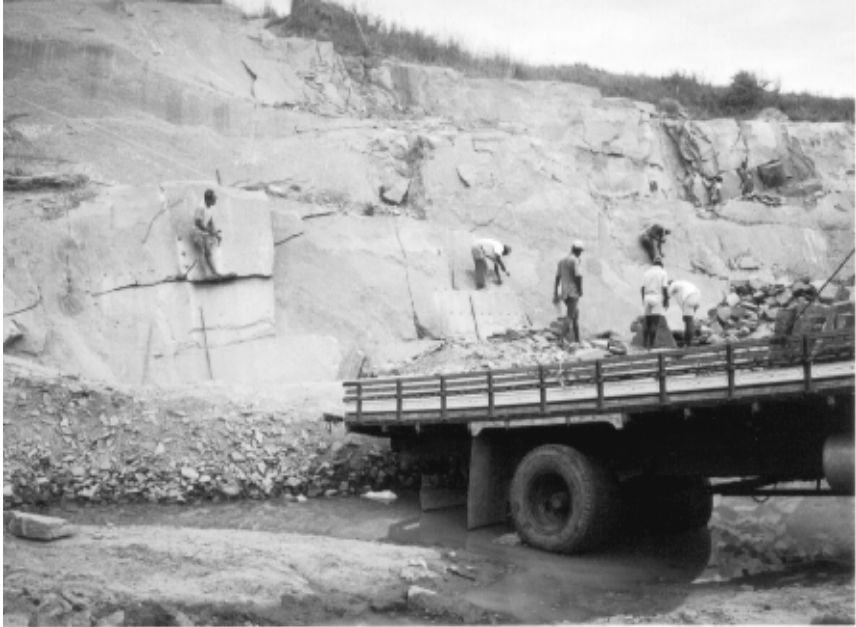


Figura 2 – Panorama de pedreira típica



Figura 3 – Desdobramento manual de blocos



Figura 4 – Corte de lajes em serras de disco diamantado



Figura 5 – Desdobramento manual em “lajinhas”

2. IMPACTOS POSITIVOS

Os impactos mais positivos da atividade são os que se verificam no campo sócioeconômico, visto que as mais de cem empresas conhecidas que produzem blocos e seus produtos beneficiados nas serrarias são responsáveis por cerca de 5 mil postos de trabalhos diretos e indiretos na região considerada como a mais pobre do Estado. Estima-se que no principal município produtor, o de Santo Antônio de Pádua, sejam faturados algo como 30 milhões de dólares por ano com a venda desses produtos.

RETECMIN: uma rede atuando para desenvolver a atividade mineral no estado do Rio de Janeiro

Diante da complexidade da situação, várias agências de governo se uniram para atuar em conjunto e organizadamente na região para:

- Acelerar a legalização de pedreiras e serrarias,
- Efetuar levantamento geológico e zoneamento da produção
- Introduzir melhorias técnicas nas operações de lavra e beneficiamento
- Melhorar a qualidade dos produtos finais e introduzir novos subprodutos
- Introduzir práticas e técnicas que mitiguem os impactos ambientais

A rede RETECMIN é composta pelas seguintes organizações: o Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro -DRM RJ, o Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, o Instituto Nacional de Tecnologia - INT/MCT, o Depto. de Geologia da UFRJ, o Depto. de Engenharia de Materiais da UENF. Através de uma proposta conjunta apresentada ao Programa RECOPE RJ, financiado por FAPERJ e FINEP, e selecionada dentre um universo de outras 70 redes, obtiveram-se recursos para atuação ampla e permanente junto aos mineradores e serrarias da Região de Santo Antônio de Pádua.

3. BUSCA DO CONSENSO E DE COMPROMISSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA MINERAÇÃO NA REGIÃO

Além do apoio de conhecimento técnico, a RETECMIN está propondo a realização de um fórum para a discussão dos problemas e conflitos que envolvem a produção de rochas ornamentais. Esta iniciativa procurará estimular reuniões e debates entre os mineradores e as várias agências, instâncias governamentais e não-governamentais que desejarem contribuir para um plano de sustentabilidade de longo prazo que promova o desenvolvimento da indústria mineral na região noroeste do Rio de Janeiro.

BIBLIOGRAFIA

CETEM/CNPq. Relatório Semestral de Andamento de Projeto da rede RETECMIN RJ. Março de 1999. 35 p.

CETEM/CNPq. Fórum permanente para o desenvolvimento da indústria mineral do Estado do Rio de Janeiro. Folder de apresentação. dezembro de 1999.

PEITER, C.C. Abordagem participativa na gestão de recursos minerais. São Paulo: EPUSP/USP, 2000, 175 p. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Univ. de São Paulo.

DAYAN, H. Relatório Trimestral de Andamento. Depto. De Geologia da UFRJ à RETECMIN RJ. Março, 1999. 3p.

LA PIEDRA NATURAL EN ESPAÑA

MANUEL LOMBARDEO BARCELÓ⁽¹⁾

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de Rocas Ornamentales o Piedra Natural se acerca actualmente los 55 millones de toneladas anuales. España es un país importante a nivel mundial dentro del sector de la Piedra Natural. La producción española, según datos de 2000 (Gráfico 1), se estima entre 6,8 (1) y 7,8 (2) millones de toneladas a pie de cantera. Dentro de la Unión Europea solamente Italia, con 8,5 Mt supera dicha producción (Roc-Máquina, 2000).

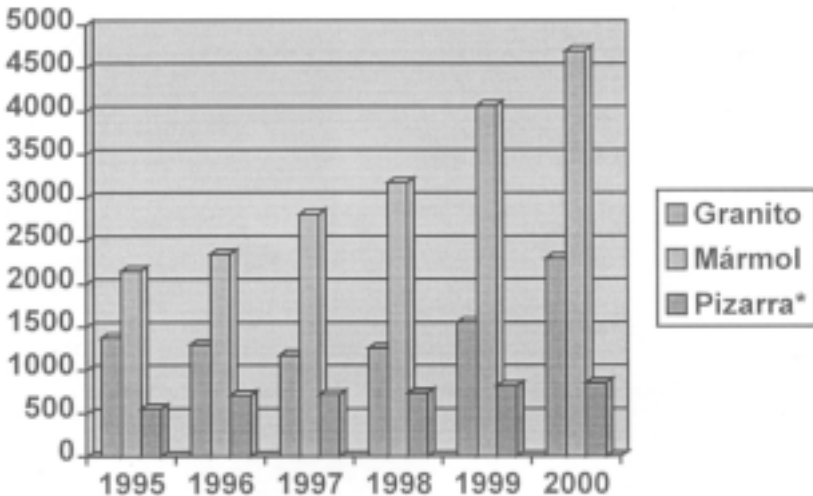


Gráfico 1 - Evolución de la producción española de Piedra Natural, en miles de t. La producción de granito y mármol es de bloques. La producción de pizarra (*) es de tejas y placas para cubiertas. Los datos de 2000 son provisionales. Fuentes: 1995-99, (Roc- Máquina, 2000). 2000 (Federación Española de la Piedra Natural, 2000)

(1) IGME - Instituto Geológico y Minero de España

El principal mercado español es, y parece que continuará siendo, la Unión Europea, si bien la aparición de nuevos productores (Brasil, India, China, etc.) y mercados (Singapur, Corea, Hong-Kong, etc.) cobra cada vez mayor importancia. Por otra parte, España exporta de forma creciente más materiales elaborados y menos en bruto. Este hecho puede dar adecuada respuesta a la competencia que representa la aparición no sólo de nuevos países productores, que ofrecen en su mayoría materiales en bloques más baratos, sino también de otros materiales de construcción, especialmente las plaquetas de pavimentos y revestimientos cerámicos, de las cuales también España es un gran productor mundial (más de 500 millones de m² anuales).

No obstante, la competencia de productos alternativos y de países productores no es el único problema que se le plantea a este sector minero-industrial. Todavía no es suficiente el capital que se invierte en investigación, desarrollo, promoción y comercialización, la fragmentación del mercado consumidor que incluye desde grandes compradores de bloques a consumidores finales, el limitado tamaño medio de las empresas y la fuerte dependencia del sector de la construcción, que a su vez mantiene una estrecha relación con la marcha de la economía de los países, pueden afectar a la demanda futura. Todo ello repercute en el desarrollo de las pequeñas compañías que podrían verse obligadas a optar, o bien por una mayor especialización de sus productos, o bien por una subcontratación, dejando a las grandes empresas los contratos más importantes y los mercados más lejanos.

Además hay que destacar la gran incidencia que la defensa del medio ambiente está adquiriendo en la evolución del sector de la Piedra Natural en los países desarrollados, donde existe una fuerte preocupación por cuestiones como la conservación del paisaje, la eliminación de los residuos, etc. La toma en consideración de estos aspectos lleva aparejados unos gastos de explotación de las canteras que han de afrontar las empresas, tanto mineras como transformadoras, y que sólo serán asumibles si se tienen en cuenta desde el inicio del proyecto.

Una parte muy importante de la producción se exporta, tanto en bruto (bloque) como en semielaborados (tablero) y elaborados (plaqueta). También hay un activo comercio de importación ya que el consumo interno aparente de España es muy alto, del orden de 4,2 Mt.

2. GEOLOGÍA Y YACIMIENTOS

La Península Ibérica tiene una geología muy variada, con afloramientos de rocas pertenecientes al Ciclo Hercínico, que afectó en el Carbonífero a todos los terrenos peri-Gondwánicos, y al Ciclo Alpino. Los materiales del Hercínico afloran en la parte occidental de España y en Portugal, y están compuestos principalmente por rocas sedimentarias y vulcano-sedimentarias del Paleozoico, afectadas, en diferente grado, por la deformación y el metamorfismo hercínicos, y por rocas plutónicas intruídas durante la Orogenia Hercínica (Lombardero y Regueiro, 1992).

