

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Campus de Rio Claro**

LUIZ ALCIDES PICANÇO DE ANDRADE

**IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA EXPLORAÇÃO DE GRANITO
NA SERRA DA MERUOCA - CE**

Rio Claro - SP
2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Campus de Rio Claro**

LUIZ ALCIDES PICANÇO DE ANDRADE

**IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA EXPLORAÇÃO DE GRANITO
NA SERRA DA MERUOCA - CE**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Tavares
Coorientadora: Profa. Dra. Izorlanda Caracristi

Rio Claro-SP

2014

LUIZ ALCIDES PICANÇO DE ANDRADE

**IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA EXPLORAÇÃO DE GRANITO
NA SERRA DA MERUOCA -CE**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Antonio Carlos Tavares
Orientador

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho
Banca

Profa. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha
Banca

Prof. Dr. Thiago Salomão de Azevedo
Banca

Profa. Dra. Ana Barbara de Araújo Nunes
Banca

Rio Claro-SP, 20 de Fevereiro de 2014

*A meus pais “in memoriam”, meu
eterno agradecimento pela
dedicação à minha formação.
À minha esposa Rejane, aos meus
filhos Louise, Larissa e Luiz Eduardo*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a meus pais, “in memoriam” que dedicaram uma vida inteira a oferecer condições para que eu tivesse a tranquilidade de alcançar meus objetivos.

A minha esposa e filhos pela força, estímulo e compreensão, para que não fraquejassem nos momentos mais difíceis.

Ao professor Antônio Carlos Tavares, que, mesmo à distância, sempre esteve presente nos momentos que foram precisos, orientando, estimulando e ajudando.

À professora Izorlanda pela orientação, colaboração e estímulo durante o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Ana Barbara pela ajuda e orientação durante a execução do trabalho.

A todos os professores da UNESP envolvidos no convênio com o IFCE.

Aos servidores da UNESP, quando das nossas idas a Rio Claro, pela acolhida e presteza com que nos receberam.

Ao geólogo Edson Mendonça Gomes da CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, residência de Fortaleza, pelo auxílio na elaboração dos mapas.

Aos colegas servidores e professores do IFCE, tanto do Campus de Fortaleza, como do Campus de Sobral, pela colaboração, quando solicitados.

À empresa GRANOS, na pessoa do geólogo Rodrigo e do engenheiro de minas Adroaldo, pela colaboração com material de pesquisa e informações a respeito das minas pesquisadas.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização desta tese.

“Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível e, de repente,
você estará fazendo o impossível”.
(São Francisco de Assis, [2013?])

RESUMO

As atividades minerais são fundamentais para a economia de diversos países, inclusive para o Brasil. Entretanto, seu desenvolvimento, independente do tamanho do empreendimento ou da substância mineral a ser explorada, acarreta algum tipo de degradação ambiental. Portanto, do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, é necessário que os atores envolvidos no processo de exploração das minas, no caso as empresas mineradoras, planejem adequadamente a retirada do minério, tomando as medidas necessárias à proteção do sítio e das áreas adjacentes, a fim de evitar os problemas decorrentes desta atividade. Este trabalho caracteriza a exploração de granito na Serra da Meruoca – Ce, por meio da identificação das ações das empresas mineradoras, das minas em atividade e daquelas que estão, temporária ou definitivamente, desativadas. Para isso são apresentados os diversos tipos de lavra e as tecnologias de corte utilizadas para a extração de rochas ornamentais, com suas vantagens e desvantagens econômicas e ambientais, os tratamentos e disposição dos resíduos, as atividades cotidianas nos locais de mineração e a maneira como os moradores das áreas adjacentes às minas encaram as atividades realizadas. Finalmente, são apresentadas propostas de soluções para recuperação das áreas degradadas e para o planejamento adequado das extrações de rochas ornamentais, de tal forma que haja maior aproveitamento e viabilidade econômica, ao lado da diminuição dos impactos ambientais. Todavia, paralelo às sugestões, considera-se que a diminuição ou o fim das irregularidades só será possível com a intensificação das ações de políticas públicas mais eficazes de monitoramento e de fiscalização.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Extração granito. Serra Meruoca.

ABSTRACT

The mining activities are critical to the economy of many countries, including Brazil, nevertheless their development independently the enterprise size or mineral substance to be explored leads to some degree of environmental degradation. Therefore, from the sustainable development point of view, the actors involved in the operation of the mines, in the case the mining companies need plan properly mineral removing, taking the necessary measures to protect the sites and adjacent areas in order to avoid problems arising from this activity. This study characterizes the granite exploitation in Meruoca mountain in Ceara State through the identification of the mining companies, mines in operation and those who are temporarily or permanently disabled. For this, the different types of mining and cutting technologies used for the extraction of ornamental stones are presented, with the economic and environmental advantages and disadvantages, treatment and disposal of wastes, the everyday activities at mining sites and how residents from adjacent areas face the mine activities. Finally proposals are presented with solutions for recovering the degraded areas and for the proper planning of the extraction of ornamentals stones and better utilization with economic viability and reduction of environmental impacts. However, along with the suggestions, it is considered that the decrease or cessation of irregularities will only be possible with the intensification and effectiveness of public policies for monitoring and supervision.

Keywords: Environmental impacts. Extracting granite. Sierra Meruoca

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da produção mineral do Brasil, principalmente no período de 2001- 2011	25
Figura 2 - Gráfico mostrando a arrecadação da CFEM.....	27
Figura 3 - Fluxograma esquemático do setor, com principais produtos do segmento do ciclo de produção das rochas ornamentais	30
Figura 4 - Evolução da produção brasileira de rochas ornamentais.....	32
Figura 5 - Panorama das exportações brasileiras no primeiro semestre de 2013 em relação aos anos anteriores	33
Figura 6 - Mapa de localização dos distritos mineiros no estado do Ceará.....	36
Figura 7 - Reservas de rochas ornamentais graníticas no estado do Ceará.....	40
Figura 8 - Distribuição das jazidas de rochas ornamentais e de revestimento dos municípios com maior produção no estado do Ceará	42
Figura 9 - Localização do Batólito granítico Serra da Meruoca	44
Figura 10 - Mapa Geológico-Estrutural da área onde está inserido o Batólito Meruoca-Rosário.....	48
Figura 11 - Diagrama de Roseta do Padrão de Fraturas.....	49
Figura 12 - Precipitações nas cidades de Alcântaras, Massapê e Meruoca - CE	52
Figura 13 - Correlação entre as precipitações de Meruoca e Alcântaras	53
Figura 14 - Correlação entre as precipitações de Meruoca e Massapê	54
Figura 15 - Mapa hidrográfico da Serra da Meruoca	56
Figura 16 - Vertente úmida da Serra da Meruoca, porção nordeste, próximo a Massapê.....	58
Figura 17 - Rodovia Massapê-Meruoca na subida do maciço.....	59
Figura 18 - Vertente oeste da Serra da Meruoca, ao longo da rodovia Alcântaras-Coreaú	60
Figura 19 - Vertente seca a sotavento da Serra da Meruoca, com vegetação de caatinga e matacões expostos	60
Figura 20 - Distrito de Camilos, Município de Meruoca – CE, cujo sítio é uma planície alveolar no cimo do maciço.....	61
Figura 21 - Mapa Fitoecológico e Perfil de Elevação da Serra da Meruoca.....	63
Figura 22 - Ladrilho de granito Vermelho Filomena.....	66

Figura 23 - Ladrilho de granito Meruoca Clássico	67
Figura 24 - Ladrilho de granito Verde Ceará	68
Figura 25 - Ladrilho do granito Juparaná Gold	70
Figura 26 - Aspecto estético do granito verde ventura	71
Figura 27 - Ladrilho do granito conhecido comercialmente como Rain Forest....	73
Figura 28 - Ladrilho do granito conhecido comercialmente como Yellow Tropical	73
Figura 29 - Ladrilho de granito conhecido comercialmente como Verde Meruoca	75
Figura 30 - Ladrilho de granito conhecido comercialmente como Amarelo Massapê.....	76
Figura 31 - Ladrilho do granito Magma, apresentando matriz fina, minerais movimentados	77
Figura 32 - Técnicas de lavra para desmonte de blocos de rochas ornamentais	78
Figura 33 - Foto de matacão de granito Verde Ventura mostrando alteração superficial	80
Figura 34 - Foto de lavra em bancada em granito.....	81
Figura 35 - Lavra de granito em bancada alta.....	82
Figura 36 - Foto de lavra por desabamento. Granito “Giallo Speranza”- ES	84
Figura 37 - Foto mostrando o início de lavra subterrânea do quartzito Azul Imperial, Oliveira dos Brejinhos Bahia.....	85
Figura 38 - Tecnologias cíclicas de lavra para rochas ornamentais	86
Figura 39 - Tecnologias de corte contínuo em lavra de rochas ornamentais	86
Figura 40 - Método de separação da rocha utilizando cunhas metálicas	87
Figura 41 - Corte de rocha utilizando cordel detonante.....	89
Figura 42 - Corte em granito utilizando massa expansiva.....	90
Figura 43 - Corte de rocha utilizando o flame jet	92
Figura 44 - Cortadeira à corrente diamantada.....	93
Figura 45 - Esquema do corte por fio diamantado.....	94
Figura 46 - Área de descarte de rejeito da pedreira de granito Juparaná Gold, Massapê – CE.....	99
Figura 47 - Situação atual das áreas de exploração de rochas ornamentais na Serra da Meruoca.....	100

Figura 48 - Localização das áreas de mineração em disponibilidade na Serra da Meruoca	101
Figura 49 - Estrada de acesso à frente da lavra.....	105
Figura 50 - Decibelímetro utilizado na mensuração de ruídos produzidos na exploração de granito.....	107
Figura 51 - Vista panorâmica da pedreira desativada do granito Meruoca Clássico	109
Figura 52 - Vista panorâmica do vale onde está inserida a pedreira do granito Meruoca Clássico.....	110
Figura 53 - Frente de lavra paralisada, do granito Meruoca Clássico, mostrando vestígios das tecnologias de corte utilizadas	111
Figura 54 - Localidade de Cedro, distante aproximadamente 1,5 km da pedreira de granito Magma	112
Figura 55 - Perfil esquemático mostrando o avanço da lavra e a tecnologia de corte utilizada na pedreira	113
Figura 56 - Área de influência do projeto.....	114
Figura 57 - Layout do projeto de lavra.....	115
Figura 58 - Ilustração de uma frente de lavra de rocha ornamental, em maciço, utilizando fio diamantado.....	116
Figura 59 - Agricultura de subsistência, comum na área de mineração do granito ornamental Magma	117
Figura 60 - Frente de lavra do Granito Rain Forest	119
Figura 61 - Croquis da área de influência direta do empreendimento	120
Figura 62 - Lavra do granito Juparaná Gold.....	122
Figura 63 - Frente de lavra sem cobertura vegetal, mostrando matacões sobrepostos em maciço	123
Figura 64 - Frente de lavra do granito Juparaná Gold.....	123
Figura 65 - Imagem de satélite mostrando a disposição aleatória do rejeito e blocos com imperfeições na pedreira de granito Juparaná Gold.....	124
Figura 66 - Impactos gerados pela extração de granito ornamental.....	125
Figura 67 - Legenda de cores das células matriciais.....	131
Figura 68 - Blocos com dimensões exigidas pelo mercado, mas que são descartados por apresentarem alguma imperfeição	135

Figura 69 - Demonstrativo da experiência profissional dos trabalhadores da pedreira de granito ornamental Rain Forest.....	145
Figura 70 - Quantitativo de acidentes envolvendo trabalhadores da pedreira de granito ornamental Rain Forest.....	146
Figura 71 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Rain Forest.....	147
Figura 72 - Ruídos detectados na pedreira de granito ornamental Rain Forest	148
Figura 73 - Demonstrativo da velocidade média do vento na Serra da Meruoca, nos dias em que foram feitas as medições	149
Figura 74 - Mapa de poluição por material particulado na frente de lavra e áreas adjacentes ao Granito Rain Forest (mg/m ²).....	151
Figura 75 - Experiência profissional dos operários da pedreira de granito ornamental Juparaná Gold.....	155
Figura 76 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Juparaná Gold.....	156
Figura 77 - Mapa de ruídos da pedreira de granito ornamental Juparaná Gold	158
Figura 78 - Mapa de material particulado nas áreas de influência direta da pedreira Juparaná Gold (mg/m ²)	160
Figura 79 - Experiência profissional dos operários da pedreira de granito ornamental Magma	163
Figura 80 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Magma	164
Figura 81 - Mapa de ruídos da frente de lavra e áreas adjacentes da pedreira de granito Magma	165
Figura 82 - Mapa de material particulado da pedreira de granito ornamental Magma e áreas adjacentes	167
Figura 83 - Perfil dos entrevistados por faixa etária nas áreas adjacentes à pedreira do granito Magma	168
Figura 84 - Entrevistados por faixa etária nas áreas adjacentes a pedreira, em relação aos ruídos da pedreira de granito Magma	169
Figura 85 - Demonstrativo dos entrevistados em relação à poluição de material particulado.....	170
Figura 86 - Divisão percentual dos entrevistados por faixa etária	174

Figura 87 - Opinião dos entrevistados por faixa etária em relação ao ruído produzido na pedreira de granito Meruoca Clássico	175
Figura 88 - Demonstrativo da poluição por material particulado em torno da área da pedreira por faixa etária.....	176
Figura 89 - Opinião das pessoas sobre a poluição do Riacho Contendas por faixa etária	177

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Impactos ambientais provocados pela mineração	19
Tabela 2 - Posição do Brasil na produção mundial de alguns minérios	26
Tabela 3 - Produção e exportação mundial de rochas ornamentais	28
Tabela 4 - Dados da produção de rochas ornamentais em 2012	31
Tabela 5 - Comparativo entre as técnicas de corte para lavra de mármore	96
Tabela 6 - Comparativo entre as técnicas de corte para lavra de rochas graníticas	97
Tabela 7 - Célula matricial com a valoração dos impactos	127
Tabela 8 - Conceituação dos Atributos Utilizados na Matriz “Causa x Efeito” ...	128
Tabela 9 - Relação dos principais impactos e seus indicadores, que podem ser gerados com um empreendimento mineiro	130
Tabela 10 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, NR-15 ..	134
Tabela 11 - Descrição dos Impactos ambientais das pedreiras de granito estudadas.....	137
Tabela 12 - Demonstrativo da mão de obra da pedreira de granito Rain Forest	144
Tabela 13 - Impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração) na pedreira Rain Forest	152
Tabela 14 - Número de operários e suas respectivas funções na pedreira de granito ornamental Juparaná Gold	154
Tabela 15 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração, na pedreira de granito Juparaná Gold.....	161
Tabela 16 - Número de operários e suas respectivas funções na pedreira de granito ornamental Magma.....	163
Tabela 17 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração na pedreira de granito Magma	171
Tabela 18 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração na pedreira de granito Meruoca Clássico....	178

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais

ADECE – Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará

APA - Área de Proteção Ambiental

Ar - Argônio

BR - Brasil

BRICs – Sigla dos Países em Desenvolvimento

CE – Ceará

CEMINAS – Companhia Cearense de Mineração

CFEM – Contribuição Financeira sobre Extração Mineral

CIN – Centro Internacional de Negócios

COGERH – Companhia de Gerenciamento e Recursos Hídricos do Ceará

COMEX – Comércio Exterior

CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

E - Este

Fe - Ferro

FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GRANISTONE – Granitos do Nordeste

GRANOS – Granitos do Nordeste S/A

GRNADON – Granitos do Nordeste

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação a Biodiversidade

IMARF – Indústria de Mármore de Fortaleza

INBRASMA – Indústria Brasileira de Mármore S/A

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

IPECE – Instituto Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPLANCE – Instituto de Planejamento do Estado do Ceará

IUGS – União Internacional de Ciências Geológicas

K – Potássio

LT – Limite tolerável

m- Metro

m² – Metro quadrado

m²/h – Metro quadrado por hora

m³ – Metro cúbico

mm – Milímetro

MPa – Mega Pascal - unidade de medida de pressão

N – Norte

NE – Nordeste

NP – Nitropenta

NR 15 – Norma Regulamentadora 15

NW – Noroeste

OCS – Mineração e Empreendimento Ltda.

OL – Ondas Leste

ONI – Oceanic Niño Index

PIB – Produto Interno Bruto

PMB – Produção Mineral Brasileira

RADAMBRASIL - Radar na Amazônia

RIM – Reserva Indicada do Maciço

RMT – Reserva Medida Total

RSTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

SE - *Sudeste*

SIGMINE – Sistema de Informações Geográficas da Mineração

SIMAGRAN CE – Sindicato das Indústrias de Mármore e Granitos do Ceará

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará

SW – Sudoeste

t - Tonelada

Ti - Titânio

SUDENE – Superintendência Nacional de Desenvolvimento do Nordeste

VCAS – Vórtices Ciclônicos de Ar Superior

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTAS DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS, HIPÓTESE E JUSTIFICATIVAS.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
2.3 Hipótese.....	21
2.4 Justificativas.....	22
3 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ATIVIDADE MINERAL.....	24
3.1 A mineração no Estado do Ceará.....	33
4 SERRA DA MERUOCA: LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
5 CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DO BATÓLITO GRANÍTICO DA SERRA DA MERUOCA.....	64
5.1 Biotita Granito – Nome Comercial: Vermelho Filomena.....	65
5.2 Biotita Hornblenda Granito – Nome Comercial: Meruoca Clássico.....	66
5.3 Biotita Hornblenda Granito – Nome Comercial: Verde Ceará.....	67
5.4 Granulito Granítico – Nome Comercial: Juparaná Gold.....	68
5.5 Biotita Granito – Nome Comercial: Verde Ventura.....	70
5.6 Biotita Granito – Nome Comercial: Rain Forest e Yellow Tropical.....	72
5.7 Biotita Granito – Nome Comercial: Granito Verde Meruoca.....	74
5.8 Monzogranito – Nome Comercial: Amarelo Massapê.....	75
5.9 Monzogranito – Nome Comercial: Magma.....	76
6 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	78
6.1 Lavras em Matacões e Maciços.....	79
6.2 Tecnologias de Corte.....	85
6.2.1 <i>Tecnologias Cíclicas</i>	87
6.2.2 <i>Tecnologias de Corte Contínuo</i>	90

6.3 Comparações entre técnicas utilizadas na extração das rochas ornamentais	95
7 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO	98
7.1 Áreas de Mineração Desativadas.....	102
7.2 Áreas de Mineração Ativas.....	104
7.3 Áreas de mineração selecionadas para estudo detalhado de impactos	106
7.3.1 Área de mineração do Granito Ornamental Meruoca Clássico	108
7.3.2 Área de mineração do Granito Ornamental Magma	111
7.3.3 Área de Mineração do Granito Ornamental Rain Forest.....	117
7.3.4 Área de Mineração do Granito Ornamental Juparaná Gold.....	121
8 IMPACTOS CAUSADOS PELA MINERAÇÃO	125
8.1 Análise de impactos na pedreira de granito ornamental Rain Forest ...	144
8.2 Avaliação de Impactos da Pedreira de Granito Juparaná Gold	154
8.3 Avaliação de Impactos Ambientais da Pedreira de Granito Magma	162
8.4 Avaliação de Impactos Ambientais da Pedreira de Granito Meruoca Clássico	172
9 CONCLUSÕES	179
REFERÊNCIAS.....	184
ANEXOS	193
ANEXO A - QUESTIONÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO DE IMPACTOS.....	194
ANEXO B, C, D E E	195

1 INTRODUÇÃO

As relações entre sociedade e natureza, até o século XIX, eram compreendidas e desenvolvidas tendo como base o processo de produção capitalista, que considerava o homem e a natureza como pólos excludentes, tendo subjacente a concepção de uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem (DELEVEDOVE, 2010).

Com base nesta concepção, desenvolveram-se práticas, por meio de um processo de industrialização, em que a acumulação de riquezas se realizava pela exploração intensa dos recursos naturais, com efeitos perversos para a natureza e para os homens.

Até a década de 1960, acreditava-se que o crescimento econômico não tinha limites e que o desenvolvimento significava dominar a natureza e os homens. Entretanto, nos anos de 1960 e 1970, percebeu-se que os recursos naturais são esgotáveis e que o crescimento sem limites começava a se revelar insustentável. Nesse contexto, começou a emergir a necessidade de se elegerem novos valores e paradigmas capazes de romper com a dicotomia sociedade/natureza (DELEVEDOVE, 2010).

A preocupação com a questão ambiental passou então a permear as discussões de alguns cientistas e pesquisadores, durante a década de 1960. Porém, na década de 70 ganharam maior dimensão e conotação política, sendo atualmente um dos assuntos mais polêmicos, uma vez que, para a implantação de qualquer projeto ou planejamento para a tomada de decisões, é preciso considerar os possíveis impactos ambientais.

Hoje, entende-se que as atividades econômicas alteram o meio ambiente de maneira significativa e, entre elas, a mineração e a agricultura ganham destaque como pilares da economia mundial. Junto a ambas, a exploração florestal, a produção de energia, os transportes, as construções civis (urbanização, estradas etc.) e as indústrias básicas (químicas e metalúrgicas) causam quase todo o impacto ambiental existente na terra, sendo pouco significativo o impacto causado pelas demais atividades econômicas, quando a elas comparado (SILVA, 2007).

A mineração, objeto de estudo desta pesquisa, gera, a princípio, na sua implantação, a poluição visual e a degradação da paisagem, uma vez que a instalação de uma frente de lavra requer uma intervenção agressiva no local onde a exploração será realizada. Com ela ocorre o desmatamento; o desmonte de rocha; a remoção de terra para construções e instalação de obras estruturais, tais como pátio de manobra para movimentação de máquinas destinadas à extração e carregamento de blocos e a construção de vias de acesso, envolvendo, em várias situações, explosões de rochas com dinamite.

Outro tipo de poluição provocada pela exploração mineral é a sonora, em consequência do desmonte de material consolidado (maciços rochosos e matacões), com a utilização de perfuratrizes e explosivos, cujas ondas de choque, dependendo da distância, prejudicam o bem-estar das comunidades próximas à frente de lavra (BRASIL, 2002).

A poeira e os gases resultantes da perfuração das rochas e da movimentação de máquinas causam sérios transtornos aos trabalhadores das pedreiras e aos moradores das comunidades localizadas em torno delas e das estradas utilizadas no transporte do minério explorado.

No caso da mineração, a deterioração da paisagem está associada também à deposição errônea de restos do material lavrado, que deixa um rastro de destruição no ambiente. Esse será um dos legados deixados por uma exploração de granito onde a proteção ambiental não seja um dos focos principais. O material estéril e o rejeito de mineração, principalmente quando os depósitos ficam muito volumosos, podem causar acidentes pela ruptura do equilíbrio decorrente da deposição, sobretudo em encostas.

Segundo a CPRM (2002 apud BROOKS, 1976; MACHADO, 1989; SOUZA, 2001), os principais problemas oriundos da mineração, expostos na tabela 1, são a poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, contaminação e erosão do solo, danos à flora e à fauna e doenças nos seres humanos.

Diante do problema exposto, a presente tese se desenvolve em sete capítulos, os quais serão apresentados, a seguir:

Tabela 1 - Impactos ambientais provocados pela mineração

ATIVIDADES	PROBLEMAS	EFEITOS
SERES HUMANOS		
Pesquisa mineral		
Lavra	Subterrânea: umidade, poeira, ruído, gases de exaustão de máquinas e equipamentos.	Contribui para rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória, especialmente para asbesto, fluoreto e outros. Stresse e outros problemas físicos.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, ruído, não ferrosos: gases nocivos, problemas com manuseio de alguns reagentes tóxicos. Amianto: poeira e fibra.	Contribui para rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória e cancerígena, especialmente asbesto e outros minerais beneficiados a seco
Transporte	Ruídos, poeira, gases de exaustão de veículos pesados e poeira de correia transportadora.	Para o consumidor: veículos pesados causam irritação e são perigosos em áreas povoadas. Ex.: agregados e materiais de construção.
SOLO/SUBSOLO		
Pesquisa mineral	Trincheiras, sondagens, vias de acesso, picadas e equipamentos abandonados.	Erosão, voçorocas. Perigos à navegação. Alteração da drenagem natural.
Lavra	Cavas e pedreiras, subsidência. Desmatamento desnecessário do capeamento. Contaminação da água na mina. Estradas e vias de acesso. Pilhas de estéril. Impacto de vilas projetadas.	Possibilidades limitadas de uso sequencial do solo. Afeta a estética da paisagem.
Beneficiamento e estocagem	Barragens e bacias de rejeito, contaminação devido a vazamento e transbordamento. Pilhas disformes (Ex. enxofre). Depósito de rejeito, lama vermelha (produção de alumina).	Terras inúteis criadas pelas áreas de rejeitos finos. Contaminação por lixiviação e enxurradas em depósitos de finos e de rejeitos.
Transporte	Estradas largas para veículos pesados (áreas de material de empréstimo associadas). Poeira. Desmatamento desnecessário. Transbordamento em descarrilhamento e acidentes rodoviários.	Abre áreas virgens a uma possível degradação. Tráfego pesado pode destruir rodovias

ÁGUA		
Pesquisa mineral	Sólido em suspensão (erosão). Salmoura de sondagem passando para o aquífero (pesquisa de evaporitos).	Contaminação de cursos de água subterrânea.
Lavra	Sólidos em suspensão de água da mina, metais pesados, pH de minas de metálicos. Alteração do lençol freático, degradação da qualidade da água.	Prejudicial à vida aquática.
Beneficiamento e estocagem	Sólidos em suspensão mais pesados, pH, toxidez de descarga direta e transbordamento de sistema de finos, Grande consumo de água.	Prejudicial à vida aquática. Produz desequilíbrio ecológico.
Transporte	Transporte fluvial, lacustre e marítimo, coloração devido a sólidos em suspensão (minério de ferro em terminais de embarque). Transbordamento e descarrilamento e acidentes rodoviários, problemas possíveis em minerodutos.	Possível prejuízo à vida aquática.
AR		
Pesquisa mineral		
Lavra	Poeira levada pelo vento. Gases de motores de combustão. Poeira de detonação e perfuração. Poeira de fibra de asbesto.	Pouco importante.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, partículas aéreas (fibra de asbesto), gases, odores, evaporação de bacia de finos, SO ₂ , do processo de secagem (pelotização de minério de ferro). Secagem de concentrado (SO ₂ , metais pesados). Geração de energia térmica (hidrocarbonetos, SO ₂ , NO ₂).	Possíveis efeitos respiratórios. Chuva atuando sobre partículas afeta vegetação e solo. Elevação de custos devido à corrosão. Próximo de áreas urbanas efeitos sobre a saúde decorrentes da inalação de fibras de asbesto.
Transporte	Partículas aéreas provenientes de material sendo transportado e da superfície da estrada.	Pouco importante.

Fonte: CPRM (2002) apud Brooks (1976), Machado (1989) e Souza (2001)

2 OBJETIVOS, HIPÓTESE E JUSTIFICATIVAS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes da extração do granito, visto como pedra ornamental, na Serra da Meruoca – CE, segundo os tipos de lavra e a tecnologia de corte utilizada.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados durante a realização do trabalho são:

- Caracterizar os aspectos geológicos da Serra da Meruoca;
- Caracterizar a faciologia dos granitos que compõem o stock granítico da Serra da Meruoca;
- Identificar os locais de mineração, ativos e inativos, e caracterizar as tecnologias aplicadas na extração de granito;
- Identificar os impactos ambientais nas áreas de extração do granito e nas suas adjacências;
- Verificar impactos no ambiente, detectados por populações das áreas próximas às atividades de extração de granito;
- Verificar o cumprimento da legislação nas áreas ativas e inativas de mineração.

2.3 Hipótese

A pesquisa trabalhou com a hipótese de que a utilização da tecnologia de corte e o tipo de lavra utilizada na extração de granito no Maciço da Meruoca podem impactar de maneira e intensidade diferentes, tanto as áreas de mineração quanto suas adjacências.

2.4 Justificativas

Na Serra da Meruoca, onde um grande número de lavras para a extração do granito, utilizado como pedra ornamental, estava estabelecido, foi criada, pela Lei 11.891/2008, a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Meruoca (BRASIL, 2008), com mais de 600 hectares, abrangendo os municípios de Meruoca, Massapê, Alcântaras e Sobral. Esta APA tem como objetivos a conservação de remanescentes da Mata Atlântica, a proteção de recursos hídricos, a recomposição da vegetação natural, a proteção da fauna, a ordenação do turismo, o fomento da educação ambiental, a preservação da cultura e das tradições locais e a melhoria da qualidade de vida da população residente. A APA da Serra da Meruoca abarca toda a área acima de 600 metros de altitude dos municípios mencionados e grandes extensões das vertentes nordeste, leste e sudeste, com altitudes superiores a 200 metros, em Meruoca e Massapê.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, define, no Art. 15, o que é uma Área de Proteção Ambiental.

A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000, art. 15)

De acordo com o Art. 3º, inciso III, da Lei 11.891/2008, uma das medidas a serem adotadas na implantação e gestão da APA Serra da Meruoca, é a “Aplicação de medidas legais destinadas a impedir ou evitar o exercício de atividades causadoras de degradação da qualidade ambiental” (BRASIL, 2008, art. 3).