Los materiales del Ciclo Alpino (rocas calcáreas y detríticas) afloran en el Este y en el Sur, y también en la Cuenca Lusitánica de Portugal. La Cordillera Pirenaica y las Béticas son ejemplos típicos de cordilleras alpinas, con un antepaís débilmente deformado y una pila de mantos de cabalgamiento de materiales cenozoicos y mesozoicos, que a veces incluye fragmentos y escamas del basamento hercínico. Las cordilleras de tipo intermedio, como la Cordillera Ibérica o las Catalánides, tiene una zona axial de basamento hercínico ígneo-metamórfico y una cobertera mesozoica y cenozoica de materiales fuertemente deformados, pero sin metamorfismo.

Grandes extensiones del centro, NE y W de la Península Ibérica están cubiertas por cuencas detríticas y evaporíticas continentales del Mioceno-Plioceno, prácticamente no deformadas. Tal variedad geológica explica en enorme potencial de Piedra Natural existente en España y Portugal.

Los granitos abundan en el Macizo Hercínico. Desde el punto de vista estructural se diferencian cuatro tipos (Bellido *et al.*, 1987):

- Granitoides no deformados de emplazamiento poco profundo.
- Granitoides deformados de emplazamiento poco profundo
- Granitoides no deformados de emplazamiento profundo
- Granitoides deformados de emplazamiento profundo

Los macizos del primer tipo son los más favorables para Piedra Natural (IGME, 1988). Gran parte de las canteras se sitúan sobre granitoides de este tipo, como las del muy conocido "Rosa Porriño".

Respecto de los mármoles y calizas marmóreas, la Península Ibérica es rica en formaciones calcáreas, algunas de las cuales son importantes litotectos para estas sustancias.

Los mármoles (metamórficos) se extraen casi exclusivamente de las formaciones carbonatadas de la zona interna de las Béticas, en el sureste de España, con bellas variedades de blanco, gris y amarillo. En Portugal, hay importantes yacimientos en el Cámbrico metamórfico del macizo Hercínico, especialmente en el anticlinal de Estremoz, en el oriente del país, de donde procede el famoso “Rosa Portugal”.

Las calizas marmóreas son, sin embargo, el más formidable potencial de rocas ornamentales existente en España. Son formaciones de calizas cristalinas masivas, de colores muy variados, del Jurásico, Cretácico y Eoceno, principalmente. La mayoría de las canteras se sitúan al Este y Sureste de la península. La variedad comercial más conocida es, quizá, el “Crema Marfil”. También hay canteras en Portugal, como en la zona de Pero Piñero, al N de Lisboa.

Aunque las formaciones pizarrosas son muy frecuentes en el registro geológico del Paleozoico del macizo hercínico, solamente algunas de ellas son litotectos de pizarras para cubiertas. Concretamente, dos formaciones de pizarras negras y grises del Ordovícico Medio-Superior (que también se explotan en el sinclinal de Valongo, Portugal) y una de pizarras verdes del Cámbrico.

3. PRODUCCIÓN MINERA

La producción nacional de Piedra Natural en España, en tonelaje, se reparte así: un 27% corresponde al granito, un 49% al mármol, más del 14% a la pizarra y el resto a otras rocas ornamentales.

Conviene recordar que las producciones brutas de granito y rocas marmóreas que figuran en las estadísticas, se refieren por lo general al tonelaje de bloques que salen de cantera. Sin embargo, en el caso de la pizarra se refieren a toneladas de producto elaborado (tejas de pizarra), ya que no existe comercio de bloques, porque cada empresa elabora totalmente la roca extraída en cantera. Si se pretende conocer el tonelaje bruto de bloques de pizarra extraídos, hay que tener en cuenta que el rendimiento del proceso de elaboración (bloque-tejas) es bajo, del orden del 30%.

El valor de la producción, a pie de cantera, es del orden de unos 600 millones de euros (600 M•), de los que sobre el 20% corresponde al granito, el 45% a las rocas marmóreas, el 22% a la pizarra y el 13% restante a «otros».

Los últimos datos de la Dirección General de Aduanas indican que las exportaciones españolas de Piedra Natural (en bloques, semielaborados o elaborados) superan ya los 700 M• anuales.

A continuación, y de forma pormenorizada, se expone la situación actual de los sectores del granito, el mármol y la pizarra en España.

3.1 GRANITO

España es uno de los países más importantes en el mercado mundial de granito tanto en producto en bruto como elaborado. Se poseen importantes reservas de este material (existen más de ochenta variedades comerciales), siendo las tonalidades rosas y grises las predominantes, mientras que los yacimientos de negros y de coloraciones intensas son escasos. Asimismo, España cuenta con una destacada industria elaboradora, que se ha ido desarrollando durante los últimos 15 años, que produce unos 10 millones de m² de tablero anuales, valorados en 370 millones de dólares, si bien todavía se encuentra por detrás de Italia, país que lidera el mercado mundial de elaborados.

La evolución del sector granitero español ha mantenido una clara tendencia de desarrollo durante los últimos 15 años, salvo breves períodos de recesión, en la que ha influido, fundamentalmente, el buen comportamiento de la exportación.

La región española con mayor producción de granito es Galicia, con un 69,5% del total nacional, seguida a una distancia considerable por Extremadura (12,35%), Madrid (11,6%) y Castilla y León (4,2%). Esta clasificación se mantiene en cuanto a las exportaciones de granito en bruto donde Galicia cubre el 90% de las ventas al exterior, y el 47% del total de material elaborado. El País Vasco y la Comunidad Valenciana, sin ser productoras de granito en bruto, ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente, como exportadoras de material elaborado, debido a la existencia en ellas de numerosos aserraderos. La Figura 1 señala las principales áreas productoras.

Dentro del sector granitero hay que distinguir entre las empresas que se dedican a la extracción de material y aquéllas que se ocupan de su elaboración. Las primeras obtienen el producto en bruto que, en bloques, se envía a las naves de las industrias transformadoras españolas o se exporta para su elaboración en otros países. Estas empresas suelen tener un tamaño mediano o pequeño, y se han beneficiado de la introducción de mejoras técnicas (uso del hilo diamantado, aumento de la potencia instalada, etc.) que les ha permitido aumentar su producción.

Las empresas transformadoras constituyen la parte más dinámica del sector. Su localización está libre de la limitación que supone la ubicación del yacimiento y responde a otros criterios (comerciales, ventajas ofrecidas por ayuntamientos, etc.). En general son empresas de mediano tamaño, si bien hay diez o doce que se podrían catalogar como grandes. Su actividad es la elaboración de bloques, que importan o compran en España a los productores. Recientemente se ha observado una tendencia a la verticalización del sector con la adquisición de canteras por parte de las grandes compañías, que les aseguren el abastecimiento o la exclusividad de algunos materiales. Las naves de elaboración van mejorando paulatinamente su maquinaria y procesos, disminuyendo los costes de producción, además de mejorar la calidad de los productos. Las más grandes tienen hasta 40 telares de aserrado instalados.

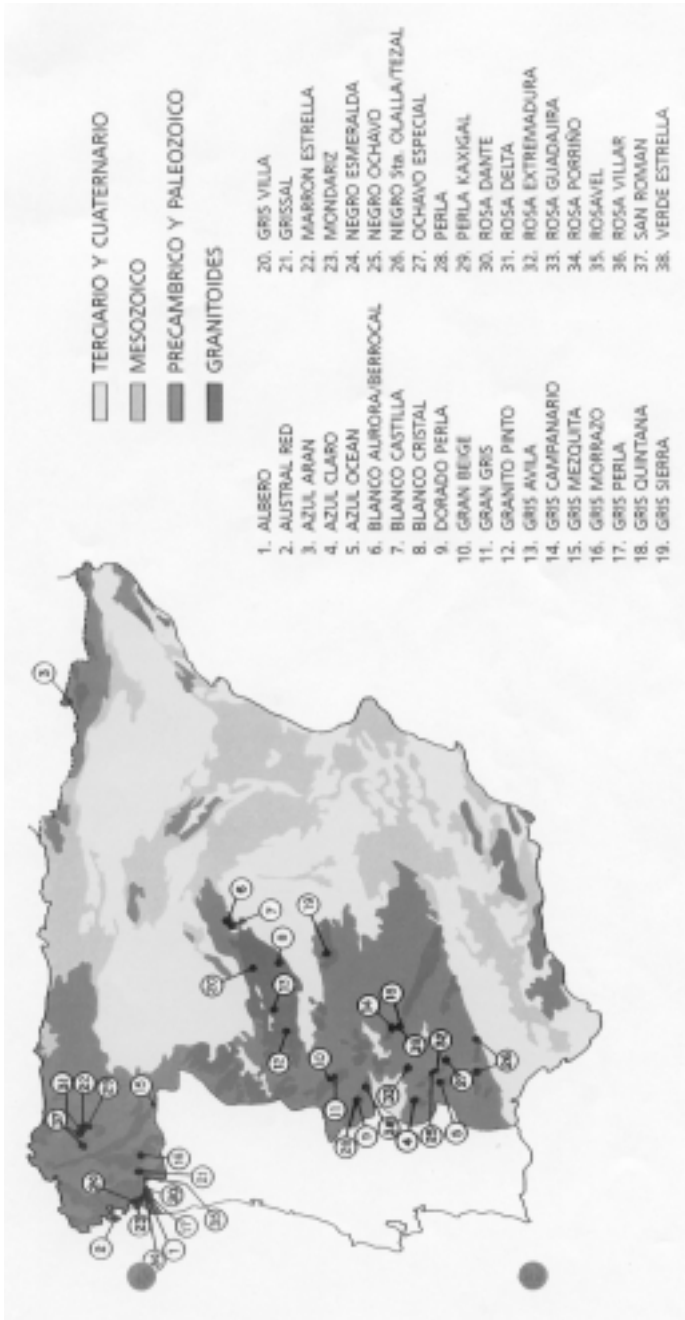


Figura 1 – Principales zonas productoras de granitos em Espaná. Fuente: IGME, 1988.

Las exportaciones por tipos de productos se detallan en el gráfico 2.

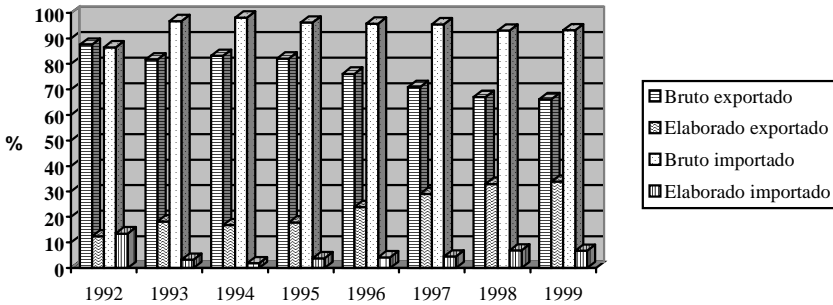


Gráfico 2 - Evolución el comercio exterior del granito en %.

Fuente: (Roc-Máquina, 2000)

Un hecho que ha afectado al mundo del granito ha sido la aparición de nuevos países productores y nuevos productos que han venido a aumentar la fuerte competencia internacional. Los nuevos productores se dedican, fundamentalmente, a la obtención de material en bruto y son, en general, países en desarrollo que apenas han comenzado a explotar sus yacimientos, en condiciones de oferta de mano de obra abundante y barata, y con escasas exigencias en materia de seguridad y conservación del medio ambiente, por lo que el precio de los bloques en origen es reducido. Las productoras españolas han reaccionado con la introducción de importantes avances técnicos, como la extracción mediante hilo diamantado torsionado, que aumenta notablemente el rendimiento y la optimización de los movimientos de la maquinaria y el personal en cantera, disminuyendo al mínimo el consumo de combustible y las necesidades de mano de obra.

3.2 MÁRMOL

La Unión Europea es la principal zona productora de mármol con un 47% del total mundial. Dentro de ella destaca como líder indiscutible Italia, con una producción que representó sobre el 42% del total comunitario; en segundo lugar está España que, con sus más de 130 variedades comerciales (Figura 2), ocupa el segundo lugar con un porcentaje del 18%, seguida por Grecia (14,8%) y Portugal (12,6%).

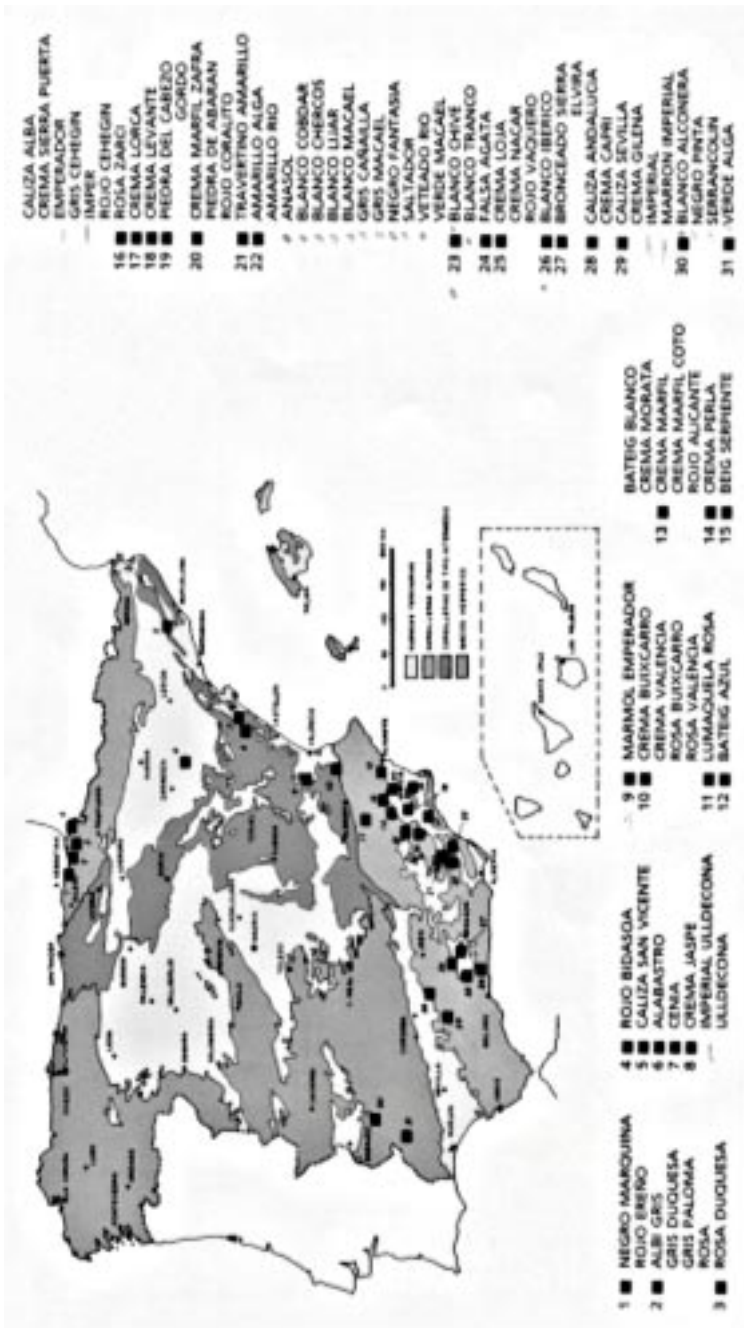


Figura 2 – Principales zonas productoras de mármol, calizas marmóreas en España.

Fuente: IGME, 1989.

El sector del mármol ha tenido una evolución muy positiva en los últimos 15 años, fruto de la enorme inversión de capital realizada en maquinaria e instalaciones, si bien, como el resto del sector de la Piedra Natural, se ha visto afectado por momentos de crisis. La situación actual puede calificarse de buena, puesto que las producciones de las distintas zonas se han incrementado y en los dos últimos años se han superado todas las cotas de producción del periodo 1988-1991, que fue muy favorable. En las comarcas productoras más importantes no hay paro laboral y se han abierto varias canteras nuevas, recientemente.

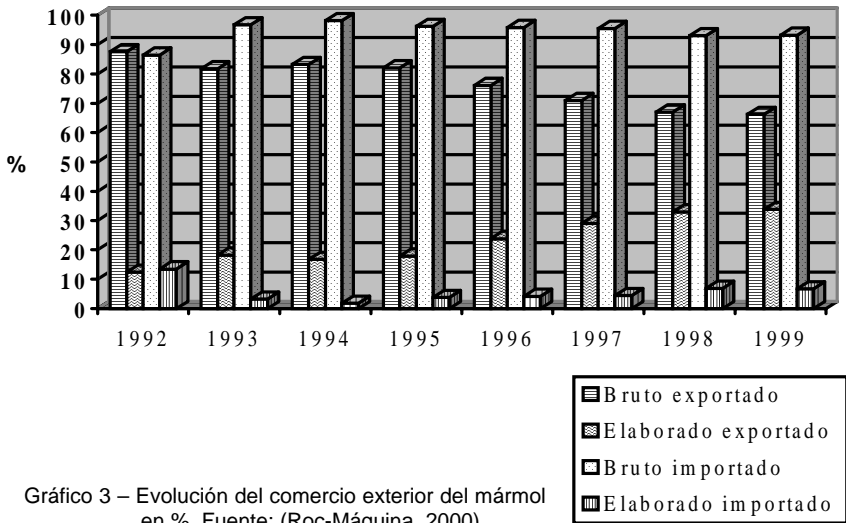
Las exportaciones en los últimos años han crecido de forma espectacular, evitando así lo que podría haber sido una guerra de precios por parte de los productores, como consecuencia de la crisis que ha venido sufriendo el mercado nacional, principal destino del mármol español, tanto bruto como elaborado, si bien hay que señalar su ligera recuperación durante 1997 y 1998.

En España la producción de mármol se concentra casi exclusivamente en cuatro regiones: Andalucía, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y el País Vasco. La mayor parte de la exportación sale de la Comunidad Valenciana que, con porcentajes que se sitúan en el 70,6% del tonelaje vendido al exterior de material bruto y el 83,3% del de elaborado, es líder indiscutible de las exportaciones españolas de mármol, muy por encima de las dos Comunidades que le siguen: Murcia y País Vasco. Asimismo es necesario destacar que, a pesar de su peso en la producción nacional, Andalucía ocupa respecto a la exportación de mármol bruto y elaborado, respectivamente, los lugares séptimo y quinto, muy por debajo de su potencial.

Dentro de la estructura del sub-sector del mármol hay que distinguir entre las empresas que se dedican a la extracción del material (canteras) y las que se ocupan de su elaboración, si bien hay que señalar que la separación entre ambas categorías no es tan pronunciada como en el caso del granito, ya que existe una gran cantidad de explotaciones que cuentan con fábricas de elaboración del material, lo que les permite obtener un mayor valor del producto.

Las canteras de mármol suelen ser pequeñas, salvo en dos zonas, de Alicante (Comunidad Valenciana) y Almería (Andalucía), en que las explotaciones están concentradas. El minifundismo es pues una de las características de las explotaciones lo que se traduce en una pérdida de rendimiento a la hora de extraer material, problema que en Almería se ha aliviado gracias a la concentración de canteras en *unidades de explotación*, compartiendo la maquinaria, red de aire comprimido y red eléctrica.

El gráfico 3 detalla la evolución del comercio exterior de mármol en España.



Las empresas elaboradoras españolas del sector del mármol son generalmente de dimensión pequeña o mediana, pudiendo considerarse como empresas grandes unas cuatro, que son también propietarias de canteras. Las instalaciones de elaboración son muy numerosas en España, siendo necesario destacar, en general, el gran esfuerzo inversor realizado en modernización, que les ha permitido obtener rendimientos y acabados muy competitivos frente a los nuevos mercados.