Já o Art. 4º da mesma lei proíbe na APA Serra da Meruoca, entre outras, as seguintes atividades:

- Implantação de atividades industriais potencialmente poluidoras, que impliquem danos ao meio ambiente ou afetem os mananciais de água;
- Exercício de atividades capazes de provocar acelerada erosão ou assoreamento das bacias hidrográficas;

- Retirada de areia e material rochoso dos terrenos que compõem as encostas das bacias e dos rios, que impliquem em alterações das condições ecológicas locais.

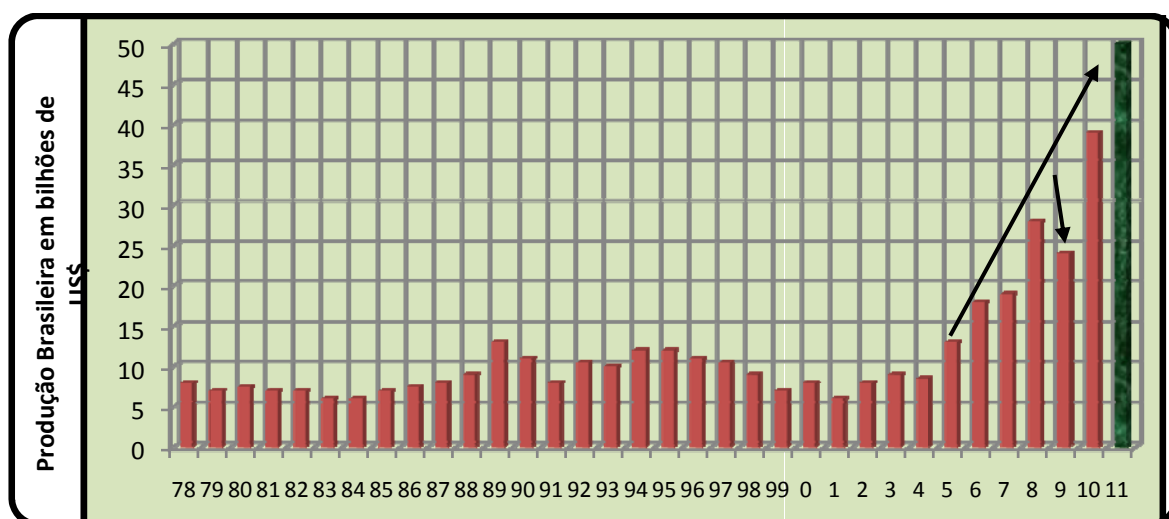
A criação da APA da Serra da Meruoca, com os objetivos elencados acima, entrou em conflito com a extração do granito, o que levou numerosas empresas de mineração a abandonarem as áreas requeridas e/ou em exploração e a concentrarem suas atividades em outras regiões, potencialmente mais interessantes e com menores preocupações ambientais. Nestas circunstâncias, justifica-se como de extrema importância o estudo das áreas requeridas para pesquisa, aquelas cujas lavras foram abandonadas e as que ainda estão ativas dentro da área da APA ou de sua circunvizinhança. Desse modo, propõe-se aqui verificar as atividades geradoras de impactos ainda em andamento e a execução de atividades de recuperação em locais degradados pela execução de pesquisa ou pela paralisação na extração do granito. A investigação permitirá também sugerir as melhores técnicas de lavra nas empresas ainda em atividade, com vistas à minimização dos impactos ambientais, conforme formulado na hipótese do trabalho.

3 A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ATIVIDADE MINERAL

A mineração é um dos setores básicos da economia de um país e tem contribuído de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável. É importante reconhecer e manter sob controle os impactos que esta atividade provoca no meio ambiente, preservando-o para as futuras gerações (SILVA, 2007).

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (INSTITUTO..., 2011), a produção mineral no Brasil, a partir do ano 2005 a 2011, apresentou um aumento significativo, impulsionado pela procura maior por minerais no mercado externo, mas também pelas mudanças socioeconômicas e de infraestrutura que o país vivenciou. Este aumento, notável na primeira década do presente século, mostra que, no período 2005 a 2011, o valor da Produção Mineral Brasileira (PMB) cresceu 385%, indo de US\$ 13 bilhões para US\$ 50 bilhões. Só em 2011, comparado com 2010, houve um aumento de 28%, mostrando que a PMB se recuperou rapidamente do recuo ocorrido em 2009, ocasionado pelos efeitos da crise econômica internacional, fenômeno que estimulou a retração na demanda por matérias primas de origem mineral (figura 1).

Figura 1 - Evolução da produção mineral do Brasil, principalmente no período de 2001- 2011



Fonte: Instituto... (2011)

O crescimento da produção mineral brasileira se reproduziu em outros países, como a Rússia, a Índia e a China (BRICs), que, em comum, apresentam extensões territoriais superiores a 3 milhões de km², populações superiores a 140 milhões de habitantes e PIBs maiores que US\$ 900 bilhões.

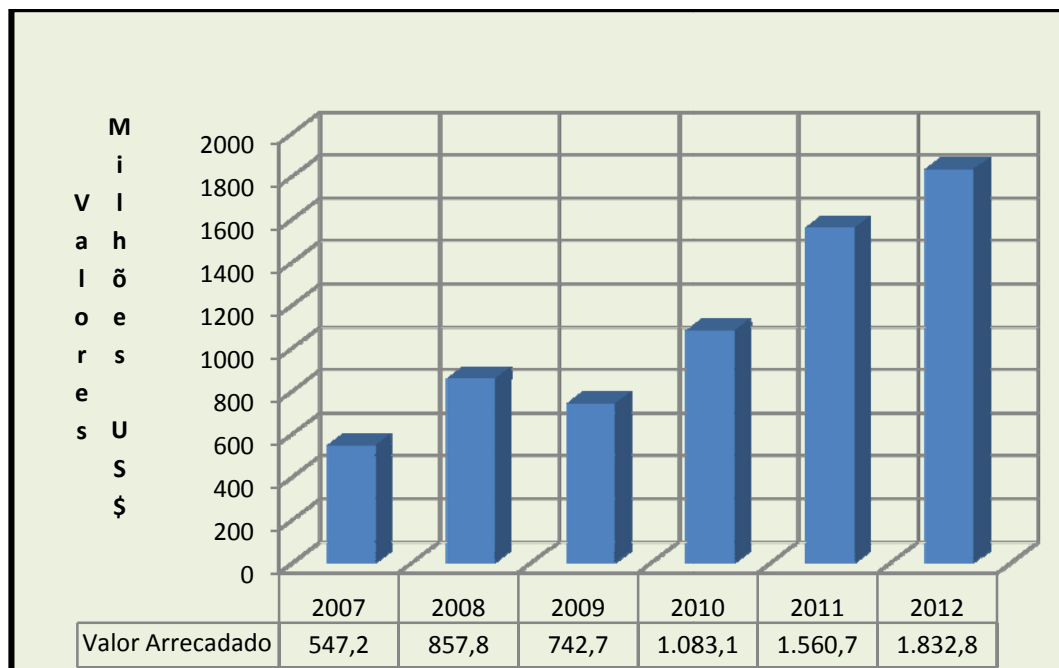
O Brasil lidera ou está entre os maiores produtores de algumas substâncias minerais. A tabela 2 mostra o percentual da participação nacional na produção de minérios em relação à produção mundial, sua posição no ranking, as reservas brasileiras em relação às mundiais e a posição do país diante das reservas mundiais. Porém, o país ainda é dependente de alguns minerais estratégicos para a economia. Por exemplo, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, mas responde somente por 2% da produção mundial, já que importa 91% do potássio e 51% do fosfato, essenciais para a indústria de fertilizantes.

Tabela 2 - Posição do Brasil na produção mundial de alguns minérios

Minerais	Produção Brasileira (%)	Posição no Ranking	Reservas Brasileiras (%)	Posição no Ranking
Bauxita	14	3 ^o	6,8	5 ^o
Cobre	2	5 ^o	2	13 ^o
Rochas Ornamentais	7,7	3 ^o	5,6	6 ^o
Ouro	2,3	12 ^o	3,3	9 ^o
Minério de Ferro	17	2 ^o	11	5 ^o
Caulim	6,8	5 ^o	28	2 ^o
Manganês	20	2 ^o	1,1	6 ^o
Nióbio	98	1 ^o	98	1 ^o
Tantalita	28	2 ^o	50	1 ^o
Estanho	4,1	5 ^o	13	3 ^o
Zinco	2,4	12 ^o	0,85	6 ^o

Fonte: Instituto..., 2011

Com o crescimento da produção mineral, os estados produtores têm experimentado um significativo aumento da Contribuição Financeira sobre Extração Mineral (CFEM), como mostrado na figura 2, que alcançou em 2012 um recorde de arrecadação de R\$ 1,832 bilhão. Em 2011 a arrecadação já havia sido significativa, com R\$ 1,540 bilhão, ou seja, 42,8% superior à de 2010. Os maiores estados produtores de minérios em 2012, de acordo com o recolhimento da CFEM, (DEPARTAMENTO...; INSTITUTO..., [2013?]) foram: Minas Gerais (53,2%), Pará (28,6%), Goiás (4,1%), São Paulo (2,8%) e Bahia (2,0%) (INSTITUTO..., 2011).

Figura 2 - Gráfico mostrando a arrecadação da CFEM

Fonte: (DEPARTAMENTO...; INSTITUTO..., [2013?])

Destaca-se, no contexto da produção mineral, o crescimento do mercado mundial de rochas ornamentais e de revestimento, que apresentou, nos últimos anos, taxas crescentes e com forte tendência de continuidade. A produção mundial, que na década de 1920 era da ordem de 1,8 milhão de toneladas ano, passou para 116,0 milhões de toneladas ano em 2011. As rochas ornamentais processadas compuseram 76,8% do faturamento e 47,8% do volume físico das exportações mundiais e as rochas brutas, respectivamente, 23,2% e 52,2% (ASSOCIAÇÃO..., 2010).

Tradicionalis países produtores, fornecedores e detentores da melhor tecnologia de mineração, como Itália, Grécia e Espanha, vêm assistindo na última década a escalada da produção nos países emergentes, especialmente China, Índia e Brasil, que operam com custos mais atrativos e, por essa razão, têm participação crescente na composição da oferta mundial. Entre esses países, a China se destaca pela produção em larga escala, mas com padrões de qualidade e preços inferiores aos produtores tradicionais (SOUZA, 2008).

A produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento atingiu em 2011, segundo Chiodi (2013), o patamar de 116 milhões de toneladas, apresentando uma variação positiva da ordem de 4% em relação a 2010, ficando

as rochas graníticas e similares com 36% desse total, correspondendo a 42,95 milhões m³ ou 1.265 milhões m² em chapas com 2 cm de espessura. Do total, a China respondeu por 36 milhões de toneladas, 33% da produção mundial, seguindo-se, em ordem decrescente, Índia, Turquia, Iran, Itália, Brasil e Espanha (tabela 3). A Associação... (2010) considera subestimada a produção brasileira e superestimada a produção do Iran.

Tabela 3 - Produção e exportação mundial de rochas ornamentais

Países	Produção (2011)		Exportações (2011)		Importações (2011)	
	(10 ³ t)	%	(10 ³ t)	%	Países	(10 ³ t)
China	36.000	33,6	13.750	27,3	EUA	2.929
Índia	14.000	12,1	5.200	14,5	Coréia do Sul	2.929
Turquia	10.600	9,1	7.165	10,5	Alemanha	2.653
Brasil	9.000(1)	7,8	2.190	4,4	China	2.339
Irã	8.500	7,3	NI		Taiwan	2.169
Itália	7.500	6,5	3.026	6,2	Itália	1.629
Espanha	5.500	4,7	2.597	5,2	França	1.337
Egito ⁽²⁾	3.500	3,0	2.240	4,5	Bélgica	1.325
Portugal ⁽²⁾	2.750	2,4	1.411	2,8	Reino Unido	1.186
Outros Países	18.650	16,1	12.198	24,6	Outros Países	19.401
Total	116.000	100,0	49.550	100,0	Total	49.550

Fonte: Departamento... (2011a)

Legenda: Dados mundiais segundo estimativas da "Marmo e Pietre nel Mondo" - Relatório 2012 (N I – não informado), (*) SECEX/MDIC – Base Alice. (1) Produção não oficial – Estimativa da Abirochas; (2) produção base 2010

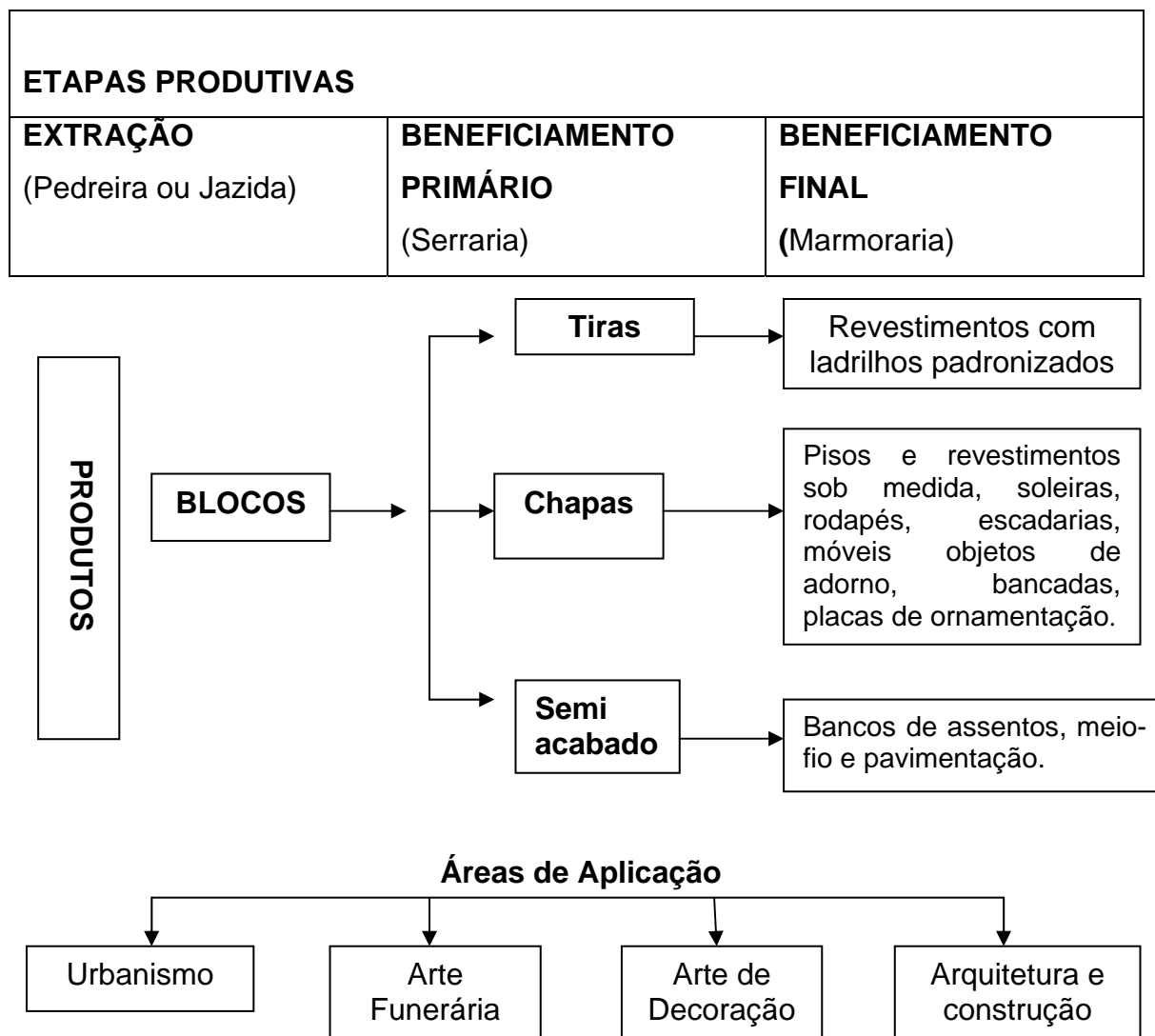
O mercado de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil começou a se expandir por ocasião da segunda guerra mundial, quando as importações, especialmente de mármore, foram suspensas. Com a suspensão das importações, o avanço do processo de urbanização e a introdução de novas concepções construtivas, a produção de mármore, antes restrita aos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Minas Gerais, espalhou-se por outros estados do país, sobretudo Bahia, Piauí e Rio Grande do Norte. Pelo mesmo motivo, iniciou-se, também, a produção de granito para fins ornamentais e de revestimento no estado do Rio de Janeiro, seguido por São Paulo, Espírito Santo,

Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Ceará (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

O Brasil produz, aproximadamente, 1.200 variedades de rochas distribuídas em todo o território, entre granitos, mármore, ardósias, quartzitos, travertinos, pedra sabão, basaltos, serpentinitos, conglomerados, pedra talco e materiais do tipo pedra Miracema, pedra Cariri e pedra Morisca, entre outras, oriundas de 1.800 pedreiras ativas (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

As rochas ornamentais e de revestimentos são também chamadas de pedras naturais, rochas lapídeas ou rochas dimensionais. Do ponto de vista comercial, são basicamente classificadas de mármore e granitos, que respondem por 90% da produção mundial de rochas ornamentais. Os demais tipos são ardósias, quartzitos, pedra sabão, serpentinitos, basaltos e conglomerados. Quanto ao ciclo produtivo do setor de rochas ornamentais, destacam-se três importantes fases: a extração, o beneficiamento primário e o beneficiamento final, como mostrado na figura 3.

Figura 3 - Fluxograma esquemático do setor, com principais produtos do segmento do ciclo de produção das rochas ornamentais



Fonte: Alencar, Carnassios e Carvalho (1996)

O processo produtivo de rochas ornamentais se consolidou e avançou bastante, principalmente na última década. Segundo dados da Associação... (2012), a produção brasileira de rochas ornamentais em 2012 foi de 9,3 milhões de toneladas, cujo perfil é mostrado na tabela 4.

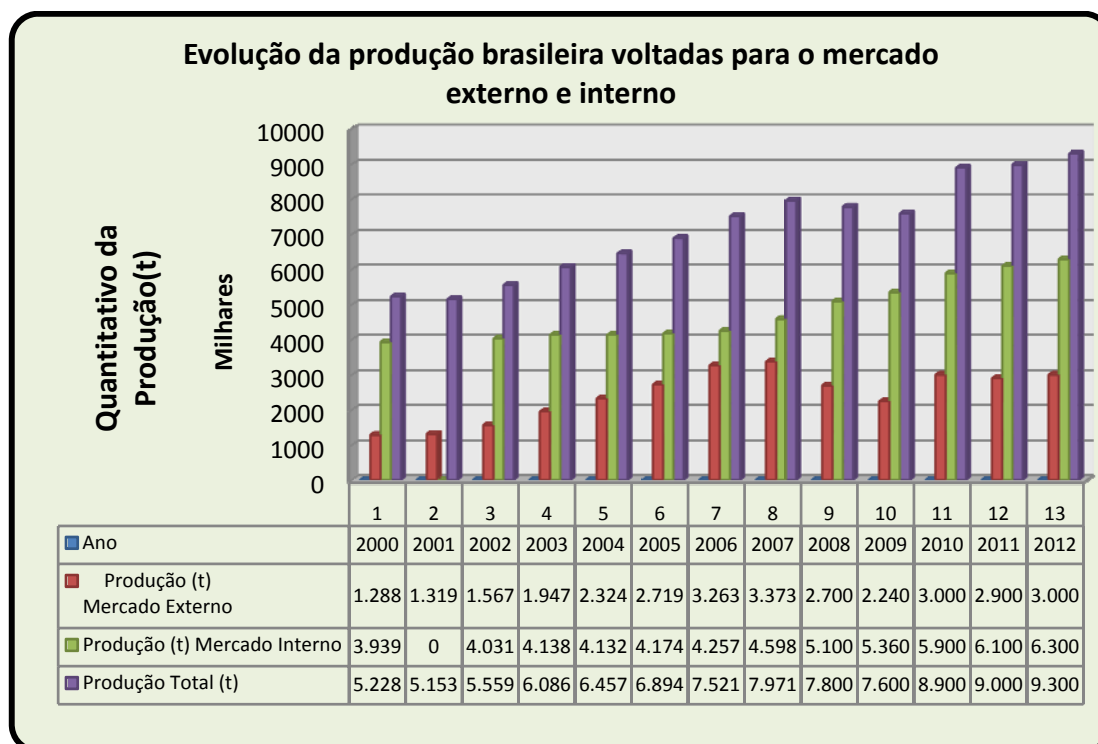
Tabela 4 - Dados da produção de rochas ornamentais em 2012

PERFIL DA PRODUÇÃO BRASILEIRA POR TIPO DE ROCHA – 2012		
Tipo de Rocha	Produção (milhão/t)	Participação Percentual
Granito e Similares	4,6	49,5
Mármore e Travertino	1,7	18,2
Ardósia	0,6	6,5
Quartzito Folheado	0,6	6,5
Quartzito Maciço	0,6	6,5
Pedra Miracema	0,2	2,1
Outros (Basalto, Pedra Cariri, Pedra Sabão, Pedra Mourisca, etc.)	1,0	10,7
Total Estimado	9,3	100,0

Fonte: Associação... (2012)

Paralelamente ao crescimento da produção, ocorreu o incremento da comercialização no mercado interno, principalmente a partir de 2006. No mercado externo, as vendas que vinham crescendo, desde 2001 até 2007, declinaram em 2008 e 2009, para, posteriormente, tornarem a crescer e se aproximarem dos valores antes obtidos. Como o crescimento do mercado interno coincidiu com o declínio das vendas para o exterior, o segmento de mineração de pedras ornamentais não sentiu intensamente os efeitos da crise econômica mundial no final da década passada. Atualmente, perto de 2/3 do que se produz é comercializado no próprio país (figura 4) (ASSOCIAÇÃO..., 2012).

Figura 4 - Evolução da produção brasileira de rochas ornamentais

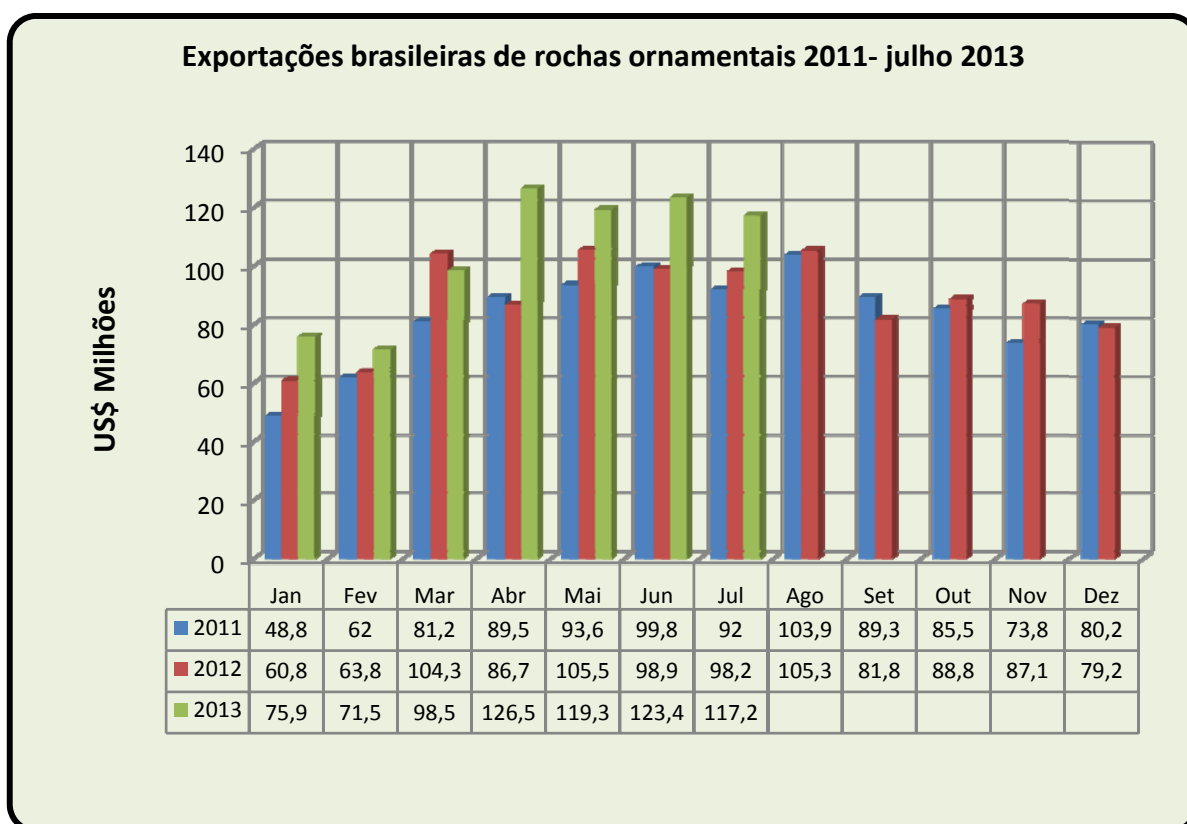


Fonte: Associação... (2012)

A produção de rochas ornamentais no Brasil é liderada pela região sudeste, com 64,5% de todo o volume produzido, seguida pela região nordeste com 24,5%, a região centro oeste com 4,4% e a região norte com 2,2%. O maior exportador é o estado do Espírito Santo, cujas exportações, em 2012, alcançaram o valor US\$ 797,79 milhões e 1.512.687,78 toneladas, correspondentes, respectivamente, a 75,2% e 67,6% das exportações brasileiras, seguido por Minas Gerais com US\$ 194,10 milhões e 569.757,36 toneladas, correspondentes a 18,3% e 25,5% do total. No tocante ao valor da produção, São Paulo, com 1,19%, e Ceará, com 1,18%, ocupam as posições seguintes. (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

As exportações brasileiras de rochas ornamentais continuaram a crescer em 2013, pois, segundo a Associação... (2012), no período de janeiro a julho foram exportados US\$ 732,43 milhões, correspondentes à comercialização de 1,49 milhões t, registrando-se variação positiva de 18,46% no faturamento e 15,48% no volume físico exportado, em relação ao mesmo período de 2012, como mostrado na figura 5.

Figura 5 - Panorama das exportações brasileiras no primeiro semestre de 2013 em relação aos anos anteriores



Fonte: Associação... (2012)

Conciliar a exploração mineral com a preservação é um grande desafio, uma vez que, como visto, ela é imprescindível à economia de um país e contribui de maneira substancial para o bem-estar das pessoas. No entanto, provoca grandes alterações e desequilíbrios ambientais, tanto nas áreas mineradas como em áreas vizinhas, onde são feitos os depósitos de estéril e de rejeito, em alguns casos com a presença de substâncias químicas extremamente nocivas, utilizadas na fase de beneficiamento de alguns tipos de minério, como o mercúrio nos garimpos de ouro, que é despejado no ambiente, trazendo sérios riscos às pessoas.

3.1 A mineração no Estado do Ceará

A mineração no estado do Ceará começou, tal como em outras regiões do país, nos primórdios da colonização. Nessa época a exploração mineral era

pequena e os minerais explorados, areia, argila e pedras, eram destinados para a construção civil.

Até o século XIX, a mineração do estado do Ceará exibia um quadro de desenvolvimento e de emprego de novas tecnologias bastante tímido. Os diversos materiais de construção eram retirados, principalmente, de aluviões e, quando de afloramentos rochosos, eram separados por cunhas, acompanhando fraturas e amarrados com ponteiras e marretas, e, caso necessário, perfurados e detonados com pólvoras caseiras (VIDAL; ROBERTO, 2005).

No início do século XIX, ganhou destaque a exploração dos calcários da Chapada do Apodi e de Sobral/Coreaú, além da magnesita de Iguatu e a gipsita da Chapada do Araripe.

De acordo com Cavalcante, Vasconcelos e Gomes (2003), em meados do século XIX (à época do Império), as instituições encarregadas pela coroa de explorar o interior do Ceará tinham, ao elaborarem a seção geológica e mineralógica, que coligir toda espécie mineral que se apresentasse como mineral-minério ou como componente de rochas. Nesta época, foram encontrados metais preciosos (ouro e prata) em **Itarema e na região do Cariri**.

Por volta de 1880, os franceses iniciaram, neste estado, em Viçosa, a exploração do minério de cobre oxidado de Pedra Verde, que era transportado por meio de animais até o porto de Camocim, onde embarcava com destino à França.

Nas décadas de 1930 e 1940, foram estudados diversos depósitos de diatomita nas proximidades de Fortaleza e viabilizados como jazidas. Neste período foi implantada a empresa de mineração Diatomita Industrial Ltda., com a finalidade de explorar esses depósitos (CAVALCANTE; VASCONCELOS; GOMES, 2003).