3.3 PIZARRA

España es el país más importante en el mercado de la pizarra, estando situado muy por encima de Francia, que ocupa el segundo lugar y cuya producción es la novena parte de la española; otros países productores en este sub-sector son Alemania, Reino Unido, Irlanda y EE.UU. Recientemente se han incorporado Canadá, China, Brasil y Argentina, pero con una oferta de pizarra aún muy baja.

En los 20 últimos años, salvo ligeras recesiones que se vienen produciendo cada tres o cuatro años, la evolución de este sector minero-industrial ha sido de notable desarrollo debido, principalmente, al crecimiento

de la demanda de pizarra como consecuencia de la buena marcha del sector de la construcción en los países de la Unión Europea.

La tendencia actual es la disminución drástica de los costes de producción, mediante la mecanización de los métodos de extracción, como el uso de hilo diamantado en el proceso de arranque en las explotaciones que ha supuesto una notable mejora en el rendimiento (aproximadamente un 15-20%) y la automatización del movimiento del material dentro de las naves de elaboración.

La producción española y las exportaciones de pizarra se concentran en Galicia, que produce aproximadamente un 75% del total y Castilla y León, que obtiene un 20-21%. Extremadura y Andalucía aportan el resto de la producción nacional de pizarra (Figura 3). Las dos principales zonas productoras cuentan con unas 90 explotaciones y emplean a unos 5 000 trabajadores (más de 3 000 en Galicia y casi 2 000 en León).



Figura 3 – Litotectos de pizarras para cubiertas.
Fuente: Lombardero y Quereda, 1991.

Estructuralmente, el sector de la pizarra para cubiertas se caracteriza por el alto asociacionismo empresarial y por estar formado, en su mayoría, por empresas de menos de 50 trabajadores (un 33% tienen menos de 25 y un 35% entre 25 y 50), que cubren el ciclo completo de la extracción a la comercialización del producto final.

La pizarra española se emplea, principalmente, en la cubierta de edificios siendo otros usos, como la ornamentación de fachadas o el recubrimiento de suelos, muy secundarios en lo que a producción se refiere. La pizarra que no va destinada a cubiertas tiene una importancia marginal en el sector pizarrero, con una producción que se sitúa en un 3-4% del total español. El consumo principal de este material corresponde al mercado interior, siendo la característica fundamental de las empresas dedicadas a su obtención una estructura minifundista y familiar.

Un problema que comienza a afectar a las canteras más antiguas y de mayor producción es el progresivo agotamiento de las reservas de pizarra explotables a cielo abierto. Por ello, existen ya dos canteras que han pasado a explotarse mediante minería subterránea, con el método de cámaras y pilares y arranque por aserrado directo del banco, mediante hilo diamantado y sierra de disco sobre brazo mecánico articulado.

4. PERSPECTIVAS

Las perspectivas del sector del granito para el comienzo del tercer milenio son buenas, aunque se enfrenta a una serie de retos para el futuro. La competencia a nivel internacional va en aumento, afectando tanto a las industrias transformadoras como a las extractivas, aunque más directamente a estas últimas al haber aumentado el número de países productores de material en bruto. Frente a este hecho, la reacción del sector ha sido la de disminuir los costos de producción mediante la introducción de nuevas técnicas de laboreo de las canteras y de elaboración del material y con una agresiva política publicitaria y comercial de incremento de las ventas, intentando captar cuota de mercado a otros productos de construcción, como la plaqueta cerámica.

En cuanto al mármol, y a pesar de la mejora generalizada de la economía española que se está produciendo, al sector se le plantean una serie de retos ante el futuro a los que deberá hacer frente si pretende seguir con la tendencia de crecimiento que se ha registrado durante los últimos años. Hay que señalar en este sentido la aparición de nuevos países productores que han comenzado a actuar en el mercado con estrategias ciertamente agresivas, y la competencia de productos alternativos (como en ciertos casos el granito gris claro) que pueden combatir al mármol usando armas como el precio o sus características físicas.

La reacción del sector parece haberse producido encaminándose hacia estrategias que van desde la elaboración de nuevos productos que respondan a los precios medios de venta que el mercado está imponiendo para construcciones masivas, revalorizándose así en la medida de lo posible el mármol tradicional y de calidad, así como aplicando una política de inversión tanto tecnológica como de reciclaje profesional que, junto con una mayor especialización, redunde en una mayor calidad, mejor comercialización, desarrollo de mercados exteriores y fomento del asociacionismo sectorial.

Respecto al futuro de la pizarra, hay que señalar que se espera continuar con el elevado nivel de producción existente en la actualidad, fruto de las mejoras técnicas. Esta estabilización en la obtención de producto hace que la marcha de esta industria dependa en gran medida de la exportación, ya que el mercado nacional aún sigue ocupando un segundo plano respecto a las ventas al exterior. En este sentido las perspectivas para el sector europeo de la construcción son de estancamiento. El sector español de la

pizarra deberá estar atento a la aparición de nuevos competidores en el mercado, como es el caso de China, Brasil y la India, que siguen siendo en la actualidad una incógnita en cuanto a producción real y potencial, pero que en un futuro podrían convertirse en duros rivales a nivel mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLIDO, F; GONZÁLES-LODEIRO, F; Klein, E; Martínez Catalán, J.R; Pablo-Maciá.J.G. 1987. Las rocas graníticas hercínicas del norte de Galicia y del occidente de Asturias. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Publicaciones, Colección Memorias, 101. Madrid.
- FEDERACIÓN Española de la Piedra Natural, 2000. Informe del Sector de la Piedra Natural. Año 1999. Informe inédito. Federación Española de la Piedra Natural, Madrid, España.
- IGME, 1988. Granitos de España. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Publicaciones
- IGME, 1989. Mármoles de España. Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Publicaciones
- LOMBARDERO, M. QUEREDA, J.M. La Piedra Natural para la construcción. In García-Guinea, J; Martínez-Frías, J. (Edit.) 1992. Recursos Minerales de España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Colección Textos Universitarios, 15, 1115-1152. Madrid. ISBN 84-00-07263-4
- LOMBARDERO, M; REGUEIRO, M. 1992.- Spanish natural stone: Cladding the World. Industrial Minerals, 300, 81-97. Metal Bulletin plc. Londres. Reino Unido. ISSN 00-19 8544.
- ROC-MÁQUINA, 2000. La Piedra *Natural en España*. *Directorio 2000/01*. Roc-Máquina, Bilbao, España. ISSN 1133-1313

SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL EN PORTUGAL

ANTÓNIO CASAL MOURA⁽¹⁾

1. SITUACIÓN GENERAL

La industria de la piedra natural en Portugal constituye uno de los sectores más importantes de la actividad minera. Actualmente, Portugal ocupa el octavo lugar como productor mundial y exportador de piedra ornamental y se reconoce especialmente como productor importante de mármoles de excelente calidad.

La belleza y la diversidad de las piedras portuguesas, compuesta por una amplia gama de mármoles, granitos, calizas, pizarras y otros esquistos, y la tradición de cultivar con apurada sensibilidad y perfecto dominio el noble arte de trabajar la piedra, han hecho de Portugal uno de los principales productores de piedra ornamental en el mundo. De hecho, se pueden admirar muchos ejemplos notables de aplicación de la piedra portuguesa en diversos sitios del mundo, desde residencias y palacios hasta edificios metropolitanos y otras obras de ingeniería civil, trabajos esculturales o decorativos, catedrales, etc.

Las canteras se encuentran dispersas por todo el país, como puede verse en la figura 1, aunque bajo el punto de vista geológico y económico se destaca la importancia de la formación de las calizas cristalinas de la zona de Estremoz - Borba - Vila Viçosa donde se explotan mármoles de gran reputación tanto a nivel nacional como internacional, conocidos como el **Rosa Aurora**, un mármol blanco a crema rosada con manchas rojas más intensas, a veces veteados con gris o castaño, y universalmente apreciado por su calidad y translucidez, **Rosa Borba**, **Rosa Portugal** y **Rosa Estremoz**, nombres de excelentes variedades cristalinas de tonalidad rosada con un leve o fuerte vetado gris oscuro, castaño o verde. En esta misma área se explotan también mármoles de color blanco, crema y gris, normalmente reconocidos como **branco**, **creme** y **ruivina**. Completando la importancia de la región suroriental de Portugal como productor de mármol, se deben mencionar los mármoles verdes de *Viana do Alentejo* (**Verde Viana**) y las variedades grises de grano grueso explotadas en Trigaches (**Cinzento Trigaxes**).

(1) IGM - Instituto Geológico e Mineiro, Marmed de Infesta, Portugal

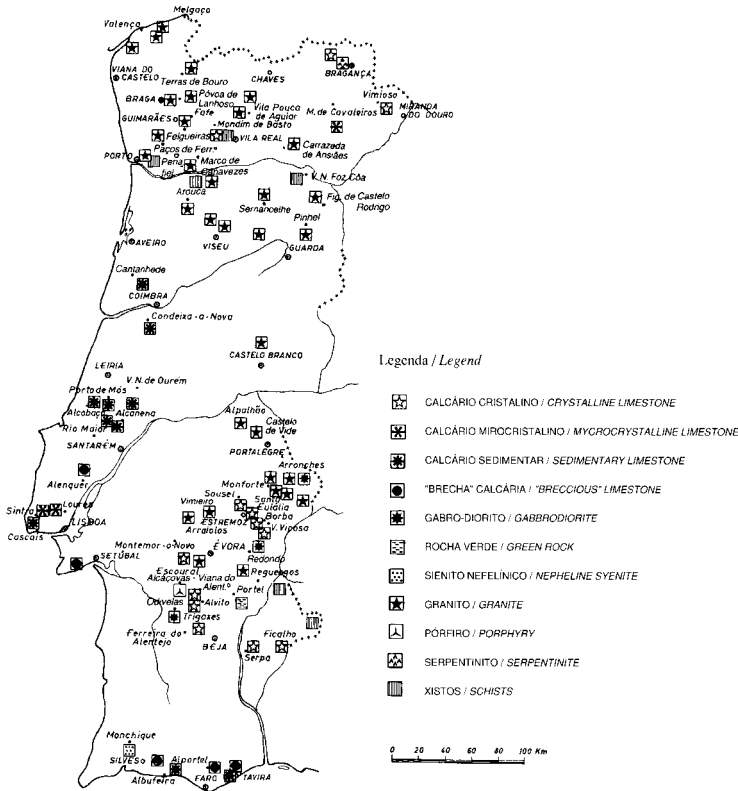
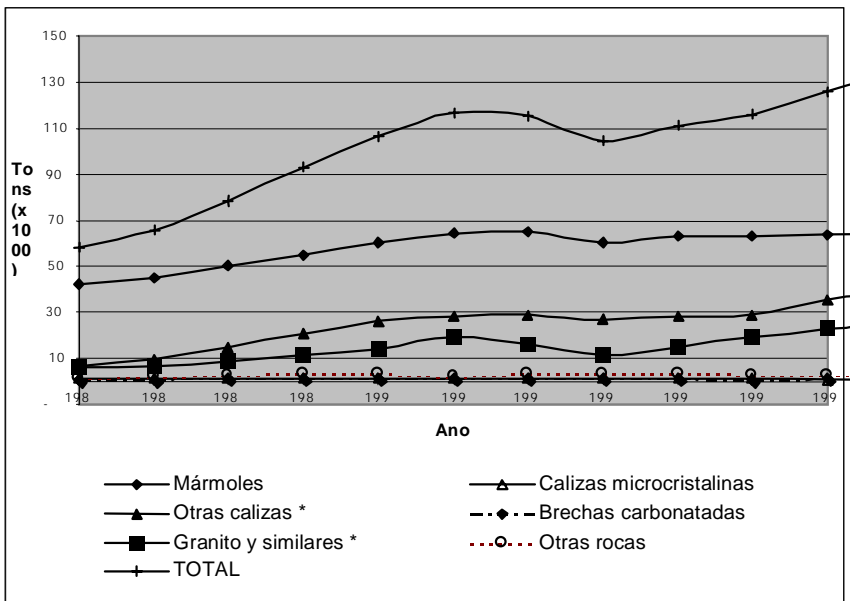


Figura 1 – Mapa general de localización de los yacimientos de piedra natural

Siguiendo el criterio de orden de importancia en la producción general de la industria extractiva portuguesa de las rocas ornamentales, después de los mármoles se destaca la gran variedad de calizas de color crema comercializadas con los nombres de **Molianos**, **Moca Creme**, **Vidraço**, **Semi-rijo** y **Alpinina**, entre otros, que se explotan en el Macizo Calcáreo *Estremenho*, localizado en el Centro de Portugal, entre las ciudades de Leiria y Santarém, así como la extensa variedad de **rocas graníticas y similares** muy frecuentes en el país, caracterizadas por una gran diversidad de texturas y tonalidades, particularmente las que son extraídas en los macizos plutónicos de la zona de Portalegre (Alpalhão, Santa Eulália y Monforte, entre otras) y en las regiones del Centro y Norte de Portugal (Monção, Guimarães, Pedras Salgadas, Viseu, Aguiar da Beira y Guarda, entre otras). Además, se explota una **sienita nefelinica** en la Sierra de Monchique (Algarve, Sur de Portugal).

También son famosas las calizas microcristalinas del área de Sintra (Distrito de Lisboa) ampliamente utilizadas en la construcción de edificios y monumentos. Estas variedades son conocidas como **Lioz**, **Abancado**, **Encarnadão**, **Amarelo de Negrais**, etc. Una variedad muy particular de caliza, inadecuadamente llamada brecha (**Brecha de Tavira**), se explota en la Provincia de Algarve. Para concluir este resumen de los tipos principales de piedras naturales explotados en Portugal, se deben agregar las **pizarras** de color gris oscuro, localizadas principalmente en Valongo (cerca de Oporto).

Con base en esta potencialidad litológica, los sectores de explotación y procesamiento han mostrado un importante crecimiento en el contexto de la industria portuguesa y, exceptuando el año de 1993 cuando se presentó un ligero retroceso, los segmentos de la producción y exportación de rocas ornamentales, medidos en toneladas, han crecido desde 1980 con tasas medias anuales de 18% y 23%, respectivamente (Gráfico 1).



* No incluye la producción de piedra caliza para calçada, ni de adoquines o bordillos en granito

Gráfico 1 - Produção de pedra natural em Portugal de 1986 a 1996: Evolução geral (Estatísticas – I.N.E. e IGM).

En el año de 1996, existían 417 canteras activas responsables de una producción global de 1,2 millones de toneladas, y más de 500 empresas realizaban la extracción y el procesamiento de las piedras naturales, empleando a unas 10 000 personas. Entre 1986 y 1996, el valor de la producción se ha incrementado de 47,5 a aproximadamente 177 millones de US dólares, representando este último valor el 27% de la producción anual de la industria extractiva portuguesa.

Actualmente, más del 50% de la piedra extraída es exportada. Esta tendencia ha venido aumentando gradualmente desde la década de los 80, representando en 1996, 205 millones de US dólares que correspondió al 52% del valor total de las exportaciones de productos minerales portuguesas en ese año. Además, esta evolución positiva ha estado acompañada por una tendencia creciente en las exportaciones de productos acabados, involucrando por lo tanto un mayor valor agregado, en lugar de los bloques o placas aserradas (Gráfico 2). En 1986, el volumen exportado de producto acabado representaba el 47% del volumen total de exportación. En 1996, esta cifra alcanzó el 80%.

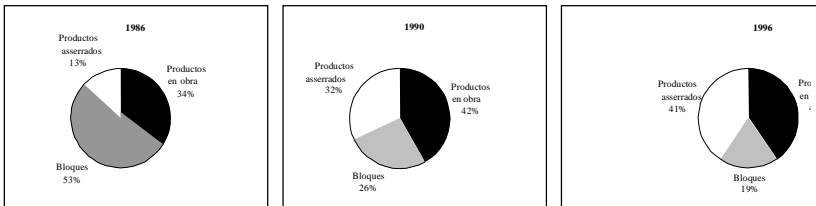


Gráfico 2 – Evolución de la transformación de los bloques y productos.

Las exportaciones de mármol representan el porcentaje más grande en valor de las exportaciones totales de piedra natural portuguesa, con un 62% en 1996, en el cual un 10% corresponde a piedras carbonatadas, principalmente calizas. Luego aparecen los adoquines y bordillos que suman alrededor de 18%. Los granitos y piedras similares representan el 17%, y las pizarras alcanzan el 2%.

Los países de la Unión Europea son, generalmente, los principales clientes de Portugal contabilizando en 1996 el 46.5% en valor del total de las exportaciones. Durante ese año, España (12.3%) e Italia (11.9%) fueron los principales destinos del mármol portugués, el cual, en muchos casos, fue procesado allí y exportado nuevamente. Arabia Saudita se mantiene como el principal comprador de productos acabados en mármol (24%), se-

guida por USA (10.8%), Alemania (9.4%), España (9.2%) y el Reino Unido (8.9%). Las calizas portuguesas han aumentado su aceptación en algunos países de Europa y en USA debido a su gran homogeneidad en la textura y en el color, buena calidad y precio favorable.

En 1996, el mercado externo del granito portugués y piedras similares estuvo dominado por Alemania (29.2% de las exportaciones globales, en valor), principal mercado de los productos elaborados, adoquines y bordillos, excediendo a Japón, tradicionalmente el primer importador que ese año, no ha superado el 14.0%. España (11.5%) fue el principal importador de bloques de granito portugués. Holanda, Italia, Francia y otros países de la Unión Europea, con un valor global de 14%, son otros compradores importantes. También, algunos países del Medio y Lejano Oriente han sido buenos mercados para los granitos portugueses.

Casi toda la producción portuguesa de pizarras se exportó en 1996 a Alemania (24.6%), Francia (11.9%), Dinamarca (7.8%), España (5.9%), Bélgica (5.0%) y a otros países de la Unión Europea como Suiza (4.8%). Japón (18%) y USA (7.2%) han sido los principales destinatarios fuera de Europa.

Durante 1996, las importaciones de mármol alcanzaron los 4,1 millones de US dólares y las de granito, 18.5 de millones de US dólares, en las formas de bloques, baldosas y productos elaborados, provenientes principalmente de España, Italia y Macedonia para los mármoles, y de España, Sur África y Brasil en lo que respecta a los granitos, mientras que en 1986 las importaciones globales de piedra representaban solo 0.9 millones de US dólares. Esto corresponde a una consecuencia natural del desarrollo de la industria portuguesa de la piedra natural, también relacionada con la adopción de una estrategia sectorial adecuada para enfrentar la fuerte competencia internacional, la cual impone a los países como Portugal, que poseen una tradición prestigiosa en el trabajo de la piedra y un considerable “*know-how*” en su empleo, la revisión muy cuidadosa de estructuras y procesos de trabajo.

En ese sentido, y debido a su dependencia a los mercados extranjeros, Portugal sigue atentamente la evolución de las tecnologías y de los mercados, haciendo diagnósticos precisos de la situación que permitan escoger las mejores opciones para asegurar el desarrollo sostenible y la competitividad del sector, siempre con base en la oferta de calidad, la innovación y la actualización del diseño, y en el refuerzo de las actividades del mercadeo y la comercialización.

ASSIMAGRA y AIPGN son las Asociaciones empresariales privadas específicas de la piedra natural en Portugal.