No período de 1942 a 1945, foi intensificada no Ceará a pesquisa mineral em pegmatitos, motivada pela segunda guerra mundial, assim como a exploração do mineral de rutilo nos municípios de Independência, Crateús e Quixadá

Segundo Cavalcante, Vasconcelos e Gomes (2003), um fator de grande importância para o setor mineral do estado foi a criação do curso de Geologia na Universidade Federal do Ceará, em 1969 e, em seguida, no ano de 1973 a

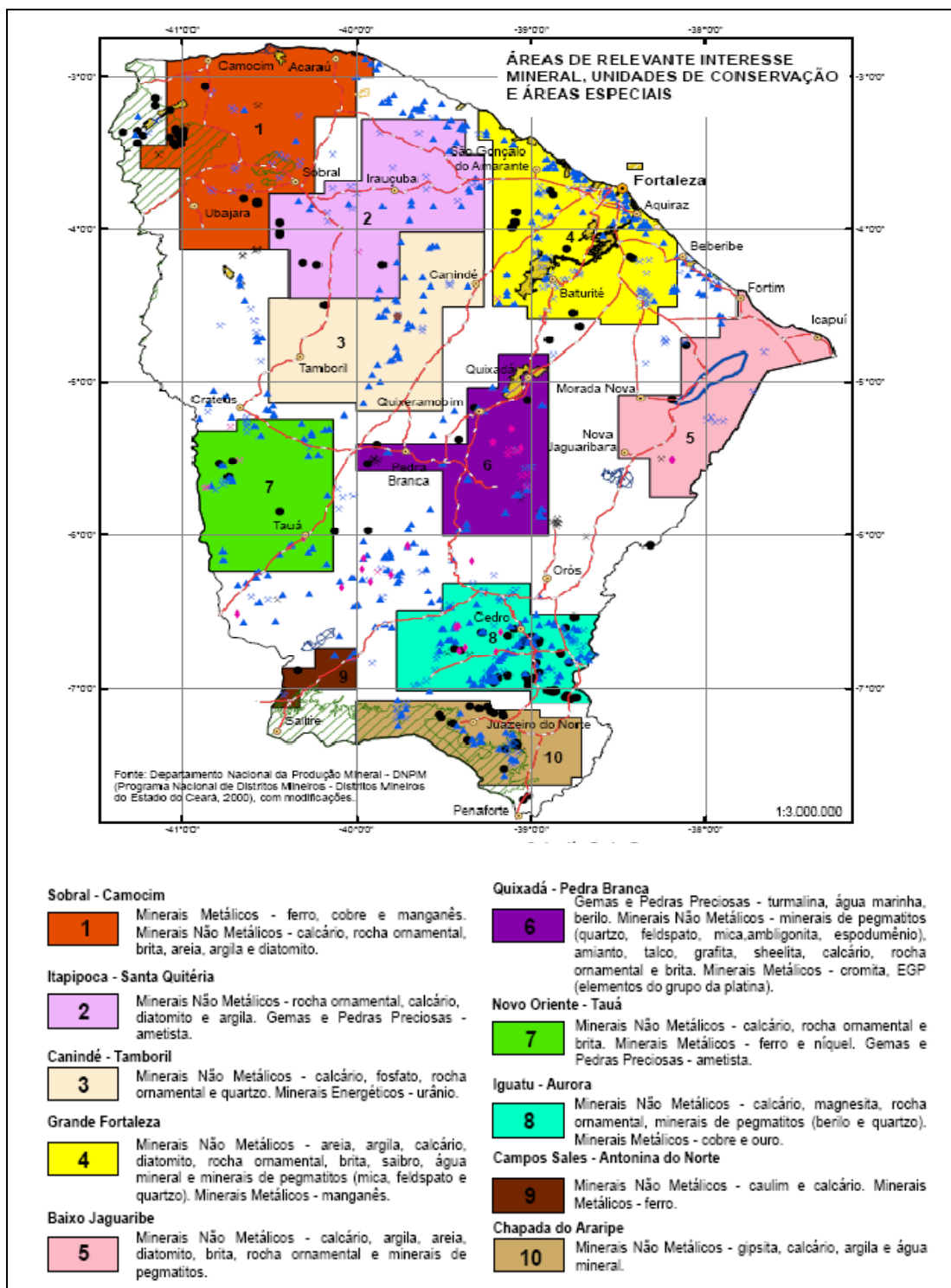
criação do curso de Geologia na Universidade de Fortaleza, o qual foi encerrado em 1990.

Em 1983, a empresa Guanordeste Comércio e Mineração Ltda se instalou no município de Viçosa do Ceará, com o objetivo de implantar uma unidade para a produção de cimento de cobre com capacidade de 100 t/dia, porém suas atividades foram paralisadas em 1987. A reserva da jazida de minério oxidado da Guanordeste está estimada em 1.429.000 t, com teor médio de 2,45% de Cu, sendo a malaquita e a azurita os principais minerais de minério de cobre. Na mesma região estão localizadas reservas pertencentes à Mineração Viçosa S.A., estimadas em 11.400.000 t, com teor médio de 0,99% de Cu (VIDAL; ROBERTO, 2005).

A partir de 1987, o governo estadual promoveu ações com o objetivo de mudar o perfil econômico do estado, de forma que o fator climático não interferisse na atração de interesses econômicos. Nesse contexto, a Companhia Cearense de Mineração, CEMINAS, criada em 1981, teve papel importante como fomentadora, intensificando a pesquisa de rochas ornamentais e implementando ações como a criação, em 1989, da mina escola no município de Massapê, em convênio com o Ministério das Minas e Energia.

De acordo com Roberto (2000), no Ceará foram caracterizados 10 distritos mineiros, nos quais se concentra a produção mineral efetiva do estado, conforme mostrado na figura 6.

Figura 6 - Mapa de localização dos distritos mineiros no estado do Ceará



Fonte: Departamento... (2000)

As rochas ornamentais, de uma maneira geral, comercialmente, são divididas em dois grandes grupos: “mármore” e “granito”. Esses termos têm sido consagrados na indústria e abrangem um grande número de rochas

utilizadas na construção civil, sem que, em termos geológicos, correspondam a uma definição exata das nomenclaturas atribuídas (ROBERTO, 1998).

Os “granitos”, popular e comercialmente, são representados por uma grande variedade de rochas ígneas e metamórficas, que vão desde o granito propriamente dito a rochas básicas e ultrabásicas, tais como basaltos, gabros, diabásios, piroxenitos etc., passando por rochas metamórficas de médio e alto grau, como gnaisses, migmatitos, granulitos etc. Os “mármore” são representados por rochas carbonatadas, de origem sedimentar, como calcários ou dolomitos, ou de origem metamórfica, como o mármore.

As primeiras referências sobre rochas ornamentais no estado do Ceará são creditadas ao “Projeto Pedras Ornamentais das Regiões Norte-Noroeste, Leste e Oeste do Estado do Ceará”, executado pela Companhia Cearense de Mineração (CEMINAS), iniciado em 1982 e concluído em 1987. Este projeto selecionou áreas com grande potencial para pesquisa de granito ornamental em todo estado, principalmente nos municípios de Meruoca, Alcântaras, Massapê, Irauçuba, Sobral, Tamboril e Santa Quitéria, na região norte e noroeste. (ROBERTO, 1998).

Em 1987, quando o governo cearense optou pela implementação de medidas dando ênfase em atividades no setor mineral, a exploração de rochas ornamentais se apresentou como alternativa viável, uma vez que a CEMINAS, principal órgão fomentador da exploração mineral no estado, já possuía trabalhos de pesquisa mineral e era detentora do primeiro Alvará de Lavra de granito no estado, na serra da Meruoca, no município de Alcântaras, expedido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (VIDAL; ROBERTO, 2005).

Em 1982, a Indústria Brasileira de Mármore S/A - INBRASMA, pertencente ao Grupo IMARF – Indústria de Mármore Fortaleza Ltda., que trabalhava somente com a comercialização de chapas de granito proveniente de outros estados do país, principalmente do sudeste, se tornou a primeira empresa privada de beneficiamento de granito a se instalar no estado do Ceará, no município de Sobral, região norte do estado, com a instalação inicial de um tear e, posteriormente, de outros três. Em 1986 já eram seis teares, que produziam seis mil metros quadrados de chapas de granito por mês. Atualmente, a empresa conta com dez teares instalados.

Com o propósito de identificar o potencial de granito existente no estado, o governo, através da CEMINAS, intensificou as pesquisas geológicas para detectar as jazidas de rochas ornamentais mais favoráveis à exploração técnico-econômica. Com a finalidade de fomentar esta atividade mineral, com foco na exploração de granito, a CEMINAS implantou lavras experimentais, denominadas de minas-escola, para formação e treinamento de mão de obra.

Em 1988, através de uma matéria produzida pela revista Rochas de Qualidade, intitulada “Ceará Novo Eldorado do Granito”, o estado passou a ser reconhecido nacionalmente como produtor de granito. Nesse ano, o governo do estado estabeleceu, em seu Plano de Metas e Realizações, o “Programa de Incentivo à Indústria de Granito Ornamental”, com o objetivo de estimular a produção industrial de rochas ornamentais e a criação de um Polo Graniteiro no estado, uma vez que o Ceará detém reservas suficientes para se tornar o terceiro maior produtor de granito do país (ROBERTO, 1998).

Em 1989, foram fundadas no estado do Ceará duas empresas que alavancaram o setor de rochas ornamentais: GRANOS – Granitos do Nordeste S/A, fruto de uma parceria entre o Grupo IMARF e a Construtora Silveira, e GRANISTONE MINERAÇÃO.

A GRANOS conta, atualmente, com 10 teares instalados e operando com capacidade de produção de 25.000m² de chapas por mês, forno de secagem e setor de resina bem equipado, usando produtos de nível internacional e três linhas automatizadas de polimento para finalizar o processo produtivo.

Fundada em 1989, a empresa GRANISTONE Mineração é detentora da maior reserva de granito branco do mundo, a jazida localizada na Fazenda Lagoana, no município de Santa Quitéria, região central do estado, com uma reserva medida de 100 milhões de m³. Atualmente, tem uma produção média de 1.000m³/mês de granito em blocos. A GRANISTONE abastece as principais indústrias de beneficiamento do País e exporta para os mercados europeu e asiático.

Em abril de 1993, foi instituído o Pólo Graniteiro do estado do Ceará, pelo governo estadual. Em seguida, em 1994, foi criado, na Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC, o Sindicato das Indústrias de Mármore e Granito do

Estado do Ceará - SIMAGRAN, que na época chegou a contar com 18 empresas filiadas.

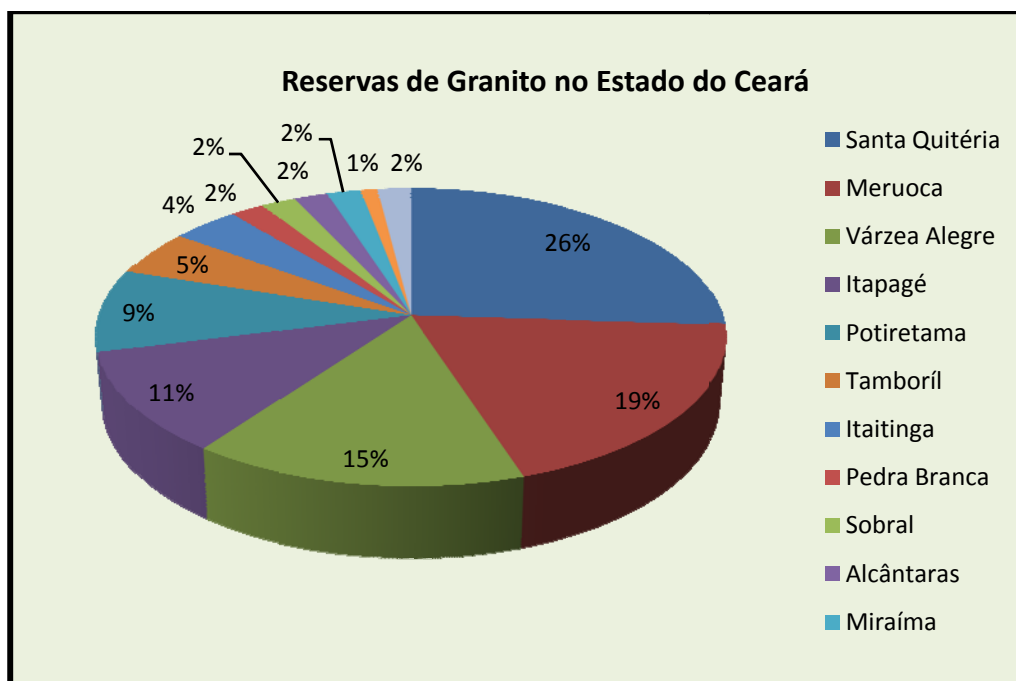
A partir de 1988, as rochas ornamentais entraram na pauta de exportação do estado do Ceará, com faturamento inicial de US\$2.021,00. Esse crescimento se consolidou nos anos seguintes com aumentos significativos, chegando ao patamar de US\$ 2.831.483,00 em 1993. Posteriormente, esses valores desceram para US\$2.076.686,00 em 1994 e despencaram para US\$1.369.671,00 em 1995. Essa queda nas exportações foi causada pelo fechamento de várias empresas menores em razão dos altos investimentos para beneficiar o produto e pela entrada da China no mercado mundial de rochas ornamentais (VIDAL; ROBERTO, 2005).

Dados da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) mostram que, nos dois primeiros meses de 2010, o setor de rochas ornamentais sinalizou a retomada de crescimento com um salto sem precedentes na pauta de exportações do estado. De janeiro a fevereiro, o setor cresceu 166,1% na comparação com o valor exportado em igual período do ano anterior, atingindo a cifra de US\$ 2,8 milhões nas vendas externas contra o montante US\$ 1,05 milhão contabilizado no mesmo período de 2009. Com isso, a participação do segmento nas exportações cearenses saltou de 0,6% para 1,4%. O principal destino das rochas ornamentais foram os Estados Unidos e a Itália SIMAGRAM (CAVALCANTE, 2010).

Segundo o SIMAGRAM (CAVALCANTE, 2010), atualmente, do Ceará estão sendo exportadas as seguintes rochas ornamentais: Granito Branco Ceará (Granistone S/A), Branco Ártico, Golden Ártico, Verde Pantanal, Pantanal Light, e Rain Forest (Granos - Granitos do Nordeste S/A), Red Dragon, Golden Fóssil, Juparaná Fantástico, Ju Bordeaux, Bordeaux Terracota, Juparaná Montiel, Juparaná Leight e Green Galaxy (Mont Granitos S/A), além dos calcários sedimentares (Bege Capri, San Marino e Blue Marine), vendidos pela Mont Granitos S/A para os Estados Unidos.

O Ceará, desde 1994, tem se destacado no mercado por sua diversidade de litótipos, contando, atualmente, com cerca de 60 tipos diferentes de rochas ornamentais e de revestimentos distribuídos em vários municípios do estado, com destaque para as designadas de granitos, cujos tipos são mostrados na figura 7.

Figura 7 - Reservas de rochas ornamentais graníticas no estado do Ceará



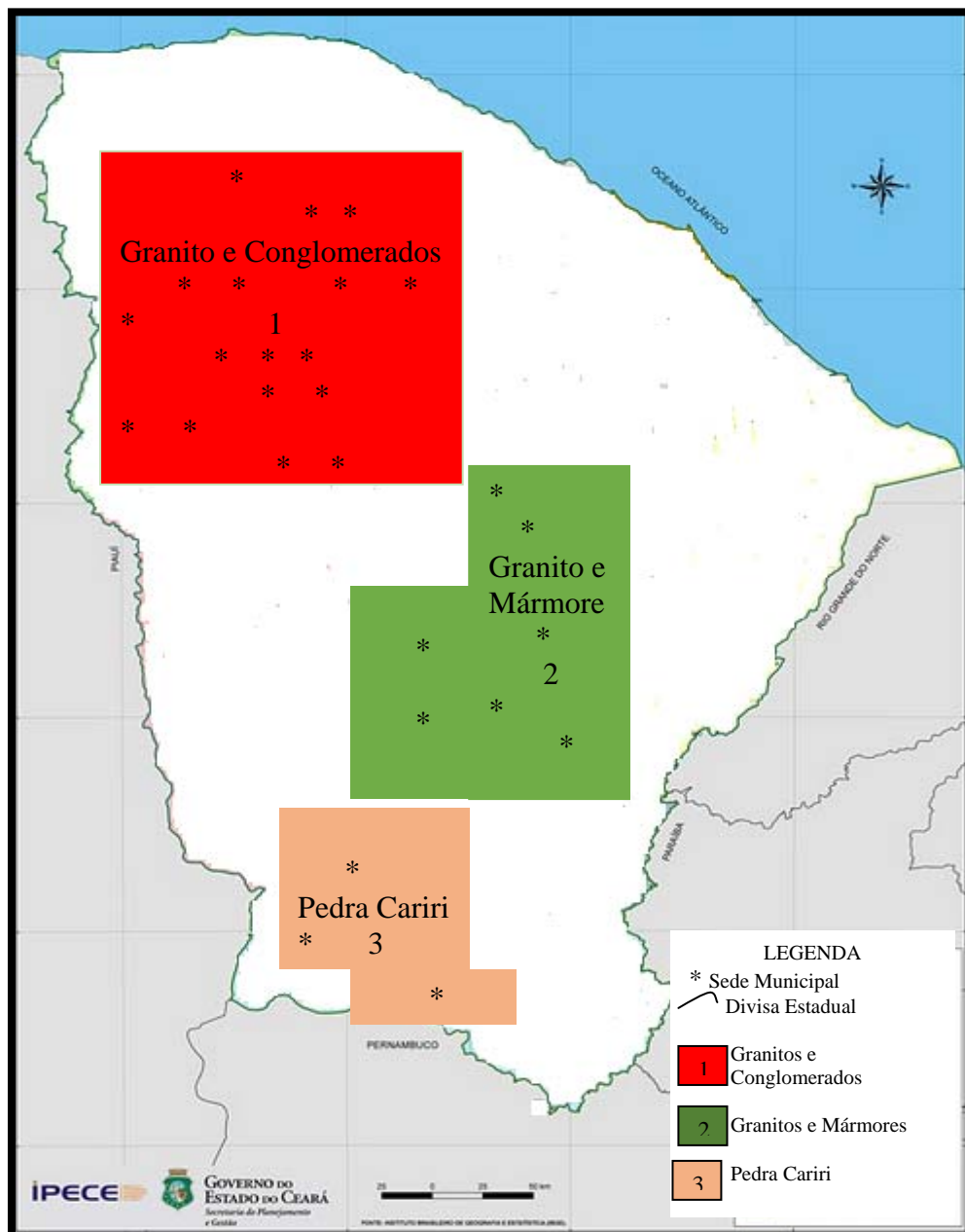
Fonte: Departamento... (2011b)

As principais jazidas de rochas ornamentais do estado do Ceará estão localizadas nos municípios de Alcântaras (granito Vermelho Filomena), Meruoca (granitos Rain Forest, Verde Ceará), Massapê (granitos Meruoca Clássico, Verde Meruoca e Verde Ventura), Santa Quitéria (granitos Branco Ceará, White Bee, Branco Santa Quitéria, Juparaná Montiel e Juparaná Light), Forquilha/Sobral (granitos Red Dragon, Rosa Iracema, Branco Savana, Rosa Olinda e Red Symphony), Cariré/Varjota (granito Cinza Prata), Itapipoca (granitos Verde Amazonas e Verde Itapipoca), Aracoiaba (granito Preto Ceará e Golden Fóssil), Itapiúna (granito Preto Itapiúna), Boa Viagem (granito Branco Boa Viagem), Pedra Branca (granitos Casa Blanca, Falésia, Juparaná Delicato, Branco Ártico e Golden Ártico), Banabuiú (granitos Branco Astro e Branco Banabuiú), Tejuçuoca (granito Branco Cemoara), Irauçuba (granito Branco Nevasca), Caridade (granitos Coliseum Gold e Coliseu Green), Coreaú (granito Dourado Sobral), Caucaia (granitos Gran Caramelo e Mont Blanc), Marco (granitos Green Galaxy, Verde Pantanal e Pantanal Light), Amontada (granito Kinawa Gold), Santana do Acaraú (conglomerados Bordeaux Santana, Mantenga e Caravvagio), Parambu (conglomerados Ju Bordeaux e Bordeaux Terracota), Limoeiro do Norte (mármore Bege Capri, San Marino e Blue Marine) e Santana do Cariri/Nova

Olinda (calcário sedimentar - Pedra Cariri), como mostrado na figura 8, (VIDAL; ROBERTO, 2005).

Verifica-se uma expressiva concentração das jazidas de rochas ornamentais e de revestimento, nas regiões N-NW e central do estado, onde aproximadamente 85% destas reservas estão localizadas, ficando a região sul responsável pelos 15% restantes, (VIDAL; ROBERTO, 2005).

Figura 8 - Distribuição das jazidas de rochas ornamentais e de revestimento dos municípios com maior produção no estado do Ceará



Fonte: Cavalcante, Vasconcelos e Gomes, 2003

4 SERRA DA MERUOCA: LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

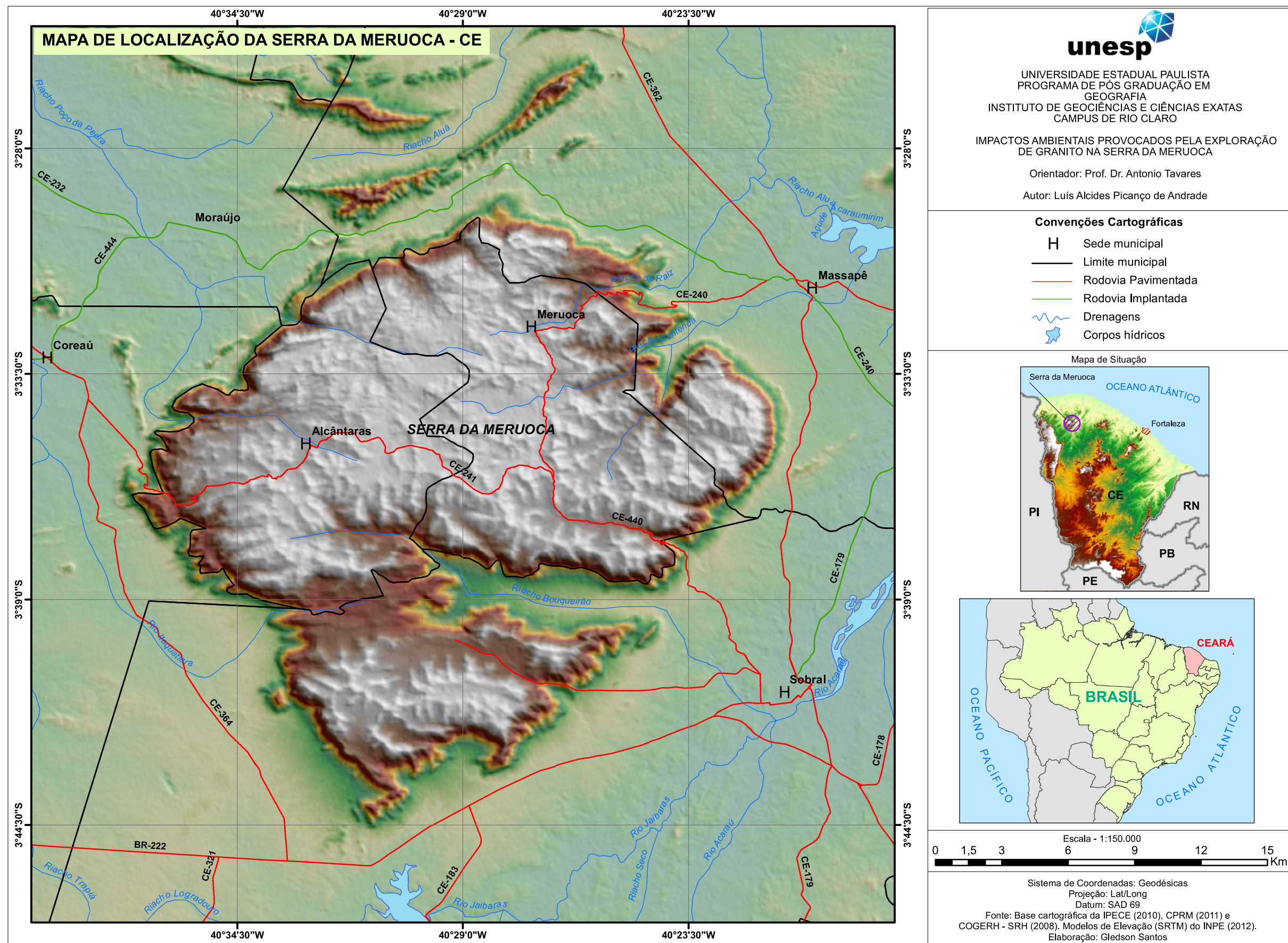
A área estudada está localizada na mesorregião noroeste do estado do Ceará, microrregião da Meruoca, entre as coordenadas 03°25'01,41" e 3°46'52,62" de latitude sul e 40°18'28,63" e 40° 39'31,28" de longitude oeste, distando, aproximadamente, 250 km de Fortaleza, com acesso a partir da capital cearense, pela BR-222, até a cidade de Sobral, e, em seguida, pela CE-440 (Figura 9). Ela abrange os municípios de Meruoca e Alcântaras e parte dos municípios de Sobral, Massapê e Moraújo, possuindo uma área aproximada de 400 Km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA..., 2007).

O Maciço Residual, como mostrado na figura 9, está dividido em dois setores bem diferenciados, sendo a parte norte pertencente aos municípios de Meruoca, Alcântaras, Massapê e Moraújo, e a parte sul, denominada de Meruoca-Rosário, formada por parte do município de Sobral.

Definida no Projeto Jaibaras (COSTA et al., 1973) como um "stock granítico", denominação dada para a massa intrusiva encaixada nos sedimentos epimetamórficos dos Grupos Ubajara e Jaibaras, a Serra da Meruoca faz parte das serras cristalinas que, em função de vários fatores climáticos favoráveis, apresentavam, em décadas passadas, uma vegetação de porte arbóreo que abrigava uma fauna bastante diversificada, de grande importância econômica, ecológica e social para a região.

A Serra da Meruoca foi caracterizada pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981) como um Planalto Residual do primeiro grupo, que inclui aqueles com altitudes superiores a 700 metros, quebrando a continuidade da unidade geomorfológica definida como Depressão Sertaneja, termo proposto por Ab'Saber (1974), muito bem distribuída e representada sempre a leste da Serra da Ibiapaba, na divisa entre o Ceará e o Piauí.

Figura 9 - Localização do Batólito Granítico Serra da Meruoca



Fonte: Instituto... (2010); Serviços... (2011); Companhia... (2008); Instituto... (2012)

Do ponto de vista geológico, a área em estudo está inserida no contexto da Província Borborema (ALMEIDA; BRITO NEVES; FUCK, 1977), mais precisamente no Sistema de Dobramentos Médio Coreaú (BRITO NEVES, 1975) ou no Cinturão de Cisalhamento Noroeste do Ceará (ABREU et al., 1988), onde os altos estruturais representam o embasamento com idades definidas, no mínimo, transamazônicas (BRITO NEVES, 1975; ABREU; LAFON, 1991; GORAYEB; TAVARES; LAFON, 1991) ou presumivelmente arqueanas (SÁ, 1984; SANTOS; BRITO NEVES, 1984, HACKSPACHER; SANTOS; LAFON, 1991). Os baixos estruturais compreendem o Gráben de Martinópolis, onde Prado et al. (1979) relatam idades "uruçunas", e Gráben de Ubajara, provavelmente de idade brasileira (NOVAIS; NEVES; KAWSHITA, 1979; HACKSPACHER; SOARES; PETTA, 1988). Esses grábens, por sua vez, encontram-se sobrepostos por uma sequência molássica brasileira, designada Grupo Jaibaras. Toda a região é marcada por manifestações magmáticas, tais como os granitóides alcalinos Mucambo e Meruoca (SIAL; FIGUEIREDO; LONG, 1981), os diques ácidos a noroeste de Sobral, provavelmente mais antigos que os granitos anteriores, e o vulcanismo Parapui do Gráben Ubajara, com caráter continental (BRASIL, 1981).

A intrusão do corpo batolítico Meruoca-Rosário nas unidades adjacentes se deu em circunstâncias tectônicas distintas. O ambiente tectônico regional mostra um sistema de rifteamento delimitado pelos lineamentos Sobral-Pedro II e Café-Ipueiras, ao mesmo tempo em que eram depositados os sedimentos do Grupo Jaibaras. A constante abertura do rifte e o adelgaçamento crustal geraram as primeiras intrusões ígneas, de composição bimodal, na forma de diques, sills e derrames. Com o aumento dos esforços, abriu-se o espaço para a intrusão da grande concentração de diques de Coreaú, paralelamente à direção de encurtamento (BIZZI..., 2003).

Ao final, com o relaxamento dos esforços, as estruturas Sobral-Pedro II e Café-Ipueiras, anteriormente de caráter dextral, inverteram a polaridade e passaram a "fechar" o rifte através de movimento sinistral. Esta inversão de polaridade causou uma diminuição de pressão ao longo do Lineamento Sobral-Pedro II e, posteriormente, a intrusão do Batólito Meruoca-Rosário e do stock Mucambo. Tais Maciços, de natureza cálcio-alcalina, foram, provavelmente,

resultantes da fusão crustal parcial causada durante o evento de rifteamento (BIZZI, 2003).

O Batólito Meruoca se apresenta com feições tectônicas bem características, exibindo forma grosseiramente retangular, com contatos, predominantemente, por falhamento, com rochas do Complexo Granito-Gnaiss-Migmatítico, dos Grupos Ubajara, Martinópolis e Jaibaras. Devido ao seu tamanho e exposição, permite uma melhor avaliação de suas estruturas, não mostrando foliação ou acamamento. Sua maior parte é caracterizada por uma fácies grosseira, pegmatítica. Uma fácies fina, porfirítica, é restrita a poucas áreas dentro do batólito e, provavelmente, representa resíduos da carapaça do resfriamento que uma vez circundou o corpo, formado à época de sua cristalização (SOUZA; OLIVEIRA, 2006).