El Instituto Geológico y Minero (IGM) es la entidad pública responsable del sector de recursos minerales y mantiene en sus planes de actividad el desarrollo de estudios geológicos sistemáticos y los proyectos de prospección de minerales para poner en evidencia las nuevas potencialidades, y conduce los trabajos de caracterización de las piedras nacionales. Como resultado de este trabajo el IGM publicó un catálogo titulado «*Rochas Ornamentais Portuguesas*», obra compuesta por cuatro volúmenes. De otro lado, en cooperación con entidades públicas e instituciones privadas, se han venido desarrollando actividades de investigación y desarrollo referentes al sector.

CEVALOR (Centro Tecnológico para el Aprovechamiento y Valoración de Piedras Ornamentales e Industriales) fue creado para constituir una interface con la industria, asegurando la habilitación profesional y la formación continua, coordinando los trabajos de la normalización sectorial y promoviendo la investigación con el objeto de mejorar la dinámica y la competitividad del sector.

Finalmente, como conclusión a este breve informe, se hace énfasis en varios puntos vitales de la industria portuguesa de las rocas ornamentales:

- la tradición de Portugal en el trabajo de la piedra y el considerable “*know-how*” adquirido en su utilización.
- la diversidad de tipos de piedra disponible y la existencia de grandes reservas con buenas condiciones de explotación.
- la alta calidad de la piedra natural portuguesa reconocida por los mercados más exigentes.
- la considerable capacidad de procesamiento disponible en unidades industriales modernas.
- la existencia de instituciones públicas y privadas que proporcionan al sector el apoyo requerido y desarrollan las actividades de I+D.

Nota: Esta versión en español ha sido leída y anotada por Mario Maya Sánchez, que ha hecho las correcciones posibles. El autor le queda muy agradecido por eso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, L.R., MACHADO LEITE, M.R. e MOURA, A. CASAL, 1995. O futuro da Indústria das Rochas Ornamentais. Bol. Minas, vol. 32, nº 1, pp. 3-13, IGM, Lisboa.
- IGM, 1999. Indústria extractiva. Informação estatística Nº 4, 1998, I.G.M. (Ed.).
- MARTINS, O. RABAÇAL, 1996. Rochas ornamentais - produção nacional e comércio externo de Portugal em 1995. Bol. Minas, vol. 33, nº 3, pp. 223-300, I.G.M., Lisboa.
- MARTINS, O. RABAÇAL, 1998. Grandes linhas do comportamento mundial da indústria e do comércio das Rochas Ornamentais em 1996. Bol. Minas, vol. 35, nº 2, pp. 123-150, I.G.M., Lisboa.
- MONTANI, CARLO, 1998. STONE 98-World Marketing Handbook. Faenza Editrice, pg 173, 1998.
- MOURA, A. CASAL, 1991. Rochas ornamentais naturais: Características das rochas ornamentais portuguesas e a importância do seu conhecimento actual. Geonovas, nº 2 (Especial), pp. 123-136, 1991.
- MOURA, A. CASAL, FARINHA RAMOS, J., GRADE, J., MOREIRA, A. e MACHADO LEITE, M.R., 1996. Exploração de maciços graníticos: Contribuição para uma nova atitude no aproveitamento racional e na valorização dos recursos. Rel. interno do I.G.M., 1996.
- PERRIER R., 1993. Les roches ornamentales du Portugal. Mines et Carrières, vol. 75, Nov. 1993.
- RAMOS, J. M. FARINHA, 1983. Algumas notas sobre rochas ígneas ornamentais de Portugal. Geonovas, vol. 1, nº 3.
- VÁRIOS (1983/4/5 e 1995). Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas, vols. I, II, III e IV, I.G.M. (Ed.).
- VÁRIOS (1992). Carta geológica de Portugal, escala 1:500 000. I.G.M. (Ed.).

PANORAMA DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DA BAHIA

HELIO ANTUNES CARVALHO DE AZEVEDO⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

Situado na região Nordeste do Brasil, o Estado da Bahia ocupa posição geográfica privilegiada na integração entre as regiões Sul-Sudeste e Norte-Nordeste, do país. Sua superfície abrange 561.026 Km², possui uma extensão litorânea de 1.103 Km e dispõe de boas condições de infra-estrutura básica para a implantação e desenvolvimento de atividades econômicas.

A Bahia possui uma rede rodoviária de 122.000 Km de estradas, sendo 6.700 Km de estradas federais, 16.142 km de estradas estaduais e 100.000 Km de estradas municipais. Dispõe de três portos principais, Salvador, Aratú e Ilhéus, além de três terminais de cargas, privados. Possui 15 aeroportos, sete dos quais capacitados a operar jatos, mais de uma centena de aeródromos e um moderno sistema de telecomunicações, apresentando 441 localidades servidas pelos sistemas DDD/DDI.

Tem uma capacidade instalada de geração de energia da ordem de 9.000 megawatts, provenientes do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso, das usinas de Sobradinho, Funil e Xingó.

Sua economia é diversificada, registrando nos últimos 10 anos mudanças estruturais com o crescimento industrial, modernização e crescimento acelerado do setor terciário (55% do PIB). No contexto nacional, o PIB baiano tem crescido em médias superiores ao do país e hoje é da ordem de US \$35 bilhões, ocupando a economia baiana o sexto lugar no cenário nacional.

Colaborando com este desempenho econômico, destaca-se o setor de rochas ornamentais, que nos últimos anos vem vivenciando expressivos surtos de crescimento, a ponto de hoje em dia ser responsável por mais de 7% de toda a produção mineral baiana comercializada, da ordem de US \$ 348 milhões (1998).

(1) CBPM - Companhia Bahiana de Pesquisa Mineral, Salvador, Brasil

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A Bahia é geologicamente um dos mais bem conhecidos estados brasileiros. Trabalhos de mapeamento geológico sistemático, executados, principalmente por entidades governamentais, possibilitaram consolidar, ao longo de duas décadas, um amplo acervo de conhecimentos e também identificar a vocação mineral de suas diversas regiões.

O Estado dispõe de uma completa cobertura de mapas geológicos na escala 1:250.000. Para cerca de 50% do seu território, abrangendo regiões de potencial mineral mais expressivo ou de maior complexidade geológica, estão disponíveis mapas nas escalas 1:100.000 e 1:50.000. Uma síntese deste cabedal de conhecimentos, destacando os traços principais de sua geologia, é apresentada no Mapa Geológico do Estado da Bahia ao milionésimo, na respectiva nota explicativa e no trabalho intitulado Síntese da Geologia da Bahia (Mascarenhas, 1990).

O território baiano acha-se inteiramente contido no Cráton do São Francisco, uma zona estável da crosta, de idade arqueana, retrabalhada no Transamazônico e Brasileiro (respectivamente Proterozóico Inferior e Superior). Esse núcleo estável é envolvido por seqüências de rochas sedimentares dobradas e metamorfasadas, do Proterozóico Superior (1.100-450 m.a.), que constituem as faixas de dobramentos denominadas Sergipana, Riacho do Pontal, Rio Preto, Araçuí e Brasília. Essas faixas limitam a área cratônica a nordeste, oeste, noroeste e sul-sudeste, respectivamente. Todo o conjunto contém rochas de alto, médio e baixo grau de metamorfismo, que apresentam, correspondentemente, índices variados de cristalinidade. A figura 1 apresenta um esboço geológico com suas principais unidades cronoestratigráficas.

As rochas cristalinas precambrianas ocupam mais de dois terços da superfície do Estado. Os diversificados ambiente geológicos em que essas rochas ocorrem, propiciam a existência de uma grande variedade de tipos, com amplas perspectivas de aproveitamento ornamental.

Rochas de alto grau de metamorfismo, compreendendo, principalmente, granulitos e gnaisses derivados de rochas plutônicas, por vezes associadas a corpos intrusivos de granito, ocupam toda a porção oriental do Estado e encerram um grande potencial de ocorrências de rochas ornamentais. Os terrenos granulíticos estendem-se desde Curaçá ao norte, até Camacã ao sul. Aí estão expostos charnoquitos ou granulitos listrados, de cor verde ou esbranquiçada.

Exemplos representativos de granulitos, utilizados como rocha ornamental, são as variedades denominadas comercialmente de “granitos” **Verde Boa Nova** e **Verde Dorato**, produzidos na região de Jequié e laçu, respectivamente.

As rochas de médio grau de metamorfismo são gnaisses, migmatitos e granitos, ortoderivados e paraderivados em estágios migmáticos avançados ou ainda preservando resquícios da rocha original, sedimentar ou vulcânica. Esses gnaisses e migmatitos margeiam a borda ocidental do cinturão granulítico, desde Curaçá ao norte, passando pela região de Feira de Santana, até Vitória da Conquista, ao sul.

Os gnaisses apresentam coloração avermelhada e uma foliação marcada pela orientação preferencial de cristais de biotita ou hornblenda. Um exemplo típico de rocha ornamental dessa unidade é a de nome comercial “granito” **Vermelho Tanquinho**, cuja jazida está situada próximo a Feira de Santana.

Os migmatitos apresentam estruturas complexamente dobradas, decorrentes de um estágio avançado de mobilidade de suas massas, parcialmente fundidas, conferindo às rochas uma feição designada comercialmente como “movimentada”. Dentre os migmatitos atualmente comercializados, destacam-se, entre outros, os “granitos” **Fantasia**, produzido na região de Monte Santo e **Lambada (New Paradiso e Beijafior)** na região de Rui Barbosa.

As rochas de baixo grau de metamorfismo, que compõem o restante do domínio cratônico, são seqüências vulcanossedimentares. Nestas estão incluídas estruturas do tipo *greenstone belts*. Face ao baixo grau de recristalização metamórfica nesse ambiente, as rochas dessas seqüências têm poucas propriedades adequadas para o uso como rochas ornamentais. Entretanto, corpos de composição granítica e monzodiorítica, resultantes de processos de granitização no domínio das seqüências vulcanossedimentares de baixo grau de metamorfismo, têm bom potencial de aproveitamento ornamental. Um exemplo de “granito” ornamental, produzido nesses corpos, é o **Amarelo Tombas** e o **Marrom Colonial**, da região de laçu.

Corpos de sienito, rochas máficas e ultramáficas (gabros, piroxenitos, anfíbolitos, serpentinitos), intrusivos nas rochas do domínio cratônico, ao final do Proterozóico Inferior (2.000-1.800m.a.), têm bastante interesse ornamental. Os sienitos em particular, como os da região de Riacho de Santana, vêm sendo explorados, a exemplo do denominado **Café Bahia**.

Após a estabilização cratônica, iniciou-se o ciclo de deposição sedimentar do Proterozóico Médio. A sedimentação processou-se em áreas intracratônicas e em áreas periféricas, cuja evolução resultou nas faixas de dobramentos marginais ao cráton, anteriormente referidas. Os sedimentos, predominantemente clásticos, foram depositados em amplas bacias, como as de Lençóis, Chapada Diamantina e Espinhaço. Em regiões de “rifteamento” profundo, no domínio do Espinhaço, ocorrem, na base da seqüência sedimentar, manifestações de vulcanismo continental. Nesse contexto, são comuns espessos pacotes de rochas clásticas, que vão desde metaconglomerados a filitos, por vezes intercalados com rochas metavulcânicas ácidas, principalmente riolitos, que compõem o denominado Supergrupo Espinhaço.

Em termos de aproveitamento ornamental, destacam-se nesse contexto os arenitos de cor rosada, da região de Lençóis, designados comercialmente de Rosa Bahia; os riolitos da região de Paramirim, denominados de Azul Paramirim, e, principalmente, os durmortierita-quartzitos azuis que ocorrem em Boquira, Macaúbas e Oliveira dos Brejinhos, conhecidos mundialmente como Azul Boquira, Azul Macaúbas e Azul Imperial. Outras rochas desse contexto geológico, que apresentam planos de clivagem regulares e bem definidos, tais como metarenitos, quartzitos, filitos e ardósias, vêm sendo largamente utilizadas ao natural, em forma de lajotas, para revestimento de pisos e de paredes na construção civil.

Compondo ainda a cobertura da área cratônica, ocorre, nas regiões da Chapada Diamantina e Além São Francisco, uma seqüência de sedimentos, predominantemente carbonato-pelíticos do Proterozóico Superior, denominado Supergrupo São Francisco. Essa seqüência, depositada em ambiente marinho epicontinental, é formada por metaconglomerados, quartzitos, argilitos, margas e calcários fracamente metamorfisados.

A deposição desses sedimentos em zonas pericratônicas, em ambiente tipicamente geossinclinal, originou as faixas de dobramentos marginais, constituídas por seqüências metassedimentares, que recebem denominações litoestratigráficas diversas. As seqüências, que constituem as faixas de dobramentos marginais, foram submetidas à deformação tectônica e metamorfismo mais intensos, às vezes com ocorrência de atividade magmática significativa. Exemplos de rochas ornamentais, nesse contexto geológico, são os mármore de cores rosadas, designados comercialmente de Imperial Pink, Rosa Patamuté, Rosa Palha e Flor de Pêssego, das regiões de Itapebi, Patamuté e Sento Sé, respectivamente.

Nas faixas de dobramentos marginais, principalmente Sergipana, Riacho do Pontal e Araçuaí, há registro de atividade magmática intensa, representada por corpos intrusivos de composição granítica. A atividade magmática na área cratônica, embora discreta, está representada por intrusões de rochas de composição alcalina e básica, relacionadas aos sistemas de falhamentos distensionais.

Na região sul da Bahia, entre Itaju do Colônia, Potiraguá e Itarantim, ocorrem corpos descontínuos de sodalita sienita, de cor azul intensa, que constituem uma variedade rara de rocha ornamental, mundialmente conhecida como **Blue Bahia** ou **Azul Bahia**.

As bacias sedimentares costeiras, do tipo *rift valley*, de idade mesozóica, que ocorrem desde Jeremoabo, ao norte do Estado, até Ilhéus, ao sul, tem sua gênese ligada aos esforços tectônicos tensionais que causaram a separação entre as massas continentais africana e sul americana. Essas bacias acumularam espessas seqüências de sedimentos clástico-carbonáticos, cujas características litológicas gerais apontam para um baixo potencial de aproveitamento ornamental.

Os depósitos continentais de idade terció-quaternária formam coberturas extensas (tabuleiros) e acumulações eluvionares, aluvionares e eólicas, restritas aos vales e bacias atuais. Uma das unidades representativa desse ciclo deposicional, a formação Caatinga, constituída de rochas carbonáticas do tipo travertino, que ocorre no nordeste do Estado, originou-se do retrabalhamento fluvial dos calcários da Chapada Diamantina. Os travertinos da formação Caatinga constituem, desde a década de 50, uma das mais importantes e tradicionais fontes de produção de “mármore” da Bahia, e hoje são comercialmente designados como **Bege Bahia** ou **Travertino**.



Figura 1- Esboço Geológico da Bahia

3. O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA

3.1 AS ROCHAS

A Bahia tem se destacado no cenário brasileiro, pelo extraordinário crescimento que o seu setor de rochas ornamentais vem vivenciando nesta última década.

Este desenvolvimento faz com que a Bahia e suas rochas sejam hoje conhecidas e reconhecidas nos principais mercados nacionais e internacionais e que suas exportações de granitos e mármore, alcancem patamares bem expressivos, situando o Estado como terceiro produtor e exportador de blocos bruto, no contexto do Brasil.

Em termos de produtos comerciais (tipos comerciais) a Bahia tem mostrado extraordinária expansão, não só por dispor de dois terços de seu território, propício à pesquisa e exploração de rochas ornamentais, mas, principalmente, pela diversidade de ambiências geológicas onde ocorrem suas rochas ornamentais, o que permite que o Estado seja nacional e internacionalmente conhecido, pela grande variedade cromática e textural de seus tipos ornamentais.

Em termos texturais e cromáticos, as rochas da Bahia são: granitos azuis, brancos, verdes, amarelos, rosa, marrons, cinza, pretos, movimentados e multicoloridos; mármore beges, preto e rosa; quartzitos azuis e rosa; arenitos rosa, como mostrado na tabela 1, em suas denominações comerciais. A figura 2 mostra a localização das jazidas e os tipos comerciais em produção atualmente no Estado.

Tabela 1 – Tipos Comerciais em Produção na Bahia

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	DENOMINAÇÃO COMERCIAL
GRANITOS	Azuis	Azul Bahia, Azul Cobalto, Azul Brasil, Azul Pegasus.
	Branco	Branco Cacatua, Branco Cotton, Branco Microponto, Branco Macroponto, Branco Bahia, Kashmir Bahia .
	Verdes	Verde Bahia, Verde Caravelas, Verde Eucalipto, Verde Pavão, Verde Onix, Verde Paineiras, Verde Água-Marinha, Verde Dourado, Verde Mangueira, Verde Esperança, Verde Fointan, Verde Buda.
	Amarelos	Amarelo Champgne, Amarelo Paraguaçu, Amarelo Topázio, Amarelo New Venciano, Ouro Romano.
	Rosa	Rosa Barroco, Rosa Santa Isabel.
	Marrom	Marrom Bahia, Café Brasil, Marrom Café, Café Bahia.
	Multicoloridos	Fantasia Rio, Amarelo Selvagem, Creme Bahia, Orange Paineiras, Tropical Paraguaçu.
	Movimentados	Maracanã, Kinawa Bahia Mogno, Multicolor, Rosa Tupim, Oknawa, Dalva, Rosa Paraíso, Tigrato, Macajuba Clássico, Colibri, Gran Paraíso, Rosalise, Tropical Bahia.
	Outros	Cinza Pratinha, Preto Tropical, Conglomerado Marinacce, Conglomerado Blue Marinacce.
QUARTZITOS	Azul	Azul Macaúbas, Azul Imperial, Azul Boquira, Azul do Mar.
	Rosa	Lilás Bahia, Carolina (Rosa Carolina), Rosa Pink.
ARENITOS	Rosa	Rosa Palmeira, Rosa Bahia
MÁRMORES	Bege	Bege Bahia (Travertino Bahia)
	Preto	Preto Bahia.
	Rosa	Rosa Sietti, Rosa Siena, Rosa Precioso, Imperial Pink.

e: SICM/Coordenação de Mineração: Pesquisa Direta, acm; 1998.

1.2 A PRODUÇÃO

Em 1996, nove municípios baianos produziram mármore em 25 pedreiras ativas e 36 municípios produziram granitos em 58 pedreiras. Em 1998, embora a produção de blocos tenha crescido, apenas 52 pedreiras (22 de mármore e 30 de granitos) estavam em exploração em 42 municípios da Bahia.