Dentre as falhas que cortam este Batólito, a de Café-Ípueiras é a mais expressiva, de direção SW-NE, representando a porção Leste do Gráben do Jaibaras. Ao longo dela ocorre um granito grosseiro, de cor vermelho-tijolo, intensamente brechado, com fraturas mergulhando quase que verticalmente e com “slickensides” em baixo ângulo. A maior parte das fraturas deste batólito tem direção entre N50°W e N70°W ou em torno de N75°E. Um terceiro grupo de fraturas, menos comum, tem direção N-S e também contribuiu para dissecar o batólito, permitindo a formação de vales profundos por toda a intrusão (NASCIMENTO; GORAYBE, 2004).

Uma importante zona de cisalhamento é observada ao longo do vale de São Expedito e no Riacho Boqueirão, com direção aproximadamente E-W, onde o granito vermelho-tijolo predomina. Esta é, provavelmente, uma falha conjugada com a de Café-Ípueiras, denominada por Sial, Figueiredo e Long (1981), como falha de Meruoca-Rosário, que continua pela falha de Aroeira a oeste deste batólito. Como mostrado na Figura 10, a zona de cisalhamento divide o batólito em duas porções, morfologicamente distintas, correspondentes às Serras da Meruoca e de Rosário. Neste vale, muitas fraturas foram preenchidas por veios compostos por minerais de óxido de ferro que se mostram quebrados, rejeitados por uma segunda geração de fraturas, atestando a existência de mais de um evento tectônico. Diversos diques estreitos de riolito e basalto, provavelmente de idades equivalentes ao vulcanismo Parapuí, são encontrados ao longo deste vale.

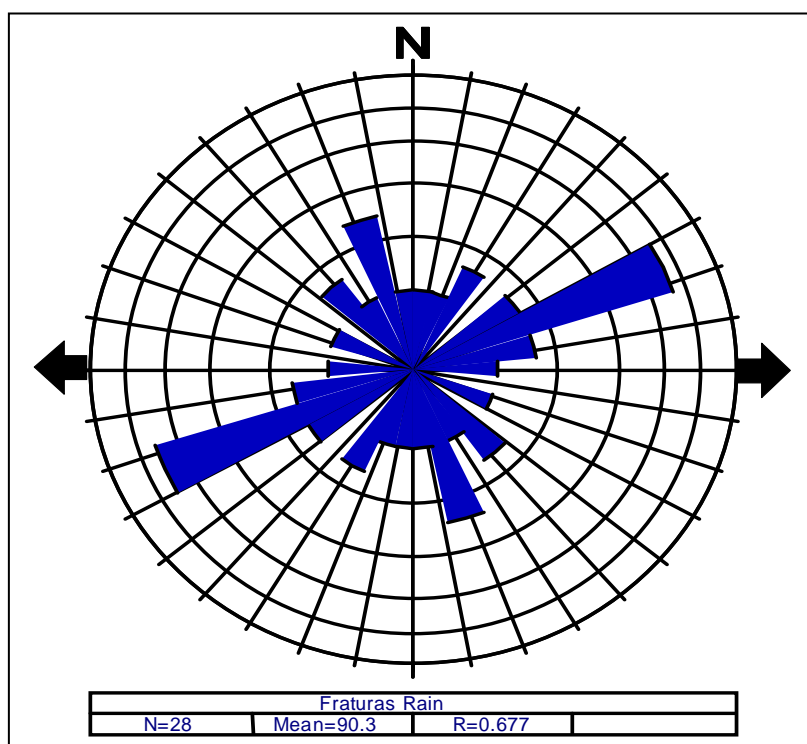
A falha que corta o Batólito da Meruoca na sua porção oeste e próximo a ela é, provavelmente, a continuação da falha de Arapá (COSTA et al., 1973). A porção nordeste do batólito foi atingida pela falha de Contendas (COSTA et al., 1973), de direção SW-NE, que se estende até a vila de Mumbaba. Muitos diques de diabásio, conforme figura 10, podem ser observados intrudindo as rochas que constituem esse batólito (SIAL; FIGUEIREDO; LONG, 1981).

Segundo dados do relatório final de pesquisa, apresentado pela Mineração Agreste Ltda. ao DNPM, em 2010 (DEPARTAMENTO..., 2010b), o padrão de fraturamento que mais se repete na porção NE do batólito obedece a duas direções preferenciais: $N70^{\circ}$ e $N160^{\circ}$, sendo a primeira a de maior expressividade, conforme figura 11.

Ainda segundo o relatório final de pesquisa, apresentado pela Mineração Agreste Ltda. ao DNPM, em 2010 (DEPARTAMENTO..., 2010b) este padrão gera um sistema ortogonal de fraturamento, que se verificou na área sob a forma de grandes blocos alongados e orientados segundo a direção $N110^{\circ}$. Este sistema se mostra persistente e penetrativo, uma vez que está em concordância com as estruturas dúcteis-rúpteis regionais. É comum, ainda, o surgimento de juntas de direções variadas, que não caracterizam famílias nem obedecem a um padrão específico.

As fraturas atectônicas estão representadas por fissuras de pequeno porte ao longo dos dorsos de rochas aflorantes e pelas esfoliações de alívio de pressão, tão comuns nas rochas graníticas. Estas, juntas, caracterizam-se pela baixa penetrabilidade, não significando grandes problemas para a extração.

Figura 11 - Diagrama de Roseta do Padrão de Fraturas



Fonte: Departamento... (2010)

Os granitos que compõem o Batólito da Meruoca possuem caráter polintrusivo, com várias texturas, cores e tonalidades no mesmo corpo, que, provavelmente, podem ser resultantes da incorporação de novos pulsos magmáticos, bem como de assimilação de xenólitos da rocha encaixante e também por alterações tardi a pós-magmáticas. O corpo granítico apresenta, localmente, feições de mistura de magmas de natureza granítica, caracterizadas por pulsos magmáticos sin intrusivos. Ele possui auréola de metamorfismo no contato com as rochas do Grupo Ubajara e a ausência desta junto às rochas do Grupo Jaibaras, o que sugere para este evento magmático uma idade cambro-ordoviciano, posicionando-o como pós Ubajara e pré Jaibaras. Com base em datações radiométricas pelo método K/Ar, realizadas em amostras do granito Meruoca, foi-lhe atribuída idade de 440 milhões de anos, que o posicionou no Cambriano Médio (VANDOROS, 1967).

Diversos tipos petrográficos são identificados no domínio do batólito Meruoca-Rosário, associados à coloração, granulação e proporção mineralógica. Ocorrem tipos de granito de coloração vermelha inequegranular, vermelha acinzentada porfirítico, rosa claro, rosa pegmatítico, branco porfirítico, branco inequegranular grosso e branco acinzentado de granulação média a grossa, porém nem todos são passíveis de divisão, visto que alguns possuem limites transicionais e outros não oferecem extensão mapeável. Essa diferenciação faciológica é responsável pela diversidade dos tipos de granitos ornamentais encontrados, uma vez que apresentam variações na concentração de anfibólios e máficos, modificando a coloração esverdeada para tipos mais amarelados, quando alterados, e uma coloração avermelhada, quando há maior concentração de minerais feldspáticos. São comuns também variações nas dimensões e proporções desses feldspatos (potássico e cálcico) e quartzo, modificando a textura de inequegranular grosso para porfirítico, até feições pegmatóides associadas às zonas de contato no sul do batólito (GORAYEB et. al., 1988).

De acordo com o Instituto de Planejamento... (1997), os dados pluviométricos do estado mostram que as precipitações mais significativas e mais bem distribuídas do ano ocorrem no litoral e nas serras, enquanto nos sertões a irregularidade e a escassez predominam. Quanto mais se caminhar para o interior do estado, maior a irregularidade e menor a quantidade das chuvas. Nos níveis

mais elevados das serras há precipitações mesmo nos meses onde a chuva é escassa no restante do estado.

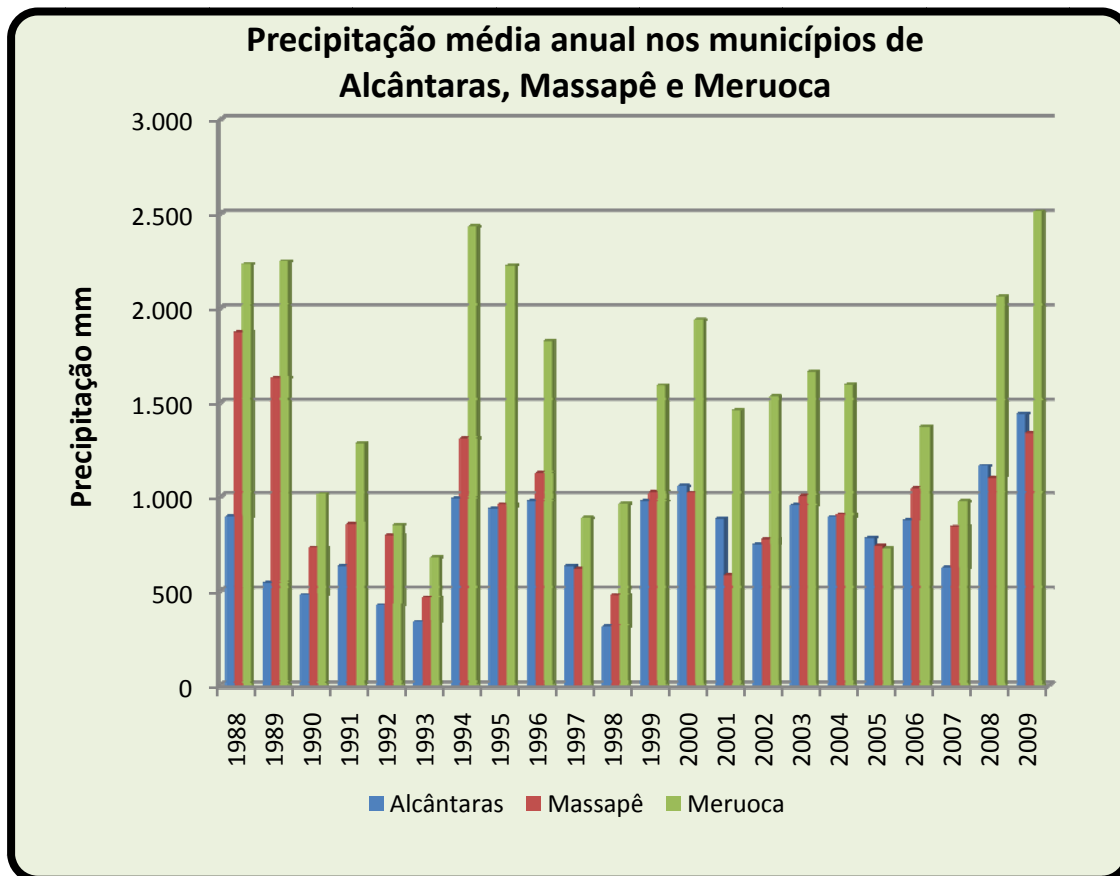
No Ceará, segundo a Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) (FUNDAÇÃO..., 2010), as chuvas começam em dezembro e podem se estender até junho ou julho do ano seguinte, dependendo das condições oceânicas e atmosféricas atuantes. As chuvas que acontecem em dezembro e janeiro são chamadas chuvas de pré-estação e ocorrem, principalmente, na região do Cariri. Em fevereiro de cada ano inicia a chamada quadra chuvosa do estado do Ceará, que se estende até maio. As chuvas, nesse período, são influenciadas pela presença da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, considerada o principal sistema ocasionador da pluviometria no norte do Nordeste. A Zona de Convergência Intertropical, segundo Xavier et. al. (2000), é uma banda de nuvens que se forma devido à convergência dos alísios de sudeste e nordeste. Ela segue o equador térmico e se desloca sazonalmente de um hemisfério a outro. No Atlântico, a ZCIT alcança latitudes bem mais ao norte do Equador, entre junho e dezembro, do que ao sul deste paralelo, entre janeiro e maio.

No período de fevereiro a maio, outros sistemas atmosféricos atuam no sentido de contribuir com as chuvas, tais como os Vórtices Ciclônicos do Ar Superior - VCAS. O estado do Ceará também recebe chuvas de junho a agosto, ocasionadas por um sistema atmosférico denominado Ondas de Leste (OL). As chuvas da pré-estação e da estação chuvosa são influenciadas por condições oceânicas e atmosféricas locais e globais. Fenômenos como El Niño, La Niña e o Dipolo do Atlântico contribuem ou não para a formação de nuvens causadoras de chuva sobre o estado do Ceará (MELLO, 2012).

A figura 12 mostra as precipitações médias anuais nas cidades de Meruoca, Alcântaras e Massapê. As duas primeiras estão sobre o maciço. Todavia, Meruoca está situada nas imediações da borda norte e sofre os efeitos dos ventos úmidos oriundos do Atlântico, que se elevam, pela influência orográfica, e geram chuvas mais elevadas. Alcântaras, localizada mais ao sul, e, portanto, mais distante da vertente de barlavento, tem precipitações bem menores. Em Massapê, situada na Depressão Sertaneja, ao norte e no sopé do maciço, as chuvas são menores do que em Meruoca, mas superam, na maior

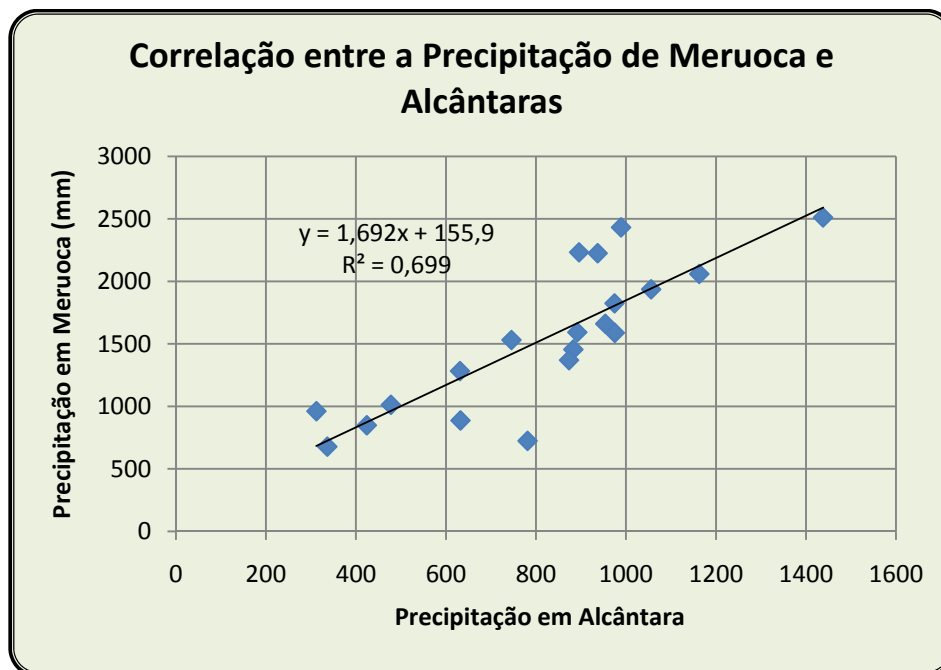
parte dos anos, as ocorridas em Alcântaras, haja vista que, por sua posição geográfica, já se manifesta ali a influência orográfica na precipitação.

Figura 12 - Precipitações nas cidades de Alcântaras, Massapê e Meruoca - CE



Fonte: Fundação... (2010)

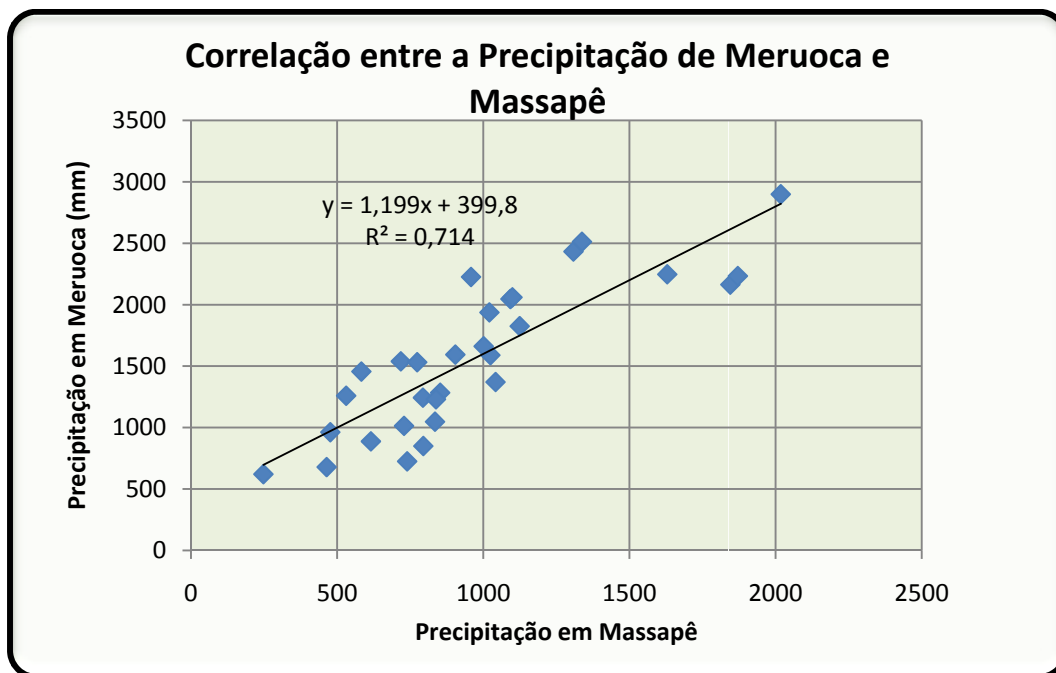
A figura 13 correlaciona as precipitações ocorridas nas cidades de Meruoca e Alcântaras. Apesar de Alcântaras, situada a 685 metros, estar numa altitude ligeiramente superior à de Meruoca, disposta a 670 metros, em ambas as chuvas são muito diferentes. Nos anos mais chuvosos há uma tendência para que a precipitação em Meruoca seja em torno de 75% superior àquela que ocorre em Alcântaras. Nos anos mais secos, quando a falta de água é um problema regional, chove em Meruoca perto do dobro do que precipita em Alcântaras.

Figura 13 - Correlação entre as precipitações de Meruoca e Alcântaras

Fonte: Fundação... (2010)

A figura 14 ilustra a correlação entre as chuvas ocorridas em Meruoca e Massapê. Neste caso, durante os anos com precipitação mais reduzida, a pluviosidade em Meruoca excede em até 150% as ocorridas em Massapê. Porém, nos anos mais chuvosos, a precipitação na cidade situada no topo do maciço torna-se cerca de 45% maior do que a registrada na localidade localizada na depressão.

Figura 14 - Correlação entre as precipitações de Meruoca e Massapê



Fonte Fundação... (2010)

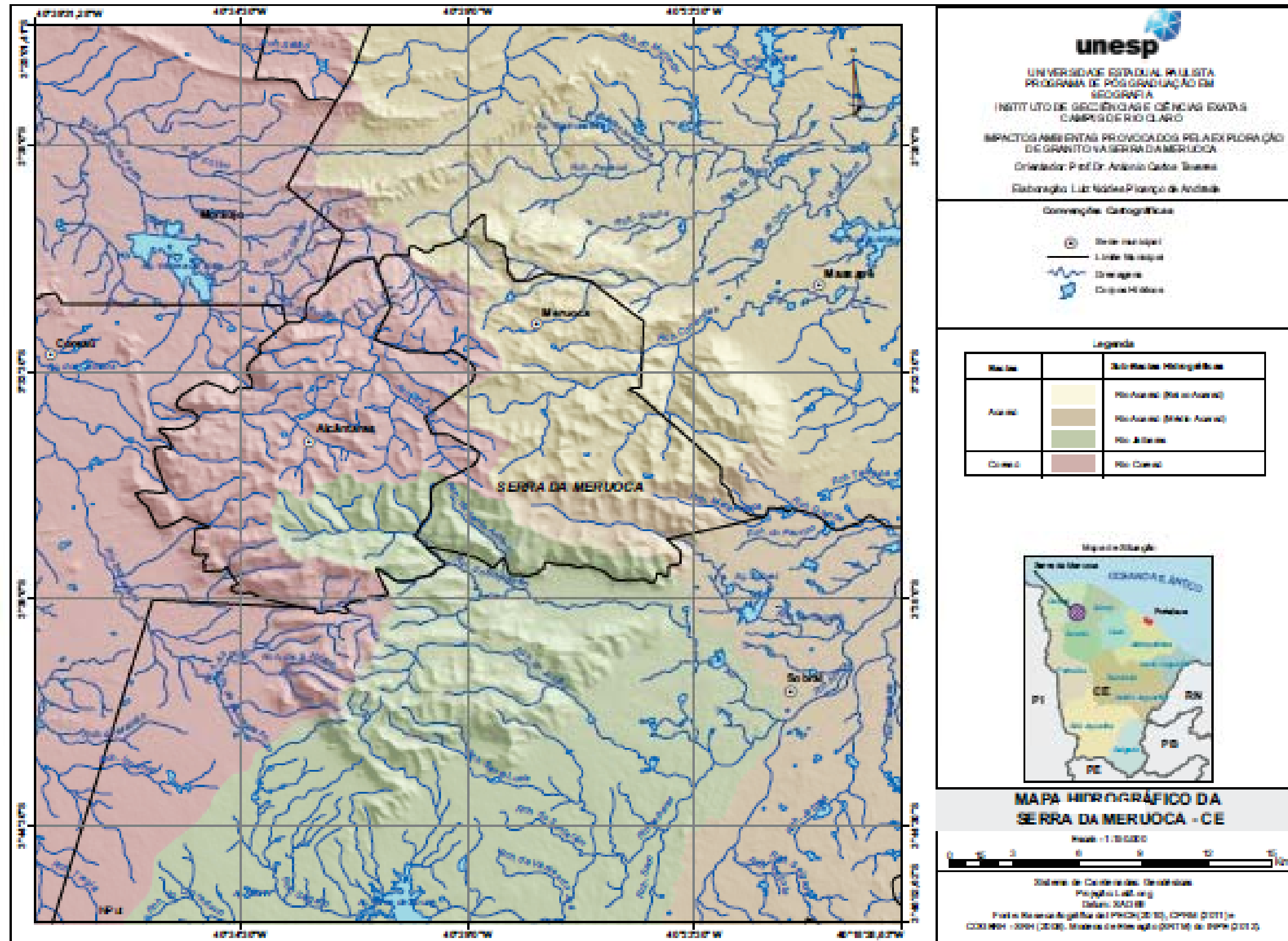
Portanto, as chuvas aumentam rapidamente à medida que se aproximam das áreas escarpadas voltadas para o Atlântico, mas tornam a decrescer acentuadamente à medida que avançam para o sul, mesmo na porção cimeira do maciço. Porém, as três cidades comparadas, dispostas em diferentes posições geográficas, têm fortes variabilidades pluviométricas, as quais, durante a escassez de chuvas, refletem de modo mais crítico em Alcântaras e Massapê.

Esta irregularidade espacial e temporal das chuvas chama a atenção, na medida em que as precipitações nos anos de 1988, 1989, 1994, 1995, 2008 e 2009, em Meruoca, ultrapassaram 2000 mm anuais, com o valor máximo, entre 1988 e 2009, de 2512 mm em 2009. Em contrapartida, em 1992, 1993, 1997, 1998 e 2005 as precipitações ficaram abaixo de 1000 mm nesta cidade. Em Alcântaras, em 1992, 1993 e 1998 as chuvas foram, respectivamente, de 424 mm, 336 mm e 311mm. Em Massapê, em 1993, choveu 464 mm e, em 1998, 476 mm. O aumento das chuvas coincide, geralmente, com a presença do fenômeno La Niña e com o dipolo negativo do Atlântico, e seu declínio com o El Niño e o dipolo positivo do Atlântico. Segundo Servain (1991), a maioria dos anos de La Niña acontece associada ao dipolo negativo, indicando um aquecimento do Atlântico Sul e resfriamento anômalo no norte, o que favorece as precipitações no nordeste.

O Maciço Residual é representado por relevo montanhoso, com escarpas abruptas, muitas vezes desprovidas de cobertura vegetal, com blocos soltos e empilhados de maneira desordenada, destacando-se da Depressão Sertaneja a sua volta, que se estende pelo seu interior através do vale do Riacho do Boqueirão e o divide em dois setores fisiograficamente distintos, Meruoca Sul e Meruoca Norte.

A área estudada é divisora de águas das bacias dos rios Acaraú, a leste, e Coreaú, a oeste, que correm, paralelamente, de sul para o norte, em direção ao oceano Atlântico. A drenagem voltada ao rio Coreaú tem maior densidade e um aspecto dendrítico, enquanto os rios que correm para o Acaraú e cortam as falhas de Café-Ipueiras e Sobral-Pedro II desenvolvem um paralelismo e bacias com feições subdendríticas influenciadas pela tectônica regional. O maior número de tributários da bacia do Coreaú se explica pelo desnível altimétrico direcionado aos quadrantes oeste e sul (figura 15).

Figura 15 - Mapa hidrográfico da Serra da Meruoca



Fonte: Instituto... (2010); Serviço... (2011); Companhia... (2008); Instituto... (2012)

Predominam na Meruoca os vales em “V”, em razão do desnível superior a 500 metros entre as áreas cimeiras do maciço e a Depressão Sertaneja, o qual proporciona uma considerável energia hidráulica e gradientes acentuados ao longo dos perfis longitudinais dos rios, favorecendo a ocorrência de regimes torrenciais, com rápidas alterações da vazão por ocasião das chuvas mais intensas. Os vales dos afluentes do Coreaú são mais abertos e a encosta oeste mais dissecada do que a oriental.

A Meruoca apresenta feições ambientais associadas aos climas subúmido e semiárido, resultantes de seu posicionamento em relação aos ventos úmidos provenientes do litoral de Camocim e Acaraú, com áreas de florestas remanescentes que a tornam uma área de exceção, se comparada a outras áreas do Ceará, onde predomina o clima semiárido.

Segundo Soares (2012), a serra da Meruoca apresenta três compartimentos que se diferenciam segundo os aspectos ambientais: as áreas de vertentes úmidas, as de vertentes secas e a parte cimeira do maciço.

As áreas de vertentes úmidas da Serra da Meruoca correspondem aos setores norte e nordeste, que recebem maiores quantidades de chuva. A partir das cabeceiras, situadas acima dos 700 metros, predominantemente em direção ao Acaraú, situado a 50 metros de altitude, a drenagem se acomoda em vales bastante encaixados, com vertentes íngremes que se desdobram, muitas vezes, em pedimentos na transição para a Depressão Sertaneja, como é mostrado na figura 16. Os interflúvios, dissecados pela escavação dos talwegues, assumem a forma de colinas e lombas alongadas, com larguras que variam de 200 a 300 metros.

Figura 16 - Vertente úmida da Serra da Meruoca, porção nordeste, próximo a Massapê



Fonte: Gomes (2009)

Predominam nestas vertentes, segundo Soares (2012), Argissolos e Neossolos Litólicos, característicos de relevos mais acidentados e dissecados. Os Neossolos Litólicos, característicos do clima semiárido que impera na Depressão Sertaneja, com cobertura da caatinga, se estendem pelas vertentes escarpadas do maciço. São solos pedregosos, rasos, com espessura em torno de 50 cm, e frequentemente possuem o horizonte A, assentado diretamente sobre a rocha. Pela sua constituição e pela posição que ocupam no relevo, são susceptíveis à erosão laminar ou em sulcos. À medida que as declividades diminuem, a pluviosidade mais elevada desta área acentua o intemperismo químico, e os Neossolos Litólicos dão lugar aos Argissolos, com profundidades variáveis, até cerca de 120 cm, sequência de horizontes A, Bt e C e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt. Eles possuem textura de arenosa a argilosa no horizonte A, e de média a muito argilosa no horizonte Bt, graças à mobilização e perda de argila pela parte mais superficial.

Nestas vertentes, a partir de 200 metros de altitude, graças à maior precipitação, a caatinga dá lugar à mata seca (Floresta Subcaducifólia Pluvial). Esta, paulatinamente, nas maiores altitudes, cede espaço para a mata úmida (Floresta Subperenifólia Plúvio-Nebular), caracterizando o “brejo” nordestino,

revestido nas áreas mais íngremes com vegetação primária e um refúgio, em altitude, para espécies da Mata Atlântica, conforme figuras 17 e 21 (FERNANDES, 1998; SOARES, 2012).

Figura 17 - Rodovia Massapê-Meruoca na subida do maciço



Fonte: Google (2013a)

Legenda: A caatinga cede lugar à Floresta Subcaducifolia Pluvial

As vertentes secas são aquelas que se posicionam a sotavento da Serra da Meruoca e compreendem os setores noroeste, oeste, sul e sudeste. Esta área do maciço inclui a Serra do Rosário, separada da parte norte pelo Riacho do Boqueirão. Devido ao declive do maciço, grande parte dela tem suas águas levadas ao Rio Coreaú. Com drenagem dendrítica, suas feições se diferenciam da área anterior devido ao rebaixamento dos topos e menores amplitudes entre os fundos de vale e as linhas de cumeada do relevo. Predominam nestas vertentes os Neossolos Litólicos e a Caatinga Arbustiva Aberta, a qual, nas imediações do cimo da escarpa, acima dos 600 metros, dá lugar à mata seca (figuras 18 e 21), (FERNANDES, 1998; SOARES, 2012). Com solos rasos e rochas expostas, o intemperismo físico impera e as vertentes se apresentam recobertas por matacões e materiais coluviais, que no sopé das encostas, junto a canais intermitentes e com escoamento torrencial, formam cones de dejeção (figura 18).

Figura 18 - Vertente oeste da Serra da Meruoca, ao longo da rodovia Alcântaras-Coreaú



Fonte: Google (2013b)

Legenda: A cidade de Coreaú é vista ao fundo. Predomínio da caatinga na parte basal da escarpa

Figura 19 - Vertente seca a sotavento da Serra da Meruoca, com vegetação de caatinga e matacões expostos



Fonte: Google (2013c)

Nos níveis de cimeira, situados acima de 600 m, a Serra da Meruoca possui uma morfologia dominada por formas aguçadas e semimamelonizadas, resultantes da estrutura, do intemperismo químico, da reptação e do estabelecimento da drenagem, que, junto aos morros, leva à formação de alvéolos, onde se estabelecem cidades como as de Meruoca, Alcântaras, Jenipapo, Conceição, Santo Antônio e São Hilário (Figura 20). A mata úmida (Figura 21), formação residual com espécies da Mata Atlântica, surge assentada sobre Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos, com mais de um metro de espessura (FERNANDES, 1998; EVANGELISTA, 2009).

Figura 20 - Distrito de Camilos, Município de Meruoca – CE, cujo sítio é uma planície alveolar no cimo do maciço



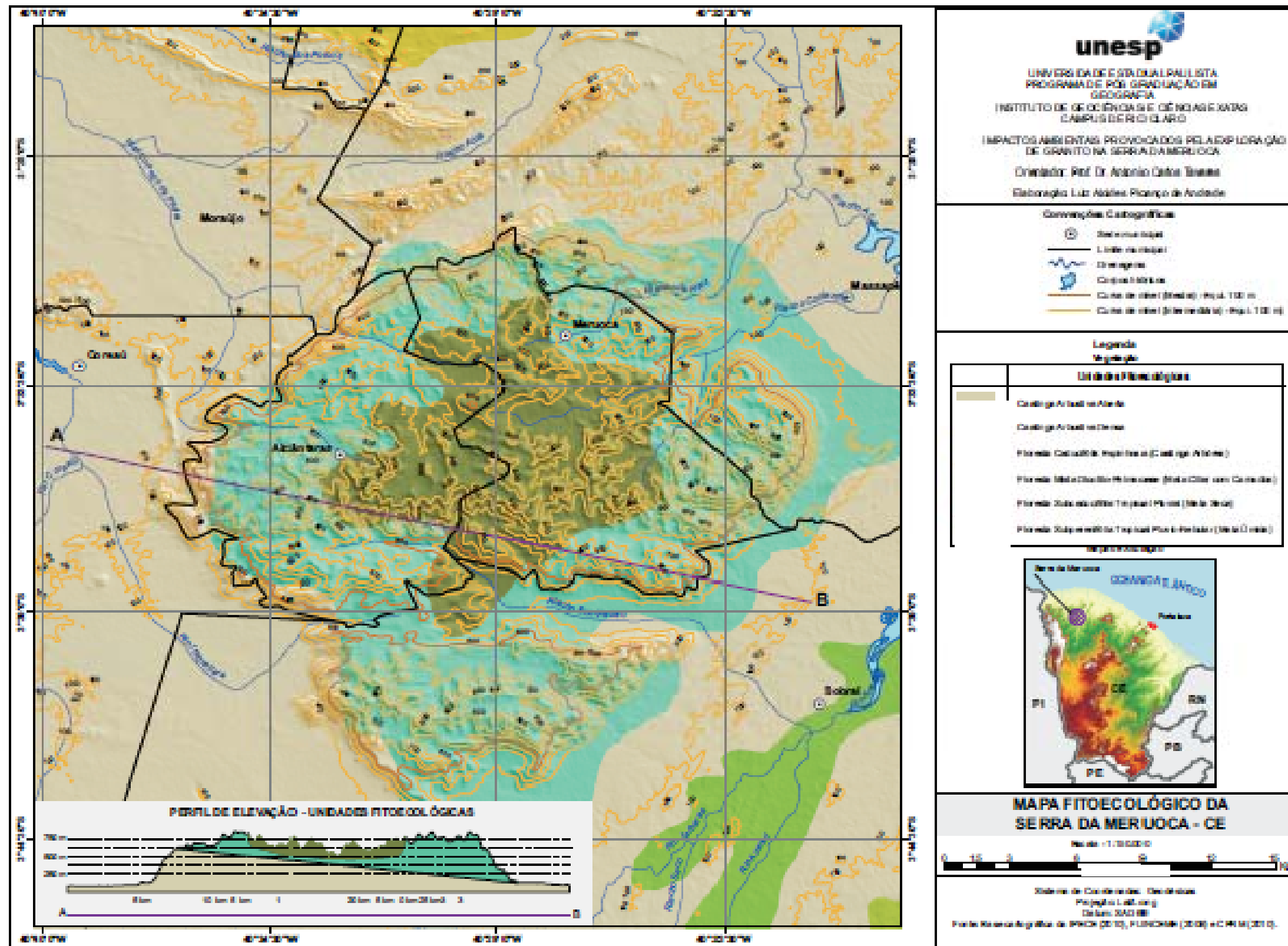
Fonte: Google (2013d)

Todo o maciço sofreu com desmatamentos indiscriminados causados por técnicas agrícolas rudimentares inadequadas à topografia local. A cobertura vegetal formada pela floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular está, de forma geral, descaracterizada, devido aos anos seguidos de desmatamentos e

queimadas. Porém, ainda há enclaves de mata úmida em locais mais íngremes, de difícil acesso, geralmente em vertentes com declives acima de 25°.

Vale ressaltar que predominam propriedades agrícolas de pequeno porte e a prática do extrativismo vegetal, como a colheita e quebra de coco babaçu. A base da produção é constituída por culturas temporárias voltadas à subsistência, como milho, feijão e mandioca, e por culturas permanentes, como as frutíferas.

Figura 21 - Mapa Fitoecológico e Perfil de Elevação da Serra da Meruoca



Fonte: Instituto... (2010); Serviço... (2011); Companhia... (2008); Instituto... (2012)

5 CARACTERIZAÇÃO FACIOLÓGICA DO BATÓLITO GRANÍTICO DA SERRA DA MERUOCA

Segundo Sial (1981), a maior parte do batólito Meruoca-Rosário é formada de um granito róseo a vermelho-tijolo, que é mais abundante no leste, próximo à falha Café-Ipueiras, enquanto que o granito cinzento a verde, com faialita, é restrito à porção norte. Os diques de aplíticos são relativamente raros, destacando-se o tipo grosseiro. Os granófiros são comuns, enquanto a fácies fina do granito, sem faialita, é encontrada em porções interiores isoladas.

Dentre as 10 (dez) amostras mais representativas do batólito, estudadas por Sial (1981), 6 (seis) foram classificadas como granito, de acordo com a classificação da International Union of Geological Sciences (IUGS) (INTERNATIONAL...,1973); 2 (duas) classificadas como quartzo-sienitos e as outras 2 (duas) classificadas como álcali-feldspato-granitos.

As rochas com faialita podem também ser consideradas como charnoquíticas, de acordo com a classificação de Streickeisen (1976). Afloramentos de granito com faialita, geralmente menos intemperizados do que os dos granitos sem faialita, foram observados por Sial (1981) na localidade Pé da Serra, a oeste de Massapê. Esta rocha é geralmente equigranular ou levemente porfírica com granulação média em torno de 2 cm, composta de feldspato cinza esverdeado, quartzo, plagioclásio, biotita ferrífera, honblenda ferrífera, faialita, ilmenita, allanita, zircão e apatita. A fluorita, comum nos granitos sem faialita, não foi observada nas rochas com faialita. A maior parte das rochas com faialita são, na realidade quartzo-sienitos. O contato entre as rochas com faialita e o granito sem faialita é gradacional, e onde estas duas variedades estão intemperizadas não se consegue distinguir uma da outra. Um tálus bem desenvolvido mascara o contato com as rochas metamórficas regionais. Os granitos sem faialita afloram por quase todo o batólito da Meruoca. Sua granulação varia de grosseira (pegmatítica) a subvulcânica e sua cor de vermelho-tijolo a rósea e cinzenta. Geralmente, são menos preservados do que as rochas com faialita. As rochas denominadas de granitos sem faialita incluem granitos, quartzo-sienitos e álcali-feldspato granitos, de acordo com a classificação da International... (1973).

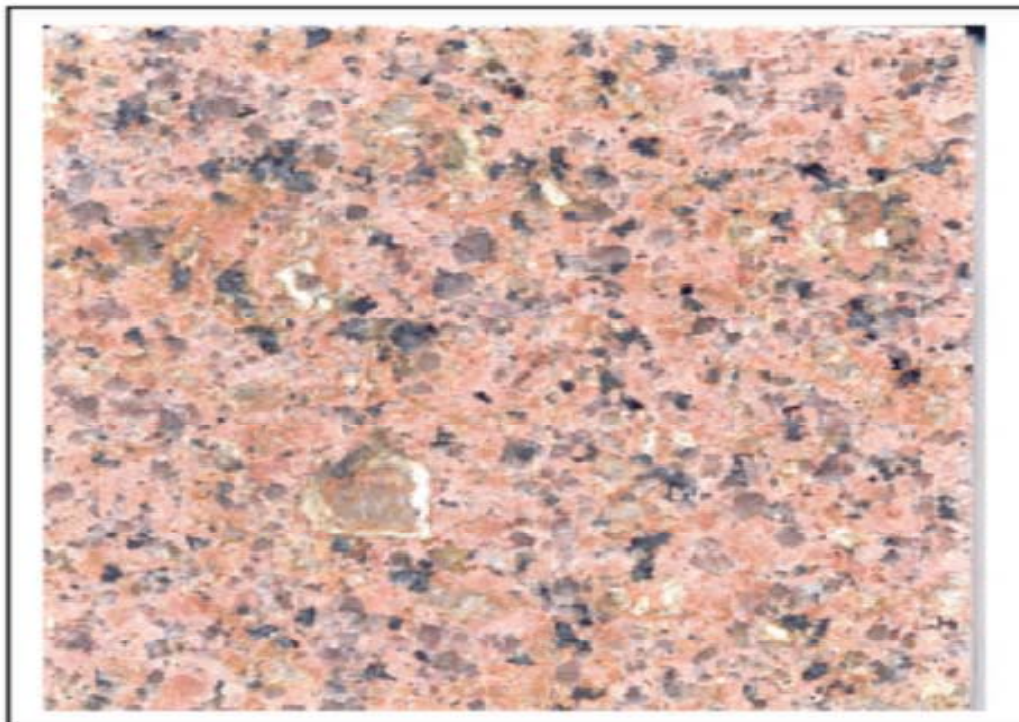
A biotita-hornblenda-granito e a hornblenda-biotita-granito são os tipos petrográficos mais comuns e mostram uma variedade vermelha-tijolo que aflora na porção leste do batólito. Os granófiros com e sem hornblenda são vistos na maior parte do batólito, embora sejam mais abundantes nas porções leste e central. Os diques aplíticos ocorrem em poucos locais. Estes granitos são compostos de feldspato potássico róseo, cinzento ou vermelho-tijolo, plagioclásio, quartzo, hornblenda ferrífera, riebeckita, biotita ferrífera, ilmenita, magnetita, allanita, fluorita, apatita, zircão e turmalina (DEPARTAMENTO..., 2010c).

Segundo Relatório Final de Pesquisa da Mineração Agreste Ltda. (DEPARTAMENTO..., 2000), destacam-se vários diques de diabásio, intrudindo ou recobrando as rochas do batólito. As principais exposições são encontradas no Sítio do Piu, a 3 quilômetros, na direção Sul de Meruoca, com 150 metros de largura, mostrando uma esfoliação esferoidal bem desenvolvida, e no Sítio do Jenipapo, a 2,2 quilômetros, na direção sul de Meruoca, onde um derrame de diabásio e basalto é observado, numa área de 1 quilômetro de largura. Essa variação faciológica, que ocorre tanto nos matacões como nos maciços, comercialmente, resulta nas rochas graníticas ornamentais conhecidas como: Vermelho Filomena, Meruoca Clássico, Verde Ceará, Juparaná Gold, Verde Ventura, Rain Forest, Yellow Tropical, Verde Meruoca e Amarelo Massapê.

5.1 Biotita Granito – Nome Comercial: Vermelho Filomena

É uma rocha granítica leucocristalina, de coloração avermelhada e granulação variando de média a grossa (figura 22), onde se pode identificar, facilmente, dois conjuntos de minerais, um félsico formado, fundamentalmente, por quartzo e feldspatos, e outro máfico, com predomínio de biotita. Ao microscópio mostra-se holocristalino inequigranular com cristais anedrais e subedrais, caracterizando a textura hipidiomórfica. É constituído, essencialmente, por feldspato alcalino (55%), quartzo (20%), plagioclásios (13%) e biotita (9%). Trata-se de uma rocha ígnea plutônica, que pode ser classificada como **biotita sienogranito** ou **granito 3a** (Streckeisen, 1976) ou ainda como **biotita granito** (TORQUATO, 2005).

Figura 22 - Ladrilho de granito Vermelho Filomena

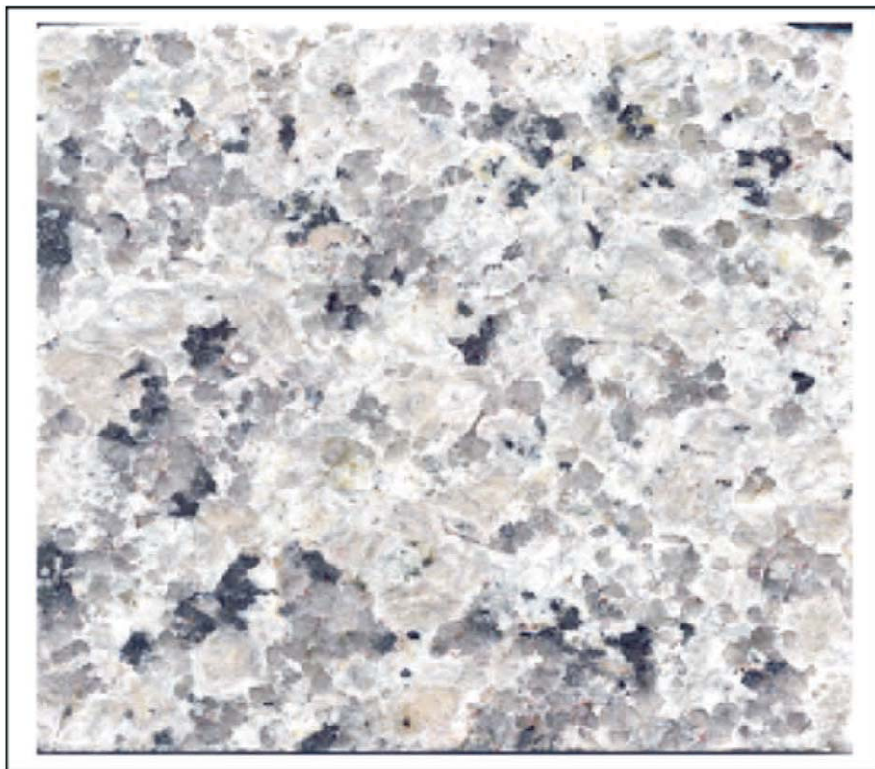


Fonte: Torquato (2005)

5.2 Biotita Hornblenda Granito – Nome Comercial: Meruoca Clássico

É uma rocha leucocrática, de coloração cinza esverdeada, apresentando granulação variando de média a grossa, onde se destacam feldspatos, quartzo e minerais máficos (biotita, anfibólios e opacos), textura fanerítica e inequigranular (figura 23). Segundo Torquato (2005), ao microscópio mostra textura inequigranular hipidiomórfica seriada, com associação mineral formada, essencialmente, por feldspato potássico (40%), quartzo (33%), plagioclásio (12%), hornblenda (7%) e biotita (6%). Como produtos de alteração, foram encontrados clorita, muscovita e minerais argilosos. Os acessórios estão representados por zircão, apatita, titanita, monazita, epidoto e opacos, tendo ainda a presença de fluorita como produto das reações tardi magmáticas. É uma rocha ígnea plutônica que pode ser classificada como **biotita sienogranito ou granito 3a** (STRECKEISEN, 1976) ou **biotita-hornblenda granito**. (TORQUATO, 2005).

Figura 23 - Ladrilho de granito Meruoca Clássico



Fonte: Torquato (2005)

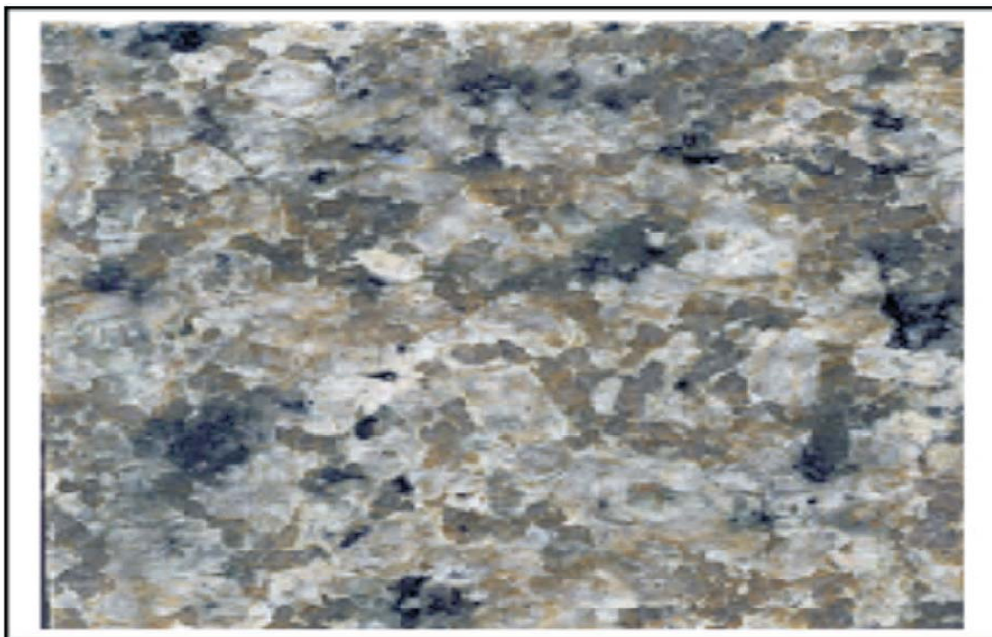
5.3 Biotita Hornblenda Granito – Nome Comercial: Verde Ceará

É uma rocha que se caracteriza por uma coloração verde escura, com matizes acinzentadas e castanhas, apresentando granulação grossa, onde se identificam quartzo, feldspatos, alguns com labradorescência e máficos (biotita e opacos) (figura 24).

Em seções delgadas, este litótipo apresenta características bastante semelhantes às encontradas no granito Meruoca Clássico, sendo, muitas vezes, difícil a distinção entre os dois tipos. Exibe textura inequigranular hipidiomórfica e composição essencial, formada por feldspato potássico (53%), quartzo (33%), plagioclásio (8%), biotita e hornblenda (5%), e por minerais acessórios do tipo zircão, fluorita, apatita, titanita, alanita, epidoto, minerais argilosos neoformados e opacos. (TORQUATO, 2005).

Em estudo realizado por Torquato (2005), sobre a síntese petrográfica dos granitos existentes no batólito da Meruoca, a composição modal é a de um **biotita sienogranito** ou **biotita-hornblenda granito**.

Figura 24 - Ladrilho de granito Verde Ceará



Fonte: Torquato (2005)

5.4 Granulito Granítico – Nome Comercial: Juparaná Gold

Macroscopicamente, é uma rocha que possui uma coloração predominantemente bege, quando alterada. Trata-se de uma rocha de granulação média a grossa, textura maciça, formada por feldspatos, biotita e concentração de minerais ferromagnesianos em processo de degradação, com liberação de oxi-hidróxido de ferro, que mancha de amarelo o contorno dos cristais de feldspato e quartzo. Os feldspatos alcançam até 1,5 cm de diâmetro maior.

No relatório final de pesquisa, apresentado pela Mineração Agreste Ltda. ao DNPM (DEPARTAMENTO..., 1990), as análises microscópicas apresentam textura xenoblástica, inequigranular, formada por microclina, plagiocásio, quartzo, biotita, além de pseudomorfos de piroxênios com coroa de reação de hornblenda, biotita e magnetita. Os constituintes exibem faturamentos interminerais e transminerais, que afetam a microclina com maior intensidade. Em quantidade restrita (cerca de 2%), observa-se uma matriz residual, intersticial, com granulação entre 0,05 e 0,35 mm, de composição quartzo-feldspática, caracterizando uma textura porfiroblástica. Zircão e apatita ocorrem

como minerais acessórios. Os contatos e fraturas estão marcados por oxihidróxido de ferro.

Em amostra de mão ou em ladrilhos polidos, com é mostrado na figura 25, a rocha, quando alterada, adquire uma coloração superficial creme a amarelada, dependendo do grau de alteração e caulinização dos feldspatos. Em segundo plano, ocorre uma espécie de enferrujamento na rocha, provavelmente causado pela percolação de água, causando a alteração da biotita.

Em análises microscópicas realizadas pela Mineração Agreste Ltda. (DEPARTAMENTO..., 1990), os feldspatos compõem 55% dos minerais formadores da rocha e estão representados por microclina/pertita e por um plagioclásio na faixa do oligoclásio. São geralmente hipidiomórficos, maclados e, frequentemente, caulinizados, exibindo fraturamento, extinção ondulante e efeitos parciais de recristalização. É comum a presença de geminação Carlsbad reliquiar na microclina, indicando uma cristalização inicial na forma de ortoclásio. É comum ainda a ocorrência de mimerquita em plagioclásios associados a K-feldspatos. O quartzo (20,%) ocorre, normalmente, na forma de cristais intersticiais e na forma hipidiomórfica, exibindo fraturas irregulares. Exibem extinções ondulantes, efeitos de recristalização e, às vezes, recuperação em subgrãos. As micas estão representadas por biotitas em agregados lamelares, geralmente associadas aos feldspatos. Ocorrem, também, em lamelas fraturadas e oxidadas, exibindo os efeitos da recristalização e da cloritização. Como minerais acessórios (3%) foram encontrados: magnetita anédrica e subédrica, medindo até 0,35mm; rutilo, zircão zonado metamítico subédrico e euédrico, medindo de 0,1 a 0,35mm, inclusos no feldspato; biotita e hornblenda, com 0,05 a 0,15 mm, inclusos na microclina, biotita e quartzo; apatita subédrica, inclusa na biotita, piroxênio e hornblenda.

Figura 25 - Ladrilho do granito Juparaná Gold



Fonte: Departamento... (2011a)

5. 5 Biotita Granito – Nome Comercial: Verde Ventura

Macroscopicamente, a rocha apresenta uma coloração verde acinzentada (figura 26). Possui estrutura maciça e com granulometria variando de média a grossa. Na maioria das ocorrências presentes na área, essa litologia aparece na forma de lajedos nas encostas da serra, onde predomina a cor verde.

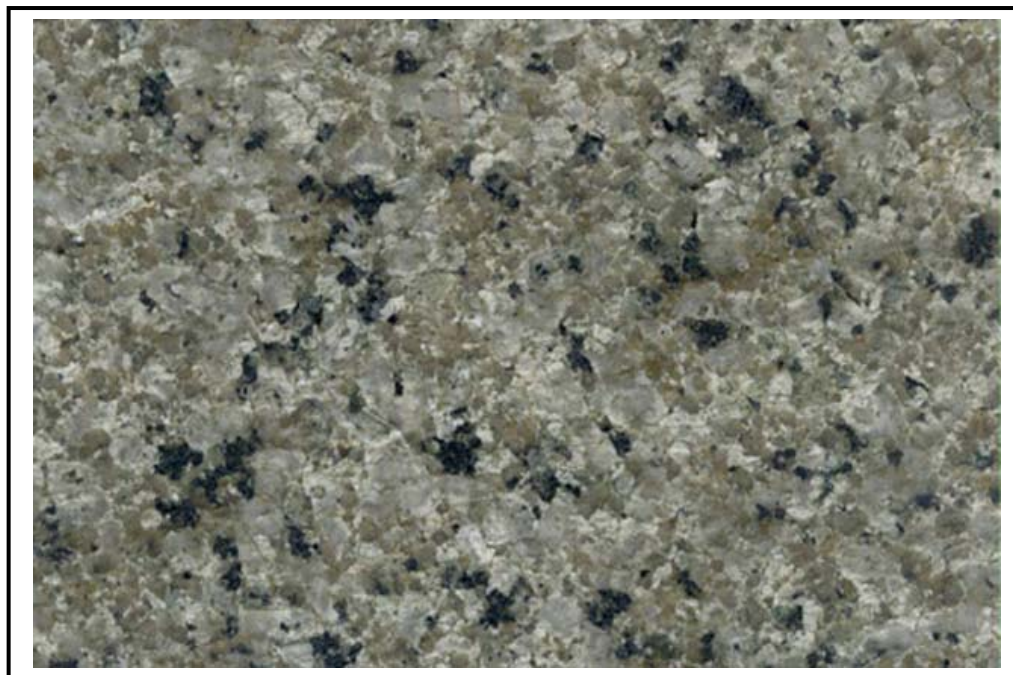
Segundo Relatório Final de Pesquisa apresentado ao DNPM pela GRANOS (DEPARTAMENTO..., 1992a), empresa detentora do alvará de lavra, em 1992, trata-se de uma rocha com textura fanerítica, equigranular, com granulação média a grossa, sem sinais de deformação, apresentando mineralogia composta de 45% de feldspato potássico, 30% quartzo, 5% biotita, 15% de plagioclásio e 5% de Hornblenda, sendo que os cristais de feldspato potássico podem chegar, em alguns locais, a 0,5 cm de comprimento.

O feldspato potássico se apresenta como o principal constituinte da rocha, sendo também o responsável por sua coloração. Quando esse mineral se encontra alterado pelo fenômeno de caulinização, a rocha adquire uma cor amarelada.

Microscopicamente, a rocha se apresenta sem orientação, sendo constituída por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita, anfibólio e

opacos. Os minerais de feldspato potássico ocupam quase a totalidade da lâmina, chegando à medida de 0,6 mm. Os cristais de quartzo atingem até 1,0 mm, enquanto que os cristais de plagioclásio encontram-se como forma de inclusão, tendo 3,0 mm de dimensão (figura 26).

Figura 26 - Aspecto estético do granito verde ventura



Fonte: GRANOS (2013)

Os grãos de feldspatos são representados por feldspato perítico e por um plagioclásio com composição na faixa albita-oligoclásio. A maioria dos cristais é xenomórfica, porém, localmente ocorrem cristais hipidiomórficos. É possível a individualização de novos aportes de magma através da individualização de zonas (em amostras de mão são identificadas bordas mais sódicas em feldspatos potássicos). Os núcleos dos cristais encontram-se, normalmente, mais alterados, com minerais de argila e sericita. Os microfraturamentos são mais frequentes nestes minerais e algumas das microfraturas encontram-se preenchidas.

Segundo o Relatório Final de Pesquisa da mineração GRANOS S/A (DEPARTAMENTO..., 1992a), os grãos de quartzo são xenomórficos e, frequentemente, intersticiais. As micas e anfibólios ocorrem intimamente associados e estão representados, respectivamente, por uma biotita marrom-

avermelhada (rica em Fe^{+3} e/ou Ti) e por uma hornblenda também marrom. As relações entre ambas sugerem que, pelo menos em parte, as biotitas originaram-se a partir dos anfibólios. Associados também a estes minerais ocorrem óxidos de Fe (magnetita e/ou hematita), titanita, allanita e relíctos de clinopiroxênio

5.6 Biotita Granito – Nome Comercial: Rain Forest e Yellow Tropical

A variação faciológica é evidenciada pelo grau de caulinição dos feldspatos e pela alteração dos minerais de mica, o que lhe confere uma coloração cinza esverdeada (Rain Forest) ou amarela esverdeada (Yellow Tropical). Segundo relatório final de pesquisa apresentado ao DNPM pela Mineração Agreste (DEPARTAMENTO..., 1999), foi possível identificar, tanto na amostragem quanto nos perfis, que esta variação pode ser um produto de alteração intempérica provocada pelo fraturamento rúptil, que propiciou a percolação de fluídos, causando a alteração do corpo rochoso. Como é possível identificar no mapeamento geológico realizado pela empresa detentora da concessão de lavra, esta variação faciológica ocorre mais a oeste da área e em matações, do que nos maciços. A amostragem é baseada na diferença visual da rocha, sendo possível definir os dois fácies, um de cor cinza esverdeada (figura 27), Rain Forest (**biotita hornblenda granito**), e o outro de coloração amarelada (figura 28), Yellow Tropical (**biotita granito**).