LOCALIZAÇÃO DAS JAZIDAS DOS TIPOS COMERCIAIS APRESENTADOS

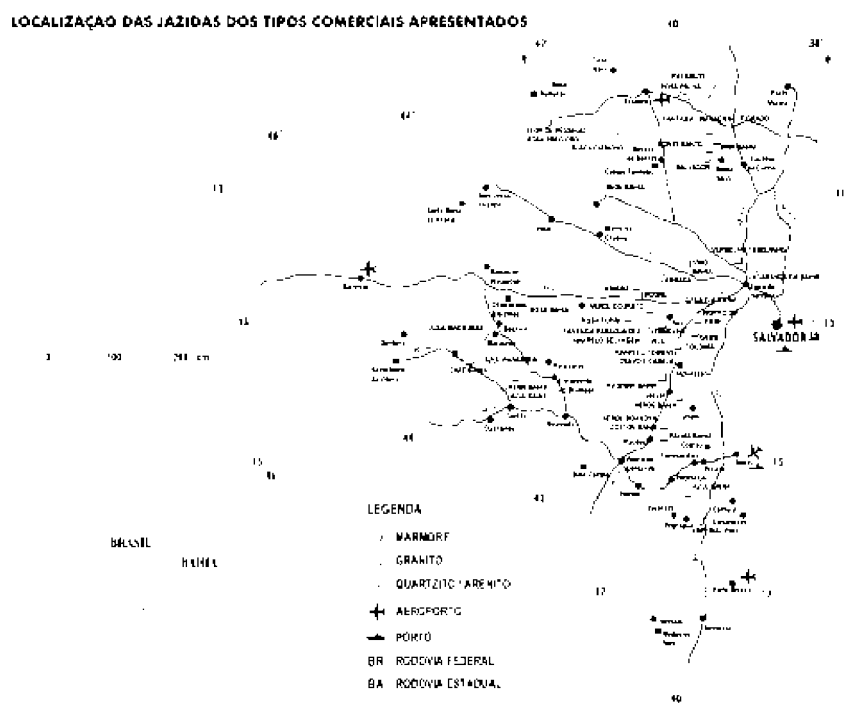


Figura 2 – Localização das jazidas e os tipos comerciais produzidos

Em 1984, apenas um tipo de granito (Azul Bahia) e quartzito (Azul Macaúbas) e dois tipos de mármore (Bege Bahia e Rosa Patamuté) eram produzidos. Em 1992, cinco tipos de granitos e dois tipos de mármore eram produzidos. Hoje em dia, 83 tipos comerciais (65 de granitos, 9 de mármore, 8 de quartzitos e 1 de arenito) são produzidos e comercializados nos mercados interno e externo. O quadro 1, a seguir, mostra a evolução dos valores da produção comercializada e das exportações dos granitos e mármore da Bahia, no período de 93-98.

Quadro 1 - Produção Comercializada e Exportações de Granitos e Mármoreos da Bahia

ANO	VALOR DA PROD. COMERCIALIZADA (Us\$ 1,000) ⁽¹⁾	VALOR DAS EXPORTAÇÕES (Us\$ 1,000) ⁽²⁾
1993	15.859	11.741
1994	24.637	14.018
1995	31.921	20.661
1996	32.357	20.568
1997	37.737	23.966
1998	37.252	21.273

⁽¹⁾ Valor da produção comercializada: produtos brutos + beneficiados.
Fonte: SICM/Coordenação de Mineração, pesquisa direta, acm.

⁽²⁾ Valor das Exportações.
Fonte: SECEX/DTIC, elaboração SICM, Coordenação de mineração, acm.

A produção de blocos no estado da Bahia tem sido dirigida prioritariamente para o mercado externo. Entre 1993 e 1996, essa aumentou de 40.008 m³, com valor de US\$ 10.806.424 para 55.768 m³ e valor de US\$ 18.612.133. Em 1998, a Bahia produziu 72.320 m³ de blocos brutos, no valor de US\$ 23.873.000. O quadro 02, a seguir, mostra a evolução da produção comercializada nos mercados interno e externo, de produtos brutos (blocos), no período de 1991-1998.

Quadro 2 - Produção Comercializada de Rochas Ornamentais da Bahia (blocos brutos) 1991-1998

ANO	VALOR (US\$ 1,000)
1991	7.781
1992	8.551
1993	10.806
1994	14.014
1995	19.784
1996	18.612
1997	24.087
1998	23.873

Mercados Interno e Externo.

Fonte: SICM/Coordenação de Mineração – Pesquisa Direta

Estes dados são oriundos do acompanhamento setorial executado pela SGM (atualmente COMIN) no Estado da Bahia e podem ser acessados nas publicações *Panorama das Rochas Ornamentais na Bahia* (SGM-1993) e *Bahia Rochas Ornamentais – Principais Indicadores, 1993 a 1996* (SGM-1997) ou por consulta direta.

1.3 INDICADORES DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA

Um retrato sumário do setor de rochas ornamentais do Estado da Bahia pode ser desenvolvido nos indicadores econômicos, levantados pela equipe da SGM, nos anos de 1998 e 1999 e apresentados nos quadros a seguir:

INDICADORES ECONÔMICOS DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA – 1998		
• CAPACIDADE INSTALADA DE PRODUÇÃO x EMPREGOS DIRETOS		
Mármore	5.715m ³ / mês	300 Empregos
Granitos	8.550m ³ / mês	710 Empregos
• PRODUÇÃO FÍSICA COMERCIALIZADA		
PRODUTOS BENEFICIADOS (mármore e granitos)	573.073m ² /mês	US\$ 13.379.505,00
	US\$ 23.35/m ² (preço médio)	
BLOCOS BRUTOS		
Mármore	72.320m ³	
	US\$ 20.555m ³	US\$ 2.050.998,00
(Mercado Interno)	US\$ 99.78/m ³ (preço médio)	
Granitos	51.765m ³	US\$ 21.821.713,00
(Mercados Interno e Externo)	US\$ 421.55/m ³ (preço médio)	
• EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS		
TOTAL	124.326 t	US\$ 21.272.939,00
(Blocos e Beneficiandos)		
Mármore	76 t	US\$ 80.710,00
Quartzitos	3.635 t	US\$ 2.235.444,00
(Blocos e Beneficiandos)		
Granitos	120.615 t	US\$ 18.956.785,00
(Blocos Brutos)		

INDICADORES ECONÔMICOS DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA – 1998		
• CAPACIDADE INSTALADA DE PRODUÇÃO x EMPREGOS DIRETOS		
Mármore	5.715m ³ / mês	300 Empregos
Granitos	8.550m ³ / mês	710 Empregos
• PRODUÇÃO FÍSICA COMERCIALIZADA		
PRODUTOS BENEFICIADOS (mármore e granitos)	573.073m ² /mês US\$ 23.35/m ² (preço médio)	US\$ 13.379.505,00
BLOCOS BRUTOS	72.320m ³	
Mármore (Mercado Interno)	US\$ 20.555m ³ US\$ 99.78/m ³ (preço médio)	US\$ 2.050.998,00
Granitos (Mercados Interno e Externo)	51.765m ³ US\$ 421.55/m ³ (preço médio)	US\$ 21.821.713,00
• EXPORTAÇÃO DE PRODUTOS		
TOTAL (Blocos e Beneficiandos)	124.326 t	US\$ 21.272.939,00
Mármore	76 t	US\$ 80.710,00
Quartzitos (Blocos e Beneficiandos)	3.635 t	US\$ 2.235.444,00
Granitos (Blocos Brutos)	120.615 t	US\$ 18.956.785,00

2. AÇÕES GOVERNAMENTAIS DESENVOLVIDAS (1991-1998)

A posição de destaque que hoje a Bahia desfruta, deve-se em grande parte à parceria estabelecida entre o setor privado e o Governo do Estado, que não mede esforços para apoiar o desenvolvimento e a consolidação do setor de rochas ornamentais baiano.

Entre 1991 e 1998, foram executadas numerosas ações de fomento à promoção e desenvolvimento do setor, pela Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração – SICM, através da Superintendência de Geologia e Recursos Minerais-SGM e ações de fomento empresarial pela CBPM, algumas das quais são à seguir apresentadas.

a) SICM-SGM:

- Acompanhamento setorial;
- Cadastro das pedreiras do Estado;
- Implantação do Show Room de granitos e mármore – Museu Geológico;
- Participação em eventos e feiras
- No Brasil: São Paulo, Salvador, Cachoeiro de Itapemirim;
- No exterior: Chile, Argentina, USA-Chicago, Alemanha, Itália, Taiwan, Malásia e Japão;
- Patrocínio do I Congresso Internacional de Arquitetura Rochas Ornamentais e Tecnologia. Salvador. Bahia;
- Caracterização tecnológica das rochas ornamentais da Bahia;
- Desenvolvimento de tecnologia de detecção de fraturas por ultra-som;

b) Publicações Específicas:

- Panorama das Rochas Ornamentais na Bahia (1993);
- Catálogo de Rochas Ornamentais da Bahia (1994);

- Catálogo de Rochas Ornamentais da Bahia em CD-Rom (1997);
- Cadastro das Pedreiras de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia (1996);
- Bahia Rochas Ornamentais – Principais Indicadores 1993 a 1996 (1997)
- Poster de Granitos e Mármore da Bahia;
- Cadastro dos Produtores de Rochas Ornamentais – Bahia/Brasil (1996-1998).

c) CBPM:

- Cadastro e verificação de 3.300 informações sobre ocorrências de granitos;
- Seleção e estudo de 76 áreas de pesquisa;
- Avaliação de 34 depósitos;
- Repasse à iniciativa privada de 11 jazidas, através de processo de licitação pública;
- Acervo de 23 jazidas disponíveis e em oferta para investimentos privados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, H. C. A. de; COSTA, P. H. O. (Coord.). **Catálogos de rochas ornamentais da Bahia – Brasil**. Salvador: SGM, 1994. Paginação irregular, il. color.
- BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L. (Coord.) **Geologia da Bahia**: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Salvador: SGM, 1996. 382 p., il. Bibliografia: p. 337-382. Convênio SICM-SGM/UFBa-PPPG-FAPEX.
- MAGALHÃES, A. C. F. **Bahia - rochas ornamentais**: principais indicadores 1993 a 1996. Salvador: SGM, 1997. 84 p., il. Bibliografia: p. 51. Inclui anexos.
- MASCARENHAS, J. F. **Uma síntese a geologia da Bahia**. Salvador: SGM, 1990. 98 p., il. Bibliografia: p. 75-76.
- MENDES, A. C. F.; VASCONCELLOS, H. G. **Panorama de rochas ornamentais na Bahia**. Salvador: SGM, 1993. 106 p., il. Bibliografia: p. 63-64. Inclui anexos.
- SILVEIRA, J. C. da; DIAS NETO, B. **Cadastro das pedreiras de rochas ornamentais do Estado da Bahia**. Salvador: SGM, 1995. 68 p. Bibliografia: p. 68.