Figura 27 - Ladrilho do granito conhecido comercialmente como Rain Forest



Fonte: Departamento... (1999)

Figura 28 - Ladrilho do granito conhecido comercialmente como Yellow Tropical



Fonte: Departamento... (1999)

Em lâmina delgada, segundo Relatório Final de Pesquisa, apresentado ao DNPM pela mineração Agreste Ltda. (1999), a rocha apresenta textura inequigranular hipidiomórfica, com granulação variando de fina a média, composta essencialmente por feldspato alcalino (45-50 %), quartzo (30%), plagioclásio (15%) e biotita (5%). Como acessórios, temos minerais opacos, anfibólios, piroxênios, minerais do grupo do epidoto, carbonatos, zircão, apatita

e micas brancas. Portanto, de acordo com a análise petrográfica, a rocha foi classificada como alcali-granito. Os feldspatos estão representados por microclina/pertita e por um plagioclásio na faixa do oligoclásio. São geralmente hipidiomórficos, maclados e frequentemente caulinizados, exibindo faturamento, extinção ondulante e efeitos parciais de recristalização. É comum a presença de geminação Carlsbad reliquiar na microclina, indicando uma cristalização inicial na forma de ortoclásio. É comum ainda a ocorrência de mimerquita em plagioclásios associados a K-feldspatos. O quartzo ocorre normalmente na forma de cristais intersticiais e na forma hipidiomórfica, exibindo fraturas irregulares. Exibem extinções ondulantes, efeitos de recristalização e, às vezes, recuperação em subgrãos. As micas estão representadas por biotitas em agregados lamelares, geralmente, associadas aos feldspatos. Ocorrem, também, em lamelas fraturadas e oxidadas, exibindo os efeitos da recristalização e da cloritização.

5.7 Biotita Granito – Nome Comercial: Granito Verde Meruoca

Segundo Roberto (1998), o granito Verde Meruoca ocorre extensivamente por toda região da cidade de Meruoca, estendendo-se até as proximidades de Massapê, em forma de matacões soltos e empilhados de tamanhos variados, situados notadamente nas zonas de meia encosta, como também em grandes maciços rochosos com expressão topográfica acentuada.

Segundo o Relatório Final apresentado pela empresa GRANOS (DEPARTAMENTO..., 1992a), ao DNPM, microscopicamente a rocha apresenta textura hipidiomórfica granular média, predominando cristais em torno de 2 a 3 mm, composta essencialmente por 55% de feldspato potássico, 24% de quartzo, 12% de biotitas e 6% de plagioclásios. Os minerais acessórios totalizam 2% e estão representados por fluorita, titanita, opacos, zircão, minerais do grupo do epidoto, apatita e minerais de argila neoformados, produto de alteração e micro inclusões não identificados.

Macroscopicamente, a rocha apresenta coloração esverdeada, granulação variando de média a grossa e textura equigranular. Em chapa polida apresenta múltipla coloração, predominando a tonalidade esverdeada, como é mostrado na figura 29.

Figura 29 - Ladrilho de granito conhecido comercialmente como Verde Meruoca



Fonte: Granos (2013?)

5.8 Monzogranito – Nome Comercial: Amarelo Massapê

O granito Amarelo Massapê representa uma fácies de borda do granito Verde Meruoca, onde são observadas eventuais variações para uma granulação média e coloração amarelada. Ocorre em forma de maciços e matacões soltos e empilhados de tamanhos variados, situados na zona de meia encosta da Serra da Meruoca.

Segundo Relatório Final de Pesquisa, apresentado pela INBRASMA ao DNPM (DEPARTAMENTO..., 1994), o granito Amarelo Massapê foi classificado como um Monzogranito de granulação média a grossa, equigranular, isotrópico, de textura granular hipidiomórfica, constituído essencialmente por feldspato 63%, quartzo 20%, anfibólios 8% e biotita 8%. Os acessórios somam 2% e estão representados por fluorita, titanita, opacos, zircão, minerais do grupo do epidoto, apatita, monazita, clorita e sericita.

Macroscopicamente, em chapas polidas, observa-se uma coloração predominante amarelada, em função da alteração de feldspatos em relação

aos demais minerais que constituem a rocha, como é mostrado na figura 30. (ROBERTO, 1998).

Figura 30 - Ladrilho de granito conhecido comercialmente como Amarelo Massapê



Fonte: Granos (2013?)

5.9 Monzogranito – Nome Comercial: Magma

O granito conhecido comercialmente como Magma, macroscopicamente se apresenta sem orientação, sendo constituído por quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino, biotita e anfibólio. São acessórios: opacos, carbonatos, epidoto, zircão, apatita e sericita.

No relatório final de pesquisa, apresentado ao DNPM pela Mineração Atlântica Ltda. (DEPARTAMENTO..., 2006), para obtenção do alvará de lavra, as análises microscópicas realizadas definiram a rocha extraída como um monzogranito, apresentando uma textura hipidiomórfica inequigranular de granulação média a muito grossa. A sua mineralogia essencial é composta por quartzo (28,81%), plagioclásio (21,19%), feldspato alcalino (25,42%), anfibólio (10,17%) e biotita (5,93%), e como minerais acessórios têm-se opacos

(4,24%), carbonato (2,54%), minerais do grupo do epidoto (1,69%), zircão (<1%), apatita (<1%) e sericita (alteração). Para a determinação do nome da rocha foi utilizada a classificação de Streckesen (1976), no diagrama com a contagem das percentagens dos minerais de quartzo (38,20%), albita (33,70%) e plagioclásio (28,10%). O ponto caiu no campo 3b, o que corresponde a Monzogranito.

Macroscopicamente, a rocha objeto desse estudo é uma variação faciológica e apresenta uma coloração marrom avermelhado, com matriz fina, minerais movimentados, conforme é mostrado na figura 31.

Figura 31 - Ladrilho do granito Magma, apresentando matriz fina, minerais movimentados



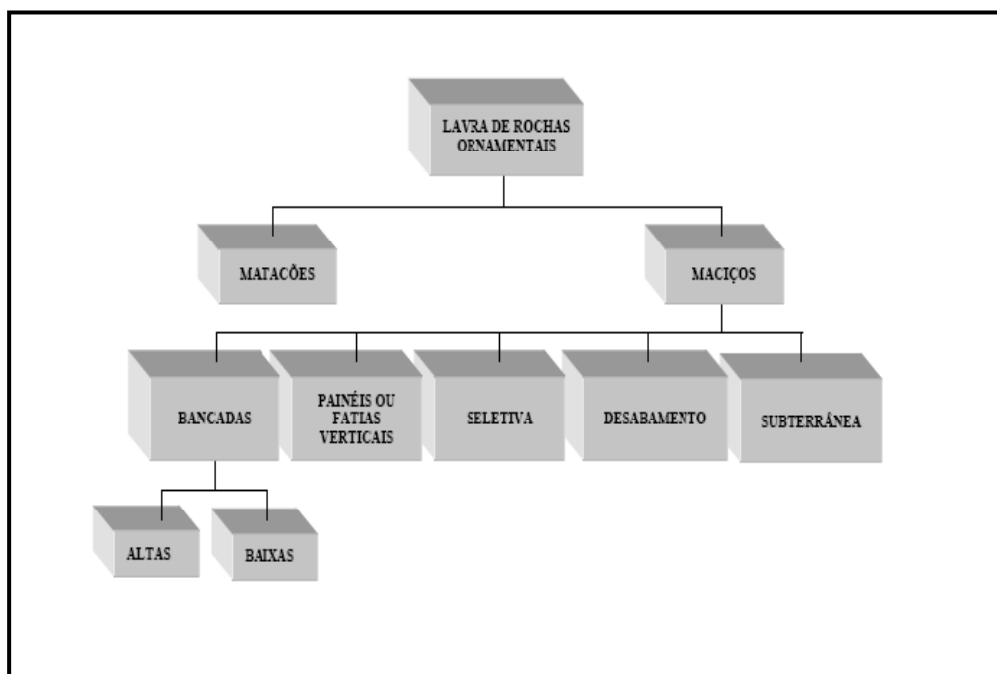
Fonte: Departamento... (2009)

6 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

A extração de rochas ornamentais no estado do Ceará era realizada, em um passado muito recente, apenas nas jazidas de matacões de granitos, lavrados através de metodologia seletiva, com o emprego de explosivos (pólvora negra ou cordel detonante), sem controle da carga e com grande espaçamento entre os furos. Essas técnicas, apesar de econômicas, apresentavam um aproveitamento muito baixo da lavra, aproximadamente 30%. Conseqüentemente, o desperdício era acentuado, o que demandava grandes áreas de “bota fora”. (VIDAL; COELHO, 2003).

Segundo Vidal e Roberto (1995), as lavras das rochas apresentam, muitas vezes, diferenciações de rendimento e eficiência em virtude de aplicação de tecnologias inadequadas às condições geológicas e estruturais, acarretando, com isso, variações acentuadas nos custos operacionais da extração. A figura 32 mostra diferentes modos de lavra para desmonte de blocos de rochas ornamentais.

Figura 32 - Técnicas de lavra para desmonte de blocos de rochas ornamentais



Fonte: Roberto (1998)

6.1 Lavras em Matacões e Maciços

Segundo Roberto (1998), as rochas ornamentais ocorrem sob a forma de matacões e maciços rochosos. Os matacões são originados a partir de maciços rochosos, pelos fraturamentos de origem tectônica, do alívio de pressão ou, ainda, devido à alternância de dias quentes e noites frias, ao longo de milhões de anos. Essa alternância vai provocando dilatações e contrações nos minerais existentes na rocha, levando-a a se partir em blocos com tamanhos e formas variadas. A ação dos agentes intempéricos e a erosão terminam por rolar estes blocos vertente abaixo, aglutinando-os nas encostas e no sopé das serras.

A lavra em matacões é, na maioria dos casos, realizada em granitos, em virtude do tipo de jazimento, que origina volumes significativos de rocha. Esse tipo de lavra consiste na demarcação de furos para perfuração e posterior detonação, sendo que os blocos extraídos passam por um processo de esquadrejamento manual. Isto o torna mais demorado e oneroso, a médio e longo prazo, em razão da baixa produtividade; do grande volume de rejeito gerado; da falta de padrão da rocha, em virtude de alterações na coloração, provocadas por agentes intempéricos (figura 33), e de trabalhos constantes de limpeza que, conseqüentemente, exigem a abertura de novas frentes de lavra. Na maioria das vezes, um matacão representa uma nova frente a ser aberta. Aliada a esses problemas, a lavra em matacões não permite a utilização de novas tecnologias, que se adaptem melhor às condições geológicas e estruturais das rochas.

Figura 33 - Foto de matacão de granito Verde Ventura mostrando alteração superficial



Fonte: Departamento... (1992b)

Segundo Vidal e Roberto (2005), a extração em maciços rochosos possibilita a obtenção de um material de melhor qualidade, pois os blocos podem ser mais bem esquadrejados, a produção é mais elevada, o índice de recuperação da área é maior e a frente de lavra geralmente é fixa, possibilitando um avanço planejado e o uso de tecnologias avançadas, reduzindo custos de produção. A lavra em maciços pode ser realizada de várias maneiras, como lavra por bancadas, lavra por painéis e lavra seletiva, por desabamento e subterrânea.

Na lavra por bancada, como o próprio nome sugere, a extração da rocha se dá através de um ou mais pavimentos, subparalelos, horizontais ou com baixa inclinação, suportados por faces verticais uniformes, que evoluem lateralmente em forma de “L”, como é mostrado na figura 34, constituindo as frentes de lavra (MENEZES, 2005). A altura pode variar de baixa (altura igual a uma das dimensões do bloco a ser comercializado) a alta (altura igual a um número múltiplo de uma das dimensões do bloco) (CHIODI FILHO; ONO, 1995). A escolha da altura da bancada depende da morfologia da jazida, das características do maciço rochoso e também da presença de planos de descontinuidade sub-horizontal. (ROBERTO, 1998).

Figura 34 - Foto de lavra em bancada em granito



Fonte: Vidal (2005)

A lavra em bancadas baixas ocorre, especificamente, em maciços homogêneos, isentos de fraturas, sem veios ou “mulas”, e nenhuma variação faciológica significativa. Ela tem como característica a baixa seletividade do material a ser lavrado e sua altura (espessura) deve corresponder às dimensões comerciais do bloco, variando geralmente entre 1,8 m e 3,0 m. Desta maneira, obtêm-se blocos com dimensões próximas àquelas usuais nos teares convencionais. Esta técnica é aplicada, ainda, quando tais maciços apresentam grande incidência de fraturas sub-horizontais (fraturas de alívio de tensões/ “acebolamento”) pouco espaçadas, que passam, naturalmente, a determinar a altura das bancadas, que variarão em função das suas presenças. É indesejável que o espaçamento entre tais estruturas seja inferior à menor altura de um bloco comercial (MENEZES, 2005).

Esta técnica minimiza o impacto ambiental e permite o avanço da lavra, ao mesmo tempo em que a área explorada pode ser recuperada. Segundo Chiodi e Ono (1995), a maior extensão horizontal permite que a exploração seja desenvolvida para uma lavra em poço ou fossa.

A lavra de bancadas altas é usada, geralmente, quando o maciço possui uma altura de 6,0 a 16,0 m. Consiste na abertura de bancadas variando de 3,0 a 6,0 m de largura e 40,0 m de comprimento, utilizando diferentes tecnologias de corte, em especial o fio diamantado. É caracterizada pela grande incidência

de perfurações para a subdivisão em blocos com dimensões adequadas à serragem. É mais onerosa que o método de lavra por bancadas baixas, uma vez que requer maior quantidade de mão-de-obra e equipamentos. (REIS, 2003).

Na lavra de bancadas altas, figura 35, desdobram-se os blocos em primários, secundários e terciários (finais). Neste tipo de lavra, a separação das faces traseira e basal dos blocos primários se faz através de furação com explosivos, sendo que as faces laterais são separadas com fio diamantado, flame jet e watre jet. Os blocos secundários são tombados lateralmente sobre colchão de areia ou terra com fragmentos de rocha, através de cunhas mecânicas ou pneumáticas. Os blocos finais são liberados com cunhas ou fios. (ROBERTO, 1998).

Figura 35 - Lavra de granito em bancada alta



Fonte: MADA... (2013?)

A lavra por painéis ou fatias verticais é frequentemente utilizada nas fases iniciais da abertura da pedreira, ou ainda nos casos onde não existe possibilidade de desenvolver a lavra em profundidade, em virtude da limitação do jazimento, (ROBERTO, 1998).

A extração da rocha se processa pela delimitação, como o próprio nome indica, de grandes painéis rochosos verticais, cuja espessura das placas é coincidente com uma das dimensões de bloco comercial. A altura dos painéis é determinada pelo perfil do afloramento, estimado a partir da cota do plano horizontal da praça da lavra (ALENCAR; CARANASSIOS; CARVALHO, 1996; CICCUCI; VIDAL, 1998; VIDAL; COELHO, 2003 apud MENEZES, 2005).

O gradiente topográfico elevado é determinante nas dimensões dos painéis, ocasionando um avanço rápido da lavra, o que gera problemas de perfuração, em virtude do aumento da profundidade, obrigando a criação de níveis intermediários. Os painéis grandes, quando tombados, devido a sua extensa superfície, permitem uma boa seletividade do material lavrado.

A lavra seletiva é utilizada em maciços muito fraturados, onde não é possível a utilização de bancadas horizontais, sendo que os cortes em cada frente são realizados em função da direção das fraturas. Isso provoca a abertura de frentes de lavras irregulares, que avançam rapidamente sobre o corpo rochoso. A altura da bancada é limitada (4 a 8m). No corte primário são utilizados, principalmente, explosivos; já no corte secundário podem ser empregadas outras tecnologias de corte (CHIODI FILHO; ONO, 1995).

A lavra seletiva apresenta uma produção pequena, com recuperação muito baixa de material. Conseqüentemente, há necessidade de acelerar o ritmo dos trabalhos, utilizando equipamentos de perfuração e transporte diversificados, o que gera uma grande quantidade de rejeitos e extensas áreas de “bota fora”. Este tipo de lavra é utilizado em pedreiras de materiais nobres, que suportam baixa recuperação.

A lavra por desabamento foi bastante utilizada, porém, com o surgimento de novas tecnologias de corte e a crescente preocupação com o meio ambiente, seu uso está decrescendo. A lavra por desabamento consiste no desmonte de grandes volumes de rocha nos maciços e é aplicada em áreas montanhosas, aproveitando vertentes bastante inclinadas, geralmente a partir de 60° (figura 36).

Figura 36 - Foto de lavra por desabamento. Granito “Giallo Speranza”- ES



Fonte: Menezes (2005)

Com esta técnica, um grande volume de rocha é extraído com uso de explosivos. O plano de tiro, em geral, é radial ou entre dois planos de fraturas, sendo necessário um perfeito conhecimento das discontinuidades, para que o explosivo possa atuar segundo os sentidos das fraturas. Os blocos primários são extraídos com várias dimensões e formas irregulares, podendo ser submetidos a vários cortes secundários (ROBERTO, 1998).

A lavra por desabamento se caracteriza por baixo rendimento, grande volume de fragmentos e necessidade de grandes áreas para depósitos de rejeitos. Os impactos ambientais são consideráveis (paisagem, ruídos e vibrações) e os desmontes secundários e esquadrejamento dos blocos tornam o método oneroso.

A lavra subterrânea é aplicada na exploração de jazidas com espessa cobertura de material estéril, pois seria bastante oneroso e prejudicial ao meio ambiente removê-la. Neste tipo de lavra não se utilizam explosivos por causa da estabilidade dos pilares e da integridade da rocha. Para sua viabilização, as rochas precisam possuir alto preço no mercado. Ela é muito utilizada em rochas carbonatadas, de alto valor comercial, especialmente na Itália, na região de Carrara. No Brasil, o uso desta técnica é recente, sendo utilizada, especificamente, na lavra de quartzitos no município de Oliveira dos Brejinhos, na Bahia (figura 37) (MENEZES, 2005).

Figura 37 - Foto mostrando o início de lavra subterrânea do quartzito Azul Imperial, Oliveira dos Brejinhos Bahia

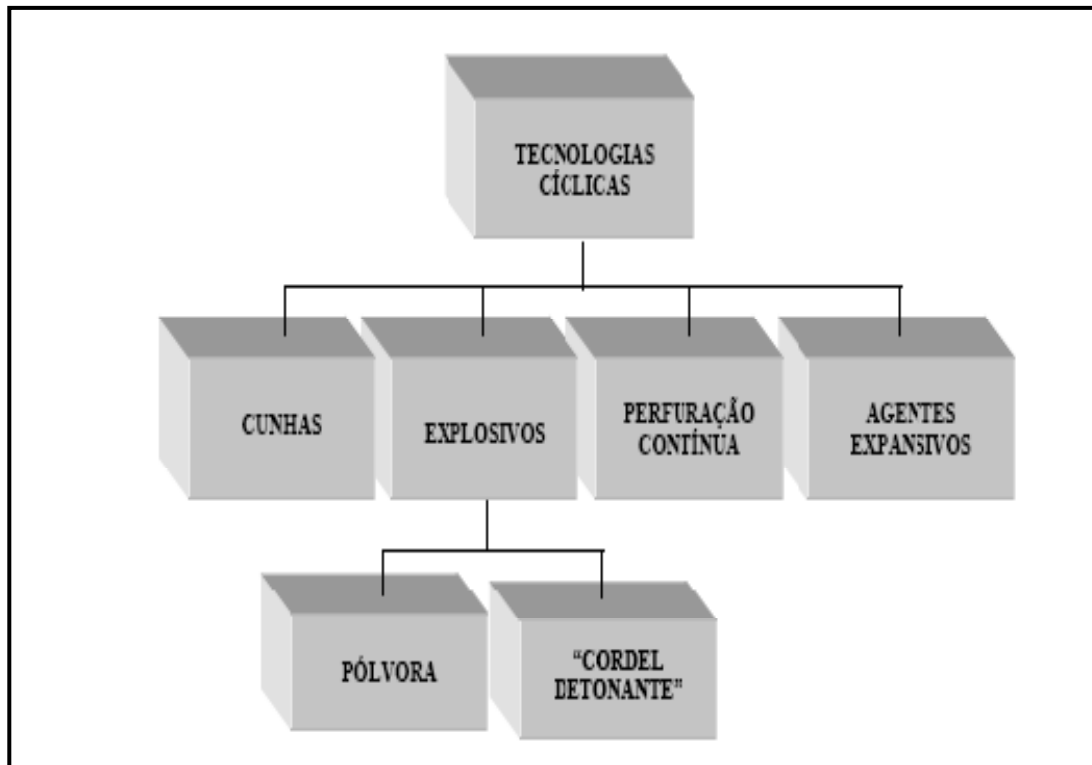


Fonte: Matta (2003)

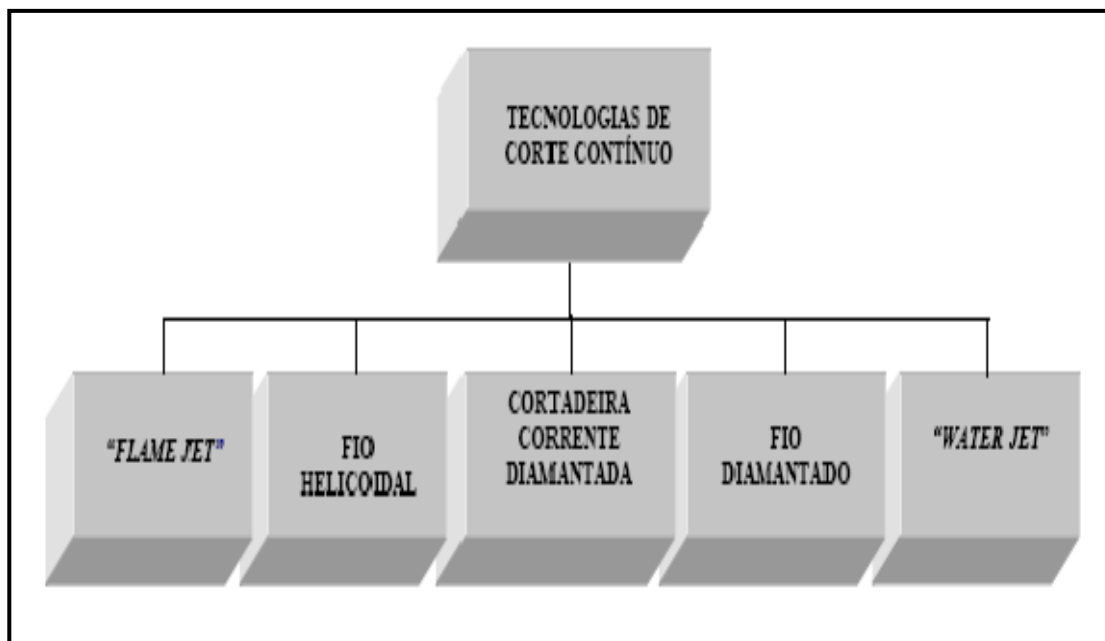
6.2 Tecnologias de Corte

Segundo Vidal (1999 apud VIDAL; ROBERTO, 2005), a melhor escolha para as operações que integram os ciclos operacionais da tecnologia de lavra é decorrente do tipo de morfologia da jazida, de suas reservas, das características mineralógicas, petrográficas e estruturais da rocha, da infraestrutura local e do valor de mercado do bem mineral.

Os avanços tecnológicos aprimoraram os processos de lavras e melhoraram a extração. As tecnologias de corte podem ser divididas em dois grupos principais: tecnologias cíclicas e tecnologias de corte contínuo, ambas mostradas nas figuras 38 e 39.

Figura 38 - Tecnologias cíclicas de lavra para rochas ornamentais

Fonte: Roberto (1998)

Figura 39 - Tecnologias de corte contínuo em lavra de rochas ornamentais

Fonte: Roberto (1998)

6.2.1 Tecnologias Cíclicas

As tecnologias cíclicas são aquelas que adotam operações efetuadas com uso predominante da perfuração e de explosivos.

A divisão mecânica através de cunhas metálicas consiste em cortar a rocha com cunhas metálicas, sem a utilização de explosivos, por meio de furos muito próximos, com alternância de profundidade. As cunhas são introduzidas nos furos feitos em planos preestabelecidos, levando em consideração a orientação dos minerais que compõem a rocha, e pressionadas até que o corte se realize (figura 40).

Figura 40 - Método de separação da rocha utilizando cunhas metálicas



Fonte: Regadas (2006)

A produção utilizando esta técnica é baixa em relação às outras. Em geral, tal corte é utilizado em pequenas pedreiras ou na exploração de matacões, sendo também muito usado para realização de cortes secundários e para esquadrejamento de blocos.

As principais técnicas de corte de rochas ornamentais com explosivos são realizadas com pólvora negra e com cordel detonante.

O uso da pólvora consiste em executar, com martelos de ar comprimido, furos raiados segundo a direção em que o corte deve ocorrer. Dentro dos furos é introduzida pólvora e seu tamponamento é feito com restos de jornal ou

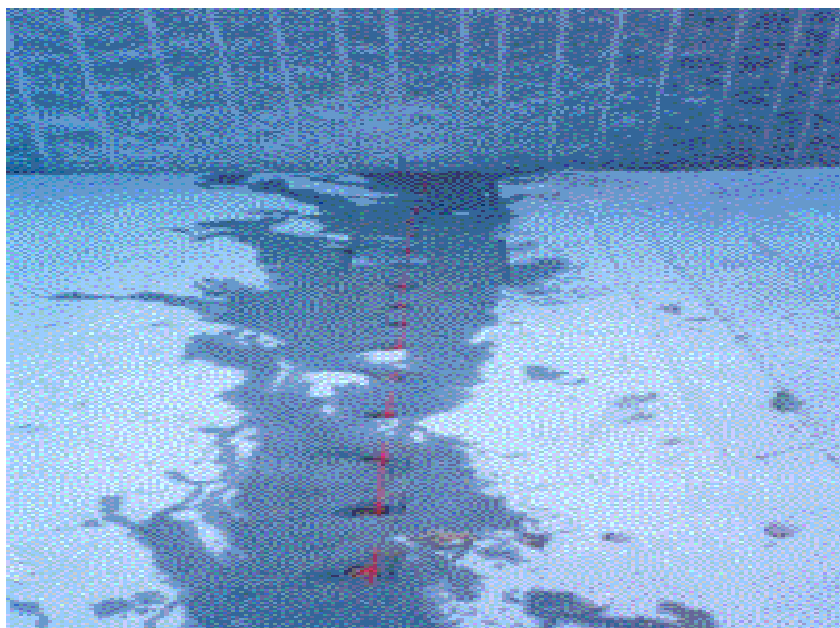
papelão e argila. A detonação é feita com uso de estopim, com ou sem espoleta.

Os furos são próximos, com espaçamentos variáveis, de acordo com a homogeneidade e a qualidade da rocha, e dispostos sobre um mesmo plano, para criar uma face artificial, de maneira que o bloco possa ser destacado do corpo rochoso. A distância média entre os furos é de 20 cm. A carga de pólvora é baixa para que não haja quebra da rocha, variando de 8 a 15 g/t, sendo que a carga linear é de 90 g/m e a altura do desmonte, em geral, varia entre 3 e 8 metros (ROBERTO, 1998).

O cordel detonante se baseia no uso da substância tetranitrato de pentacritritol (nitropenta), um explosivo de alta velocidade (6800 m/s a 7200 m/s), com potencial de gerar fortes ondas de choque. O material explosivo possui diferentes gramaturas (NP-10, NP-5, NP-3, NP-2), em função da carga de nitropenta por metro linear. O mais utilizado é o NP-10, com proporção de 10g de explosivo por metro linear (MENEZES, 2005). Segundo Roberto (1998), o cordel detona a uma velocidade de 6.800 a 7.200 m/s, maior que a de grande parte das dinamites e gelatinas, sendo muito usado em desmonte de rochas graníticas. Os diferentes cordéis possuem a mesma velocidade de detonação, porém o NP-10 possui maior energia de choque, conseqüentemente, maior capacidade de desmonte.

Segundo Ciccu e Vidal (1998), é importante ficar atento aos critérios de escolha do tipo de explosivo e ao dimensionamento dos parâmetros que definirão o plano de fogo, ou seja, no espaçamento entre os furos e na carga linear por furo. Segundo os autores, em geral, os furos são espaçados entre 5,0 cm a 40,0 cm e a carga de explosivos variável de 2 g/t a 10 g/t (figura 41).

Figura 41 - Corte de rocha utilizando cordel detonante



Fonte: Menezes (2005)

As principais vantagens desta técnica são as facilidades na manutenção e deslocamento dos equipamentos pela criação de grandes superfícies planas e a melhoria das condições de trabalho pela maior mecanização e menor preço de extração. A principal desvantagem se dá quando o tiro não acontece conforme o planejado, ocorrendo perda de grande volume de material.

A perfuração contínua se aplica a granitos particularmente frágeis ao uso de explosivos. Ela consiste em executar furos paralelos e justapostos, de modo que se obtenha um plano de ruptura contínuo ou intercalado por diafragmas, permitindo a completa separação do bloco. Inicialmente, são feitos, na rocha, furos de 2,5" (0,051m) de diâmetro, seguidos por furos de 3,0" (0,076m), que são intercalados com os anteriores. A execução dos furos é realizada com perfuratrizes hidráulicas e rotopneumáticas, que permitem uma perfuração rápida e contínua.

A argamassa ou cimento expansivo, anteriormente utilizada em demolições, vem sendo experimentada e tem mostrado bons resultados no desmonte de rochas e na extração de granitos. A argamassa expansiva age em função da dilatação de seu volume, exercendo, gradativamente, pressão nas paredes do furo feito na rocha com uma força superior a 8.000t/m², provocando fraturas no material. Neste processo, o carregamento dos furos

limpos e assoprados, livres de água e sujeiras, conforme figura 42, deve ser realizado logo após a preparação da mistura. Se a rocha for muito porosa ou a temperatura estiver muito alta, os furos devem ser umedecidos para que a reação de expansão ocorra normalmente. Os furos não devem ser tamponados e, somente em caso de chuva, precisam ser cobertos com material impermeável.

Figura 42 - Corte em granito utilizando massa expansiva



Fonte: Menzes (2005)

Segundo Menezes (2005), esta técnica tem apresentado amplas vantagens frente às técnicas tradicionais, como o maçarico (flame jet), os explosivos e as cunhas mecânicas, em razão da maior regularidade dos planos de corte, da preservação da integridade física-mecânica dos materiais, da maior taxa de recuperação, do baixo custo, da flexibilidade operacional e da maior produtividade. O uso da argamassa tem ainda aspectos positivos relacionados à segurança do trabalho e ao meio ambiente, visto ser um produto não tóxico, de manuseio seguro, silencioso e absolutamente inofensivo.

6.2.2 Tecnologias de Corte Contínuo

Segundo Ciccu (1992) e Caranassios (1993), as tecnologias de corte contínuo constituem-se basicamente naquelas cujas operações são efetuadas sem o uso predominante da perfuração e de explosivos. São mais aplicadas

em rochas carbonatadas, usando, principalmente, flame jet, fio helicoidal, cortadeira a corrente diamantada, fio diamantado e jato d'água (waterjet).

O flame jet é mais utilizado nas pedreiras de granito para solucionar o problema da abertura de canais e rebaixos, onde a falta de superfícies livres inviabiliza o uso de explosivo. A técnica de corte com flame jet consiste no uso de uma câmara de combustão revestida de material refratário, na qual são inseridos, simultaneamente, o comburente (ar comprimido ou oxigênio em garrafa) e o combustível (querosene ou óleo diesel), nebulizador que proporciona uma chama igual àquela produzida pelo maçarico de oxiacetileno. A temperatura de saída do gás é da ordem de 1300° C, ou mais, no caso da utilização de oxigênio como comburente. O processo de corte na rocha, isto é, a desagregação, não se obtém por fusão, mas sim pelo fato da temperatura promover a dilatação dos minerais, principalmente do quartzo, que, estando em situação de confinamento, não pode se expandir, ocasionando assim o rompimento de acordo com as superfícies cristalográficas. (VIDAL, 2003).

Segundo Roberto (1998), na extremidade da câmara de combustão a espessura do corte é de 8,0 a 10,0cm e sua velocidade varia em função da rocha, podendo atingir 1,0 m²/h a 1,5 m²/h, com uma produtividade de 0,6 m²/homem/hora, conforme figura 43. O flame jet apresenta grande flexibilidade e permite cortar planos verticais ou horizontais de até 8,0 metros de profundidade.

Figura 43 - Corte de rocha utilizando o flame jet



Fonte: Alencar, Caranassios e Carvalho (1996)

O fio helicoidal consiste em um conjunto de três fios, entrelaçados em forma de hélice, cujas espessuras variam de 3,0 mm a 5,0 mm de diâmetro. A ação de corte é baseada no atrito do fio tracionado sobre a superfície da rocha, mediante movimento de translação, em conjunto com uma lama abrasiva, formada por 30% de areia quartzosa, com granulometria entre 0,5 mm e 1,0 mm, e 70% de água. Todo o processo é executado em circuito fechado, acionado por motores elétricos ou a diesel, e com a utilização de um complexo sistema de roldanas. O tensionamento do fio helicoidal é feito através da movimentação de pesados vagonetes, assentados sobre trilhos, nos quais fica instalada uma roldana fechando o circuito do fio (MENEZES, 2005). Atualmente, as máquinas de fio helicoidal estão sendo substituídas pelos equipamentos que utilizam fio diamantado.

A cortadeira a corrente diamantada é muito aplicada em pedreiras de rochas moles, semiduras e duras (calcários, mármore, xistos, ardósias etc.), podendo ser utilizada tanto em lavras a céu aberto como em lavras subterrâneas. O processo de corte é realizado através de uma máquina composta de um braço sobre o qual desliza uma corrente com segmentos ou plaquetas de diamantes sinterizados, que podem ser substituídos após estarem

desgastados (figura 44). O braço possui dimensões variadas, de 3,5 a 4,0 metros, em função da profundidade do corte. Ao longo de seu perímetro, há uma série de furos, com a função de auxiliar no movimento da corrente, nos quais é injetada água a uma vazão de 1,5 m³/h para resfriamento. (ROBERTO, 1998).

Figura 44 - Cortadeira à corrente diamantada



Fonte: Regadas (2006)

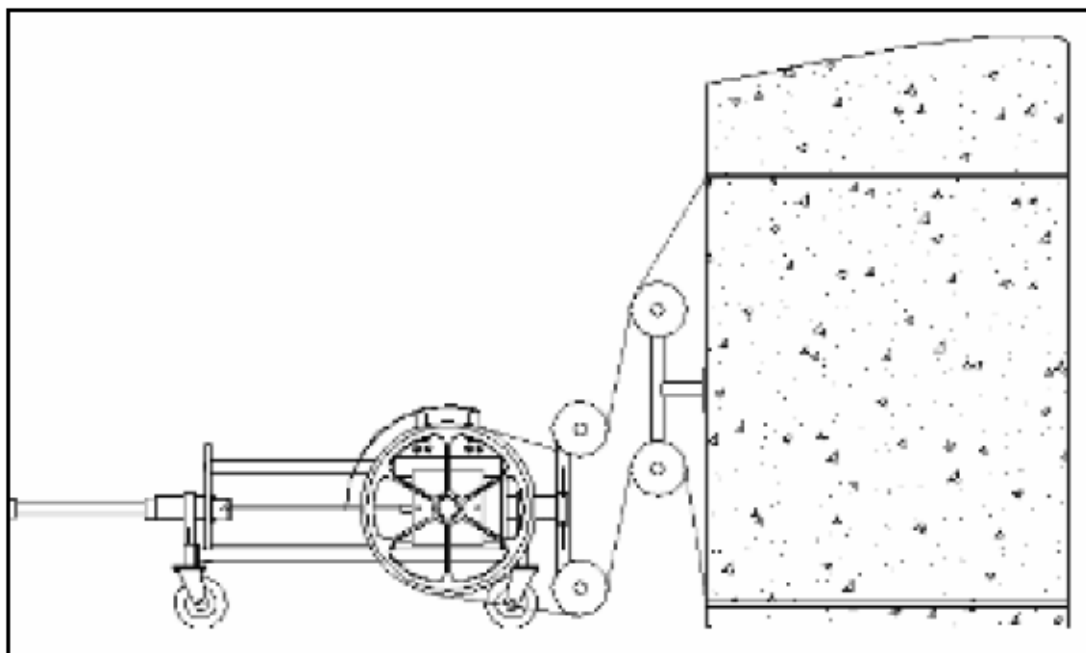
O corte de rochas realizado com esse tipo de equipamento tem de 3,0 a 5,0 cm de espessura, com velocidade de corte de 3,0 a 6,0 m²/hora. Nesse processo, os custos são superiores aos do fio diamantado.

O corte com fio diamantado representa uma evolução do corte com fio de aço helicoidal. É a técnica de corte mais utilizada atualmente. Consiste em um cabo de aço, sobre o qual são colocadas pérolas diamantadas. Realiza cortes horizontais e verticais no desmonte do maciço rochoso ou, após o desmonte, realiza outros cortes, como mostrado na figura 45. O fio diamantado é caracterizado pela elevada durabilidade do cabo e alta velocidade do corte, grandezas que definem o desempenho desta técnica (CORREIA, 2011).

As principais vantagens são: a elevada durabilidade do cabo, a velocidade do corte (de 3,0 a 15,0 m²/h nos mármore e de 2,0 a 5,0 m²/h nos granitos), a alta qualidade dos produtos finais, o excelente acabamento das

superfícies, a baixa espessura de corte (10 mm) em relação a outras tecnologias, os ganhos de produtividade, a melhor relação custo-benefício, a versatilidade operacional e uma tecnologia rápida e limpa, com baixo nível de ruídos, vibrações e poeira (ROBERTO, 1998; MENEZES, 2005).

Figura 45 - Esquema do corte por fio diamantado



Fonte: Regadas (2006)

O jato de água (waterjet) consiste na desagregação produzida por jatos de água. O corte é obtido com a aplicação de um ou mais jatos, que geram pressões bastante elevadas (ordem de 400 MPa). O jato é colocado próximo da rocha, provocando a escarificação dos grãos. Este modo de corte está em fase de desenvolvimento, devendo ser aplicado, de preferência, em rochas com uma estrutura cristalina bem definida ou em materiais que apresentem pequenas descontinuidades, como os granitos.

O desmonte de rocha com jato de água apresenta, como vantagens, a reduzida emissão de poeira, baixos níveis de ruídos e vibrações, aumento na recuperação de lavra, diminuição das áreas de bota fora e a integridade da rocha, que é preservada pelo menor desgaste. As desvantagens são o alto custo dos equipamentos, alto consumo de energia e a necessidade de uma pedreira com geometria regular nas frentes de operação (ROBERTO, 1998).

6.3 Comparações entre técnicas utilizadas na extração das rochas ornamentais

A demanda por materiais mais bem acabados, aliada a uma maior produtividade, fez com que o setor de rochas ornamentais buscasse novas tecnologias de corte que resultassem em um produto geometricamente melhor, reduzindo perdas do material e diminuindo os custos que existiam com o esquadreamento dos blocos. Anteriormente, a característica da rocha determinava qual tecnologia de corte seria empregada. Nas rochas carbonatadas, a preferência era pelo fio helicoidal, e nos granitos se usava o flame jet.

Segundo Regadas (2006), a utilização do fio diamantado na exploração de rochas ornamentais apresentou melhores resultados tanto para rochas carbonatadas como para os granitos. O surgimento do fio diamantado como tecnologia de corte para rochas graníticas e os bons resultados obtidos para esse tipo de rocha, como a alta produtividade, melhor qualidade do corte, maior recuperação da lavra e, em consequência, impactos ambientais menores, fez com que o emprego do fio helicoidal sofresse restrições em razão da relativa lentidão de corte e do custo elevado do abrasivo. A operação de corte com o fio helicoidal é agravada pela difícil mecanização do sistema e pelo custo elevado da mão-de-obra, uma vez que são necessários mais operários para controlar e inspecionar todo o processo.

Segundo Regadas (2006), ainda que bastante utilizado pelas empresas de mineração, o emprego do flame jet apresenta perspectivas que estão condicionadas a vários fatores, como o alto custo operacional (combustível), a limitação do uso em função da característica da rocha (fraturamentos, falhas e veios), assim como o impacto ambiental acentuado, provocado pela emissão de poeiras tóxicas e de ruídos.

As tabelas 5 e 6 apresentam um comparativo entre as diversas técnicas de cortes aplicadas na exploração de rochas carbonatadas e graníticas, bem como suas características técnicas e econômicas.

Tabela 5 - Comparativo entre as técnicas de corte para lavra de mármore

Modalidade operacional	Parâmetros Técnicos					
	Desmonte com Explosivo	Fio Helicoidal	Fio Diamantado	Cortador a Corrente	Perfuração Contínua	Cunha Mecânica Hidráulica
Velocidade do corte (m ³ /h)	-	2-3	10-12	5-7	-	-
Largura do corte (mm)	-	9-10	11-12	40-50	-	-
Rugosidade (cm)	5-8	1-2	2-4	0-1	2-3	4-8
Espessura da zona de desperdício (cm)	10-15	-	-	-	-	-
Dedução comercial (cm)	15-23	1-2	2-4	0-1	2-3	4-8
Custos de corte unitário (US\$/m ²)	20-25	30-40	18-24	23-32	28-38	19-24
Valor perdido (*) (US\$/m ²) de acordo com a qualidade da rocha:						
200 US\$/m ³	30-46	2-4	4-8	0-2	4-6	8-16
400 US\$/m ³	60-92	4-8	8-16	0-4	8-12	16-32
800 US\$/m ³	120-184	8-16	16-32	0-4	16-24	32-64

Fonte: Regadas (2006)

(*) = Coeficiente de dilatação para uma área de corte de 50%

Tabela 6 - Comparativo entre as técnicas de corte para lavra de rochas graníticas

Modalidade operacional	Parâmetros Técnicos					
	Desmonte com Explosivo	Fio Helicoidal	Fio Diamantado	Cortador a Corrente	Perfuração Contínua	Cunha Mecânica Hidráulica
Velocidade do corte (m ³ /h)	-	1-2	3-4	1-3	-	-
Largura do corte (mm)	-	80-100	11-12	30-50	-	-
Rugosidade (cm)	5-8	4-6	2-4	1-2	2-3	4-8
Espessura da zona de desperdício (cm)	5-10	10-20	-	-	-	-
Dedução comercial (cm)	10-18	14-26	2-4	1-2	2-3	4-8
Custos de corte unitário (US\$/m ²)	23-30	75-90	60-90	35-60	35-40	25-31
Valor perdido (*) (US\$/m ²) de acordo com a qualidade da rocha:						
200US\$/m ³	20-36	28-52	4-8	2-4	4-6	8-16
400US\$/m ³	40-72	52-104	8-16	4-8	8-12	16-32
800US\$/m ³	80-144	104-208	16-32	8-16	16-24	32-64

Fonte: Regadas (2006)

(*) = Coeficiente de dilatação para uma área de corte de 50%

Analisando os parâmetros das diversas técnicas de corte, apresentados nas tabelas 5 e 6, o melhor desempenho é obtido com o fio diamantado e o cortador a corrente, sendo que o fio diamantado, em relação ao cortador a corrente, apresenta a velocidade de corte maior e a largura de corte menor. Por outro lado, o cortador a corrente tem um custo unitário menor e um valor perdido, de acordo com a qualidade da rocha, menor que o fio diamantado.

Assim, as técnicas de lavra utilizadas na exploração de rochas ornamentais podem ser as mais diversas, dependendo do tipo de rocha, das características geométricas do corpo rochoso, dos custos operacionais e dos objetivos almejados. O avanço do setor possibilita que essas técnicas possam ser empregadas separadamente ou de maneira combinada, satisfazendo, dessa forma, todas as exigências técnicas de produção para cada tipo de situação apresentada pelas frentes de lavra.

7 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE MINERAÇÃO

Nos trabalhos de campo foi possível identificar o panorama atual da mineração na Serra da Meruoca. As incursões realizadas na área de estudo mostraram um quadro preocupante em dois aspectos, no relacionado com a parte ambiental e no tocante à exploração mineral. Foram identificadas sete pedreiras desativadas temporariamente, que, segundo engenheiros de minas e geólogos das empresas mineradoras detentoras destas áreas de exploração de granito na Serra, não possuem previsão de retorno das atividades.

No tocante à parte ambiental, o que se vê nas pedreiras desativadas temporariamente ou definitivamente, é um quadro de abandono total, com restos de materiais utilizados na exploração deixados no local, tais como pedaços de cabos de aço e restos de pneus. Paióis e galpões que serviram de alojamento foram destruídos pelo tempo ou depredados por pessoas que vivem no entorno ou que por lá transitam.

Com relação à exploração mineral se verifica o mesmo cenário, com abandono das frentes de lavra e/ou pesquisa, assim como áreas de depósito de rejeito e/ou bota fora, sem nenhuma preocupação com a recuperação ambiental, como mostrado na figura 46. Isso mostra com muita clareza a falta de compromisso das mineradoras que ali atuam ou atuaram e também a inoperância dos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização na área do batólito Serra da Meruoca. A migração para outras áreas potencialmente mais atraentes e com menos exigências ambientais é um fato, uma vez que, com a criação da APA da Serra da Meruoca, as exigências para liberação de licenças ambientais pela SEMACE e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental na área do maciço, tornaram-se maiores.

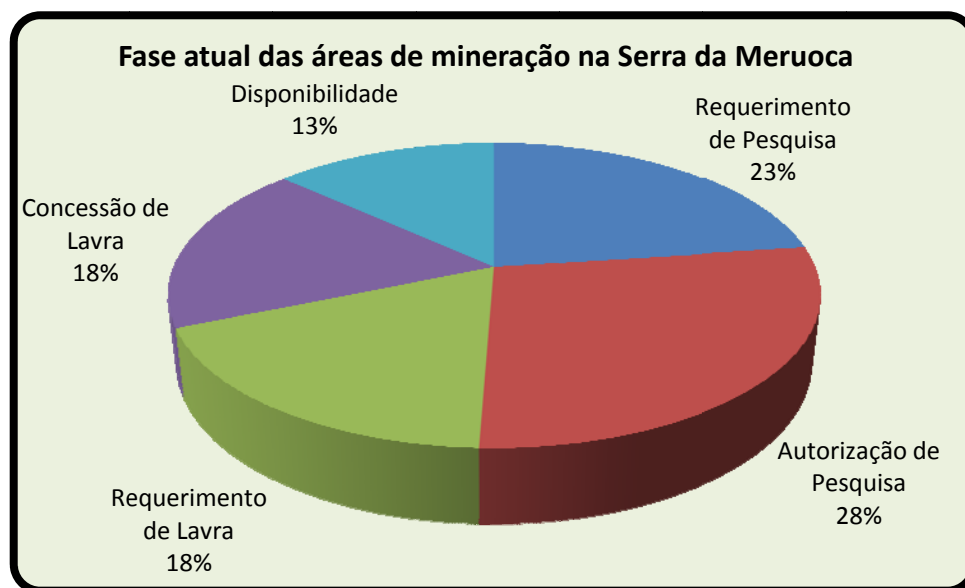
Figura 46 - Área de descarte de rejeito da pedreira de granito Juparaná
Gold, Massapê – CE



Fonte: Foto do autor (2013)

Com base no Cadastro Mineiro do DNPM (DEPARTAMENTO..., [2013?]), é possível contabilizar 83 áreas requeridas para exploração de rochas ornamentais. Deste total, como mostrado na figura 47, 23% são áreas em fase de Requerimento de Pesquisa, 28% possuem Autorização de Pesquisa, 18% se encontram na fase de Requerimento de Lavra, 18% estão na fase de Concessão de Lavra e 13% encontram-se em disponibilidade. O panorama da mineração na área do batólito é extremamente preocupante, uma vez que, de todas as áreas ali existentes, apenas três estão em atividade, porém, junto ao órgão responsável, nenhuma delas aparece como desativada, dando a falsa impressão de grande atividade mineira na Serra da Meruoca, o que, na realidade não ocorre. Falta, por parte do DNPM, maior fiscalização, para que essas áreas paralisadas sejam disponibilizadas e possam ser requeridas por outras empresas interessadas, de fato, em explorar o minério ali existente.

Figura 47 - Situação atual das áreas de exploração de rochas ornamentais na Serra da Meruoca



Fonte: (DEPARTAMENTO..., [2013?])

Um processo de exploração mineral começa com a protocolização do requerimento de pesquisa de uma determinada área junto ao DNPM. Após essa fase, caso a área requerida esteja disponível, será publicado no Diário Oficial da União o alvará de pesquisa, dando ao minerador um prazo de três anos para realização de estudos de viabilidade técnica e financeira, findo os quais deverá ser gerado um relatório final que será submetido à aprovação do DNPM. A fase seguinte é a da elaboração do relatório de lavra, que deve conter o tipo de lavra e a tecnologia de corte a ser empregada. Caso aprovado pelo DNPM, os estudos de impactos ambientais (EIA-RIMA) são elaborados, a fim de ser obtida a licença ambiental para exploração, concedida pela SEMACE. Obtida a licença para exploração, requer-se a lavra junto ao DNPM, que expedirá a concessão da lavra

Segundo dados do SIGMINE do DNPM (DEPARTAMENTO..., 2013), a maioria das áreas de mineração em disponibilidade está localizada na borda do maciço, conforme mostrado na figura 48. Isso acontece por conta das exigências dos órgãos fiscalizadores, porém, mesmo assim, quase a totalidade delas está com suas atividades paralisadas, sem previsão de reinício das atividades.

7.1 Áreas de Mineração Desativadas

Quando estavam em atividade, três pedreiras inativas da Serra da Meruoca produziam os granitos ornamentais denominados de Verde Meruoca, Verde Ventura e Meruoca Clássico. Outras quatro produziam os tipos Amêndoa Barroco, Vermelho Filomena, Amarelo Massapê e Creme Meruoca.

O granito Verde Meruoca era explorado na localidade de Santo Antônio, distrito de Massapê, em local situado a oeste da sede municipal. No Cadastro Mineiro do DNPM (DEPARTAMENTO..., [2013?]) a área consta como ativa, porém se encontra desativada devido a problemas ambientais. As reservas aprovadas pelo DNPM são da ordem de 23.304 m³ (matacões) em uma área de apenas 90 hectares. A exploração era executada pela empresa Granitos do Nordeste S/A (GRANOS) desde o ano de 1991.

Este granito ocorre, extensivamente, por toda a região da cidade da Meruoca, estendendo-se até as proximidades de Massapê, na borda nordeste do batólito. O jazimento se dá sob a forma de matacões soltos e empilhados, de tamanhos variados, situados notadamente nas zonas de meia encosta e em grandes maciços rochosos, de topografia movimentada, que formam a Serra da Meruoca. Na área da pedreira os granitos são isotrópicos, leucocráticos, com coloração esverdeada, granulação variando de média a grossa e textura equigranular.

O granito Meruoca Clássico era explorado na localidade de Pé de Serra, também distrito de Massapê, a noroeste desta cidade. Ele ocorre, principalmente, na forma de maciço, com distribuição extensiva por toda a área, e representa a fácies esverdeada do Batólito da Meruoca. As reservas aprovadas pelo DNPM são da ordem de 147.600 m³. A exploração do granito Meruoca Clássico foi realizada pela Granitos do Nordeste S/A (GRANOS), desde dezembro de 1994, e encerrada no ano de 2000. O acesso à área de mineração pode ser feito a partir da cidade de Massapê, em direção ao distrito de Pé de Serra, onde se localiza a pedreira, pela rodovia CE-232.

O granito Verde Ventura era explorado na localidade de Tanguerê, distrito de Padre Linhares, a noroeste da cidade de Massapê, e, devido a problemas ambientais, sua extração está paralisada. Ele está amplamente distribuído na área situada na borda nordeste do Batólito da Meruoca e ocorre

na forma de matacões e maciço. Os matacões apresentam volumes superiores a 100 m³.

Segundo relatório final de pesquisa da empresa GRANOS (DEPARTAMENTO..., 1995), macroscopicamente, a rocha apresenta coloração verde-escura a verde-clara com tonalidades verde-creme-acinzentada, matizes esbranquiçados e negros, minerais máficos, estrutura maciça homogênea e granulação grosseira, predominando cristais entre 0,5 e 1 cm. A rocha exhibe manchas amarelo-esverdeadas e amarelo-amarronzadas, distribuídas nas superfícies dos cristais de quartzos e feldspatos, provenientes da alteração dos minerais máficos, por efeito do intemperismo físico-químico.

O granito Amarelo Massapê, também conhecido comercialmente como Amarelo Meruoca, era retirado de quatro frentes de lavra relativamente próximas. As pedreiras das empresas GRAMAS - Granitos Massapê Ltda e MULTIGRAN - Mineração de Granitos Ltda estavam situadas na localidade de Barra Santo Amaro, enquanto as pedreiras da INBRASMA- Indústria Brasileira de Mármore S/A e GRANOS - Granitos do Nordeste S/A se situavam na localidade de Santo Antônio. Todas as frentes estavam no município de Massapê.

O granito Amarelo Massapê representa uma fácies de borda do granito Verde Meruoca, onde se observam eventuais variações para uma granulação média e coloração amarelada. Ocorre na forma de matacões soltos e empilhados, de tamanhos variados, situados nas zonas de meia encosta da Serra da Meruoca e também em grandes maciços rochosos.

Todas as frentes de lavra estão paralisadas desde o início de 1996 em razão de problemas de alteração ocorridos nos matacões abertos. A exploração do Granito Amarelo Massapê foi iniciada pela empresa GRAMAS, em 1990, seguida pelas empresas MULTIGRAN, INBRASMA e GRANOS. A produção acumulada até dezembro de 1995 foi da ordem de 1.271 m³.

O granito Amêndoa Barroco era extraído na localidade Sítio Capim Frio, distrito de Meruoca, a sudoeste da sede municipal. A exploração era realizada pela empresa Mineração Meruoca Massapê Ltda. e está paralisada desde o início de 1995. A produção foi iniciada em janeiro de 1993 e até dezembro de 1994 foi produzido um total de 217 m³.

A rocha, ígnea plutônica de tom cinza clara-esverdeado, granulação grosseira e textura granular-homogênea, ocorre na forma de matacões e maciços e tem distribuição extensiva por uma área de 1.000 hectares. No local de ocorrência foram identificados sete alvos principais, onde poderão ser abertas frentes de lavra.

O granito Vermelho Filomena era retirado na zona urbana da cidade de Alcântaras. A área de extração é constituída por granitos homogêneos, isotrópicos, de granulação variando de média a grosseira, coloração avermelhada, textura equigranular média e equigranular grosseira, com porções milimétricas esverdeadas de agregados de biotitas cloritizadas. Cristais límpidos de quartzo também se sobressaem, bem como feldspatos mosqueados em função de alteração.

As reservas aprovadas pelo DNPM eram da ordem de 39.322 m³ (matacões), correspondendo a 101.254 toneladas. Em duas áreas contíguas à concessão foram aprovadas reservas medidas de 734.191 m³ do mesmo granito e também na forma de matacões. As reservas que ocorrem sob a forma de maciços rochosos são estimadas em mais de 10 milhões de metros cúbicos.

A exploração, paralisada por problemas ambientais, ocorreu entre 1988 e 1996 e era executada pelas empresas GRANOS - Granitos do Nordeste S/A e INBRASMA - Indústria Brasileira de Mármore S/A, porém a Concessão de Lavra pertence à Companhia de Desenvolvimento do Ceará-CODECE, hoje Secretaria de Desenvolvimento Econômico - SDE, do Governo do Estado do Ceará. Dados do DNPM mostram que foi produzido um total de 3.803 m³.

7.2 Áreas de Mineração Ativas

Atualmente há três áreas de mineração em atividade, que produzem os granitos Magma, Rain Forest e Juparaná Gold.

O granito conhecido comercialmente como Magma é explorado em uma área de 604,41 ha, localizada na borda sul do Batólito Granítico Meruoca – Rosário, na localidade de Cedro, distrito de Aprazível, município de Sobral, que foi requerida junto ao DNPM pela Mineração Atlântica Ltda. A estrada de acesso à mineração não possui revestimento asfáltico, como mostrado na figura 49, mas apresenta condições razoáveis para o tráfego pesado.

Entretanto, no período chuvoso as condições para transitar por ela ficam ruins, fato que dificulta o deslocamento de veículos de médio e grande porte, principalmente os que se destinam ao transporte dos produtos resultantes da lavra.

Figura 49 - Estrada de acesso à frente da lavra



Fonte: Departamento... (2006)

Segundo relatório de pesquisa apresentado pela Mineração Atlântica Ltda., (2006), empresa detentora da concessão de lavra, ao DNPM, os jazimentos presentes na área total requerida ocorrem na forma de matacões e de maciços nas encostas da serra, onde predomina a cor vermelho ocre. A rocha possui uma textura equigranular e composição mineralógica de quartzo, feldspatos, anfibólios e biotita, com diâmetros de até 2,0 cm. Os cristais de quartzo são subedrais a anedrais e os de feldspato, responsáveis pela coloração da rocha, são subedrais a edrais.

No relatório final de pesquisa apresentado pela Mineração Atlântica Ltda., (2009), as reservas medidas são da ordem de 300.000 m³, correspondendo a 771.000 toneladas de minério. O projeto de lavra proposto prevê o desenvolvimento de duas frentes de lavra em matacões e quatro em maciços, através de bancadas escalonadas desenvolvidas de forma ascendente, estando as cotas limites do projeto entre 150m a 200m.

Atualmente a exploração, iniciada em 2011, acontece em maciço, com volume médio de 150m³/mês.

O granito Rain Forest é extraído na localidade Sítio São Mateus, distrito de Mato Grosso, município de Meruoca. A área de lavra, com 465,71 ha, foi requerida, em 2000, pela Mineração Agreste Ltda ao DNPM. O acesso a ela, a partir de Meruoca, é feito por 7 km em estrada de terra. As atividades se iniciaram em 2001 com a instalação das áreas de servidão necessárias à execução do projeto mineiro e para solicitação e obtenção da Licença Previa.

A jazida do granito ornamental Juparaná Gold está localizada no município de Massapê, na localidade de Raiz. Ela foi requerida pela OCS Mineração e Empreendimentos Ltda, mas está arrendada para a empresa GRANOS S/A. A área total do projeto, aprovada pelo DNPM, é de 49 hectares. A partir de Massapê, o percurso até a mina é feito em estrada carroçável, com uma distância de 8 km.

Segundo o Relatório Final de Pesquisa (1991) apresentado ao DNPM pela OCS Mineração e Empreendimentos Ltda., o granito Juparaná Gold constitui uma fácies de borda do granito Verde Meruoca, com uma granulação média e coloração amarelada, ocorrendo na forma de maciços e de matacões soltos e empilhados, de tamanhos variados, situados na meia encosta da Serra da Meruoca.

7.3 Áreas de mineração selecionadas para estudo detalhado de impactos

Foram escolhidas para estudo detalhado de impacto, as três áreas de lavras descritas, que estão em atividade e outra, inativa, a de granito Meruoca Clássico, localizada no município de Massapê, como exemplo daquelas que tiveram suas atividades paralisadas. Para a caracterização dos impactos, realizaram-se trabalhos de campo, nos quais, além das observações, foram mensurados os níveis de ruídos e as deposições de materiais particulados no âmbito das pedreiras e entrevistados habitantes de áreas adjacentes. No entanto, quando a frente de lavra estava localizada longe de lugares habitados, procurou-se conhecer o estado de saúde dos trabalhadores das minas, com a finalidade de obter informações sobre os possíveis problemas e/ou benefícios

decorrentes da atividade mineral na localidade. As mensurações de ruídos e da deposição de material particulado ocorreram nas minas em atividade.

Para a mensuração dos ruídos o equipamento utilizado foi um decibelímetro, marca IMPAC, modelo SL4023SD, com precisão de $\pm 1,4\text{dB}$, devidamente aferido pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, mostrado na figura 50. Os locais de medição foram previamente selecionados, tendo como critérios a possibilidade de acesso, distância da fonte emissora do ruído, a direção do vento e as máquinas que estavam sendo utilizadas na exploração no momento da medição.

Figura 50 - Decibelímetro utilizado na mensuração de ruídos produzidos na exploração de granito



Fonte: Foto do autor (2013)

Para mensuração da deposição da poeira gerada pelas pedreiras, diante da indisponibilidade de equipamento apropriado para medir o material particulado na atmosfera, foram colocadas lâminas de vidro, com dimensões de 7,0 cm x 10,0 cm, em locais previamente selecionados. As lâminas foram recolhidas após sete dias e o material retido nelas foi pesado em balança de precisão, marca Kern, modelo 770, com a finalidade de mensurar a massa de material acumulado em relação à área de deposição. Com isso foi possível se ter uma visão da difusão da poeira gerada na área de mineração, já que ela,

além do incômodo que possa causar, é prejudicial à saúde pelo alto teor de quartzo e material inalável que contém.

Os dados de ruídos e poeira por unidade de área foram inseridos no software Surfer 10 e constituíram uma malha de acordo com as coordenadas levantadas nos trabalhos de campo. A partir da planilha estabelecida fez-se a interpolação dos valores, utilizando-se para isso a krigagem.

Nas pedreiras de granito Meruoca Clássico e Magma havia moradores nas imediações da pedreira, que foram entrevistados a respeito da importunação que ruídos e poeiras, eventualmente, causavam e sobre a poluição de cursos de água locais. Para alguns, que tinham o hábito da caça foi perguntado a respeito de mudanças ocorridas na fauna depois de implantadas as minas (anexo A).

7.3.1 Área de mineração do Granito Ornamental Meruoca Clássico

A pedreira de granito ornamental conhecida comercialmente como Meruoca Clássico foi escolhida, como exemplo, dentre as demais paralisadas. A análise dos possíveis impactos contemplará o que foi feito por parte da empresa mineradora durante a exploração e depois de paralisadas as atividades, para recuperar as áreas degradadas. Nesta pedreira a lavra se deu exclusivamente em maciço. A área onde ocorreu toda a atividade minerária, como frente de lavra, pátio de depósito de bota fora, área de carregamento e armazenamento de blocos é de 50 hectares e fica, aproximadamente, a 1,3 km da localidade de Pé de Serra, que possui cerca de 100 habitantes.

Segundo o relatório final de pesquisa da empresa GRANOS S/A (DEPARTAMENTO..., 1995), litologicamente, a área do granito ornamental Meruoca Clássico não apresenta variedade. Trata-se de uma rocha ígnea de textura equigranular, isotrópica, de coloração verde clara, com estrutura maciça homogênea, composta essencialmente por mais de 70% de minerais com alta resistência ao intemperismo físico-químico (K-feldspato e quartzo) e mecânico. Do ponto de vista geomorfológico, sua área de ocorrência se apresenta na forma de pedimentos originados a partir das encostas do maciço residual, com declives de 20° a 25°, voltados para o norte, no mesmo sentido do fluxo dos

corpos graníticos. A figura 51 mostra a situação atual da frente de lavra onde foi feita a exploração mineral.

Figura 51 - Vista panorâmica da pedreira desativada do granito Meruoca Clássico



Fonte: Foto do autor (2013)

A área de exploração do granito Meruoca Clássico está inserida no vale do riacho Contendas, como mostra a figura 52, ao longo do qual a cobertura aluvionar composta por sedimentos areno-argilosos, de coloração marrom, e geralmente rica em matéria orgânica, forma terraços. No leito do riacho predomina fração arenosa de coloração bege, com ocorrência de cascalhos.

A rede de drenagem apresenta padrão dendrítico, com rios e riachos intermitentes oriundos do setor norte da serra. Ela está adaptada às linhas estruturais regionais impostas às rochas cristalinas e sedimentares (pré-Cambrianas / Paleozóicas / Cenozóicas). Os débitos mais elevados são atingidos entre os meses de março e maio, coincidindo, em parte, com a época de maior pluviosidade.

Figura 52 - Vista panorâmica do vale onde está inserida a pedreira do granito Meruoca Clássico



Fonte: Foto do autor (2013)

Onde foi realizada a extração do granito Meruoca Clássico, o relevo íngreme é desprovido de espessos mantos coluviais ou de intemperismo e até mesmo de rochas intemperizadas, o que dificulta a alimentação do lençol freático por meio das fraturas de alívio e fendas. O fluxo que percola essas estruturas abastece o aquífero cristalino subjacente ao Riacho Contendas, mas, com a evapotranspiração característica das regiões sertanejas nordestinas e os altos índices de escoamento superficial não há uma acumulação efetiva de água, mesmo em zonas muito fraturadas.

A pedreira está situada em área da formação vegetal denominada Caatinga Arbustiva Aberta (BRAGA, 1953), que possui espécies com baixo e médio porte, caules retorcidos e embranquecidos e pequena densidade de indivíduos. A cobertura vegetal mais densa está associada aos locais de difícil acesso, como a zona de cumeada e de meia encosta dos maciços residuais.

Porém, a cobertura primitiva está bastante alterada devido à agropecuária praticada no sistema de desmatar, queimar, plantar e abandonar para aproveitamento de pastos nativos.

O tipo de lavra escolhido para exploração do granito Meruoca Clássico foi a céu aberto, pois o maciço selecionado se encontrava em superfície. A maneira utilizada, devido às características do corpo rochoso, foi a de bancadas, com altura variando de 1,6 m a 2,5 m, possibilitando a extração de blocos com tamanhos variados e pesos entre 10 e 20 t. Para extração do bem mineral foi utilizada, como tecnologia de corte, o Flame Jet e o cordel detonante, conforme aspecto da frente de lavra mostrado na figura 53.

Figura 53 - Frente de lavra paralisada, do granito Meruoca Clássico, mostrando vestígios das tecnologias de corte utilizadas



Fonte: Foto do autor (2013)

7.3.2 Área de mineração do Granito Ornamental Magma

A pedreira do granito ornamental conhecido comercialmente como Magma está localizada nas imediações de Cedro (figura 54) e se caracteriza por lavra a céu aberto, a partir de um sistema de bancadas escalonadas no maciço rochoso. O corte da rocha em blocos é feito no próprio local.

Figura 54 - Localidade de Cedro, distante aproximadamente 1,5 km da pedreira de granito Magma



Fonte: Departamento... (2006)

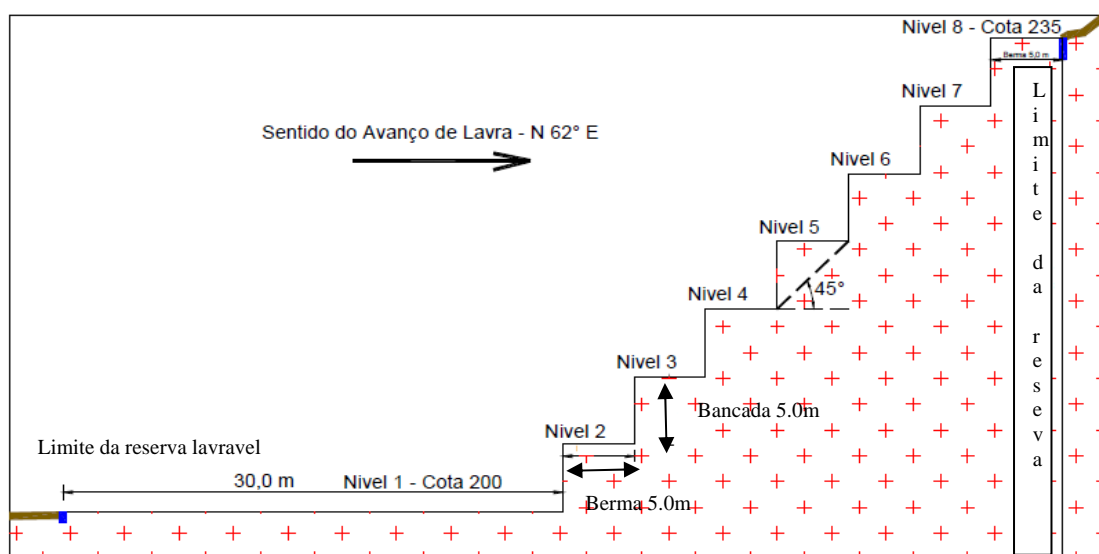
Segundo o Relatório Final de Pesquisa (DEPARTAMENTO..., 2006) apresentado pela Mineração Atlântica Ltda., ao DNPM, a variação faciológica que ocorre na área é evidenciada pelo grau de caulinição dos feldspatos e pela alteração dos minerais de mica, que resultam numa coloração avermelhada. Esta variação pode ser um produto de alteração intempérica provocada pelo fraturamento rúptil, que propiciou a percolação de água, causando a alteração do corpo rochoso.

Os principais riachos adjacentes são o Santa Luzia e o Trapiá, que fazem parte da bacia do Acaraú. O padrão de drenagem é dendrítico e sub-dendrítico, com perfis longitudinais dos cursos de água íngremes e predominância de vales em forma de “V”.

Segundo o Relatório de Lavra (DEPARTAMENTO..., 2010a), a metodologia de lavra e os processos tecnológicos empregados no empreendimento levaram em conta a forma do jazimento e a topografia da área, o que resultou na opção de lavra a céu aberto e a adoção da tecnologia de corte com fio diamantado. As operações de lavra ocorrem na porção SW da

área alvo, com desenvolvimento ascendente em encosta na forma de anfiteatro. Elas adotam bancadas de altura média de 5,0 m, direção N62°E e sentido do avanço das frentes de lavra S28°E, como mostrado na figura 55. A execução da lavra é feita em função dos sistemas principais de fraturamento, dando importância à marcação dos blocos nas pastilhas com a finalidade de minimizar as perdas por trincas. Atualmente a extração do minério ocorre no nível 1.

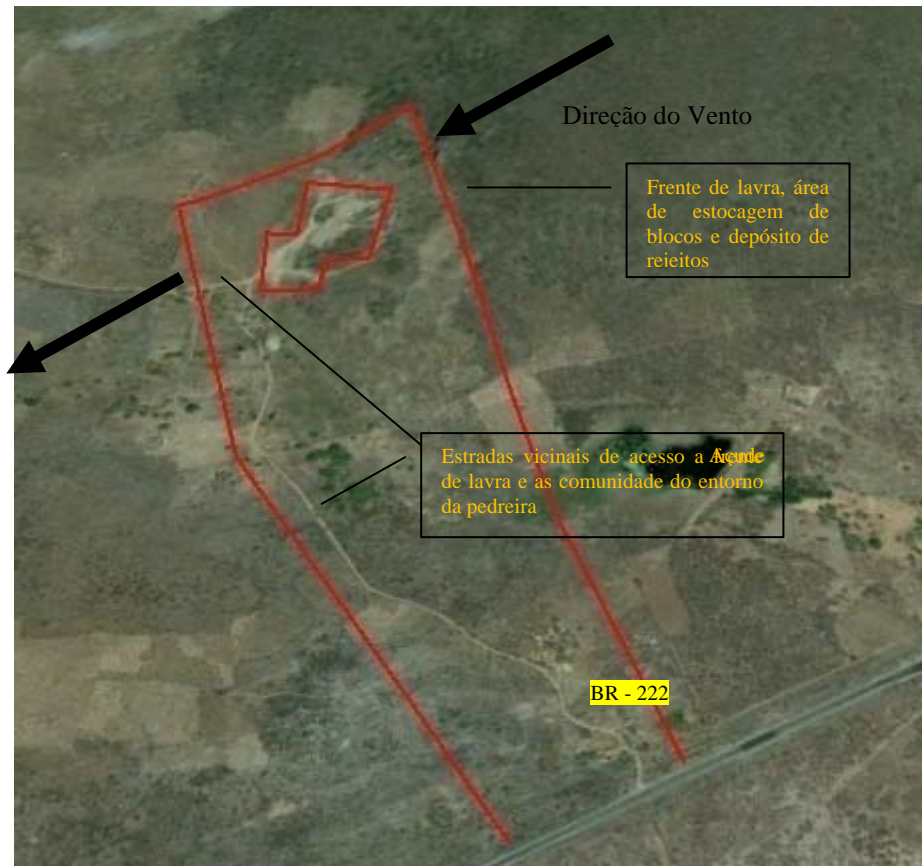
Figura 55 - Perfil esquemático mostrando o avanço da lavra e a tecnologia de corte utilizada na pedreira



Fonte: Departamento... (2010)

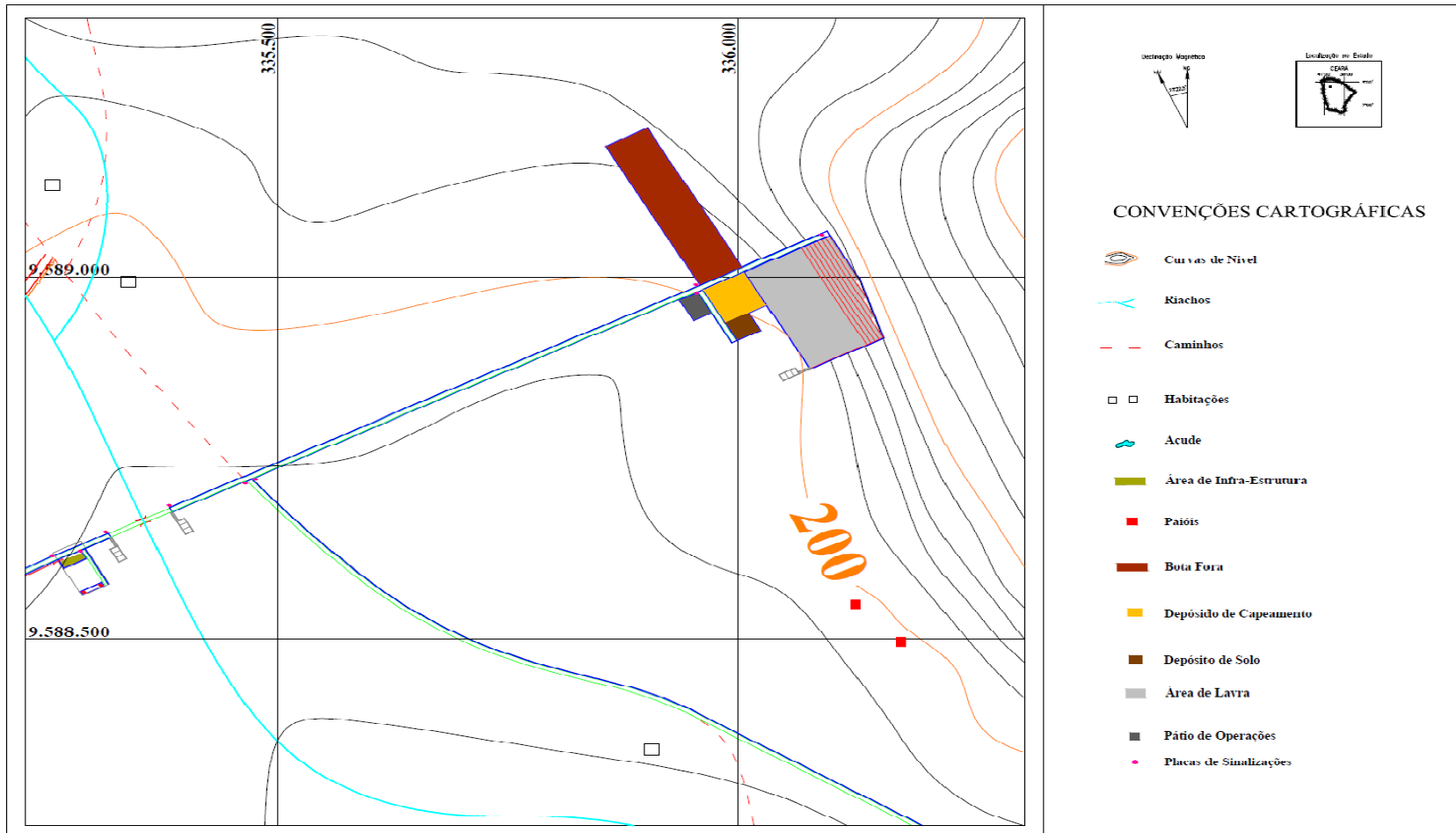
Segundo Relatório de lavra (DEPARTAMENTO..., 2010a) a área total a ser utilizada no desenvolvimento do empreendimento mineiro é de 4,45 ha, aproximadamente 0,7% da área requerida para pesquisa. Os acessos secundários ligam a área administrativa à frente de lavra, aos paióis de explosivos e acessórios. Eles possuem extensão de 180 m e largura de 4 m. O abastecimento d'água do projeto é feito com a captação de um açude existente ao sul da frente de lavra como mostrado nas figuras 56 e 57

Figura 56 - Área de influência do projeto



Fonte: Google (2013e)

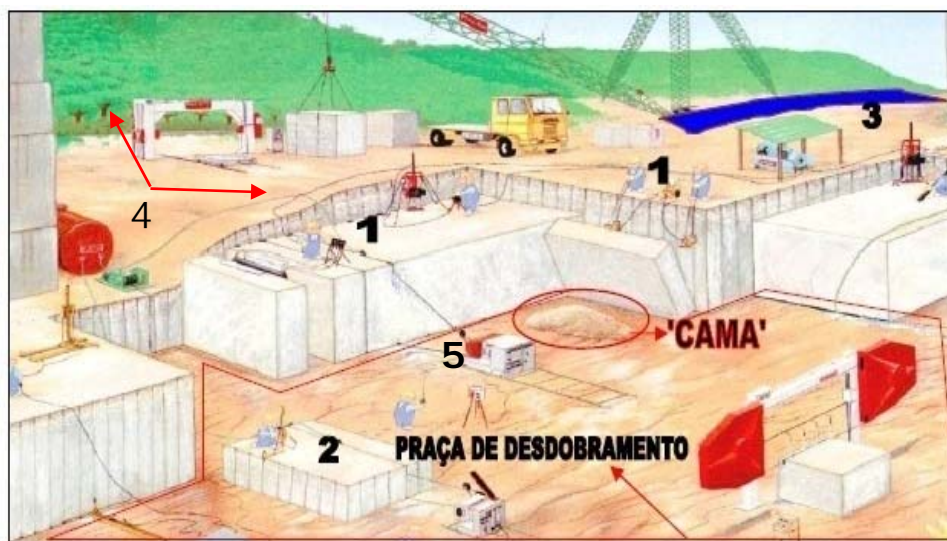
Figura 57 - Layout do projeto de lavra



Fonte: Departamento... (2010)

Para operacionalização do plano de lavra proposto, conforme figura 61, houve uma intervenção significativa no ambiente, com desmatamento e decapeamento do estéril, limpeza e terraplanagem das áreas de servidão, construções de acessos, área de estocagem e transporte de blocos, pátio de manobra, área de depósito de rejeitos, etc., como mostrado na figura 58.

Figura 58 - Ilustração de uma frente de lavra de rocha ornamental, em maciço, utilizando fio diamantado



Fonte: Modificado de Oliveira (2006)

Legenda: 1= corte primário para desabamento de fatias maiores, 2= esartejamento em corte secundário, 3= vias de transporte dos blocos, 4= desmatamento, decapeamento de estéril e 5= Máquina de corte a fio diamantado

No entorno deste empreendimento mineiro há uma agricultura de subsistência (milho e feijão), que ocupou locais anteriormente utilizados pela cotonicultura. Os locais de topografia menos íngreme e próximos aos cursos de água são ocupados pela fruticultura (mangueiras, cajueiros, bananeiras e abacateiros). Lugares de antigos roçados, ocupados por vegetação secundária, e resquícios da vegetação nativa permanecem em locais de difícil acesso (encostas íngremes), como se vê na figura 59.

Figura 59 - Agricultura de subsistência, comum na área de mineração do granito ornamental Magma



Fonte: Foto do autor (2013)

7.3.3 Área de Mineração do Granito Ornamental Rain Forest

O acesso à pedreira de granito ornamental conhecido comercialmente como Rain Forest, partindo de Meruoca até a localidade de Sítio São Mateus, distrito de Mato Grosso, é feito numa extensão de 7 km, por estrada carroçável.

Na área do projeto a rocha, macroscopicamente, apresenta uma coloração que varia de cinza esverdeada (Biotita hornblenda granito) a amarelada (Biotita granito), quando alterada. Trata-se de rocha equigranular grosseira, sem sinais de deformação, composta, essencialmente, por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e biotita. Localmente o batólito granítico se apresenta como massa intrusiva influenciada por falhamentos, o que se reflete em encostas bastantes ravinadas e vales em “V” preenchidos por material de natureza coluvial, oriundo das vertentes íngremes.

Segundo relatório final de pesquisa da Mineração Agreste Ltda., apresentado ao DNPM (DEPARTAMENTO..., 2000), foi possível constatar, tanto em amostragens, quanto nos perfis, que esta variação é produto de alteração intempérica provocada pelo fraturamento rúptil, que propiciou a percolação da água, causando a alteração do corpo rochoso. Esta variação

faciológica ocorre mais no oeste da área, em matacões, do que nos maciços, e pode ser detectada visualmente.

A área desta pedreira se encontra em uma região de serra com altitudes entre 650 e 900 metros, num relevo tipicamente cristalino, constituído por rochas graníticas. Os solos, no geral, pouco profundos, são argilosos, porosos e apresentam uma coloração vermelha amarelada. As características que melhor se associam à geomorfologia são as superfícies de aplainamento elaboradas por processos de pediplanação, os espessos mantos de intemperismo e os cursos d'água ajustados à estrutura, representada por camadas de fraco mergulho submetidas a dobramentos, áreas de contato e por juntas, fraturas e diaclases, das quais depende o armazenamento de água. Os principais riachos da área são Olho d'Água, do Gavião e Panacui, que fazem parte da bacia hidrográfica do Acaraú.

A vegetação pertence ao domínio da Floresta Estacional Semicaducifolia (mata seca), em transição para a Floresta Estacional Perenifolia (mata úmida), que domina os trechos mais elevados da serra.

Essa pedreira se caracteriza pela extração de granito em lavra a céu aberto, a partir de um sistema de bancadas escalonadas no maciço rochoso e também em matacões, para transformação em blocos, na própria mina. De acordo com as características do jazimento, descritas no relatório final de pesquisa da Mineração Agreste Ltda (DEPARTAMENTO..., 2000), o método de lavra escolhido levou em consideração a morfologia do maciço rochoso, as especificidades do minério, os sistemas de fraturamento da rocha e o posicionamento geográfico da área. A atividade de lavra é conduzida de uma forma combinada e simultânea, através de lavra com fio diamantado nos cortes horizontais (ou corte da base) e verticais laterais do maciço e com o sistema tradicional de furos com marteletes pneumáticos e massa expansiva na face frontal (também vertical). O trabalho de lavra se desenvolve, atualmente, numa única frente, conforme figura 60, onde se realiza o desmonte de bancadas de 55 metros de comprimento, de 5,0 a 20,0 metros de altura por 6,0 metros de largura.

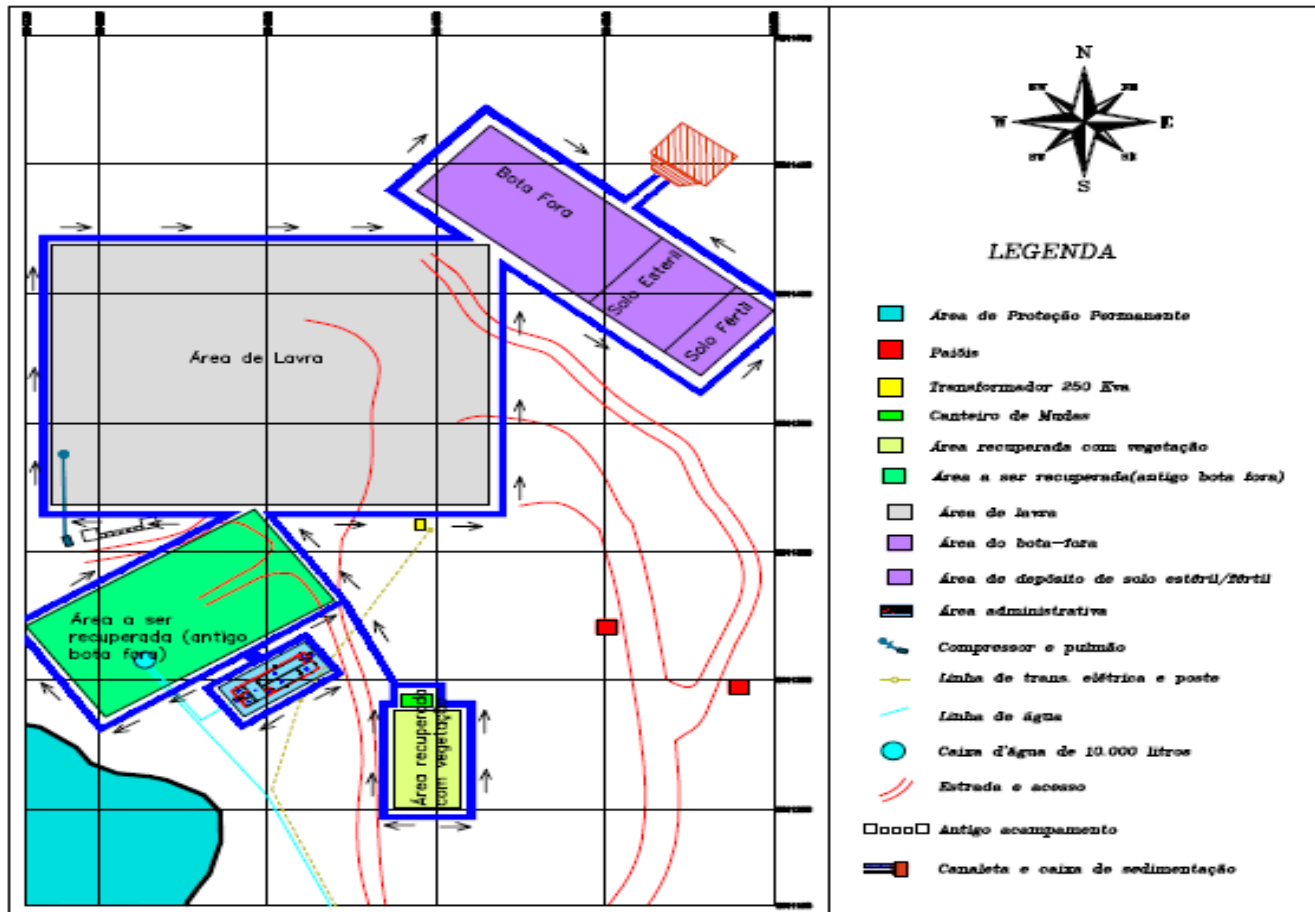
Figura 60 - Frente de lavra do Granito Rain Forest

Fonte: Foto do autor (2013)

Os métodos de lavra se baseiam no esquadrejamento de pastilhas, a partir de grandes volumes de rocha, com a finalidade de se extrair blocos prismáticos de volumes que podem chegar até 15 m^3 , de acordo com as especificações do mercado e da usina de beneficiamento. Nessa pedreira os blocos apresentam dimensões brutas de 3,00 (comprimento) x 1,70 (altura) x 1,60 (largura) metros, perfazendo um volume bruto de $8,16 \text{ m}^3$.

É definida como área de influência direta do projeto mineiro (área de abrangência física), para os meios físico e biótico, toda área representada pelo corpo do minério a ser explorado, alvo deste projeto, bem como as áreas de implantação da infraestrutura necessária à operacionalização do empreendimento, tais como edificações e acessos internos e toda extensão da área requerida, como mostra a figura 61.

Figura 61 - Croquis da área de influência direta do empreendimento



Fonte: Departamento... (2000)

7.3.4 Área de Mineração do Granito Ornamental Juparaná Gold

A pedreira de granito ornamental conhecido comercialmente como Juparaná Gold é uma das três selecionadas para estudo, que se encontra em atividade atualmente na Serra da Meruoca.

A jazida está localizada no município de Massapê. Foi requerida inicialmente para pesquisa uma área de 652,5 hectares, reduzida, posteriormente, pelo DNPM, para 553,75 hectares, por superposição com outras áreas requeridas na mesma região. Na autorização da lavra a área foi reduzida novamente para 504,75 hectares, em vista da justificativa, dado pelos geólogos do DNPM, de que ela não se apresenta totalmente mineralizada.

A exploração ocorre em zona de meia encosta, em relevo pediplanado, numa área topograficamente rebaixada, com altitude variando de 50 a 150 metros. O granito Juparaná Gold, localizado na borda do Batólito da Meruoca, representa uma fácies de borda do granito Verde Meruoca. Ele ocorre na forma de matacões soltos e empilhados, de tamanhos variados, e também em grandes maciços rochosos.

Segundo o Relatório Final de Pesquisa apresentado ao DNPM (DEPARTAMENTO..., 1993), na área de influência da lavra a fácies litológica dominante é representada por rochas granítico-migmatíticas, existentes na parte pediplanada, nas quais se observam eventuais variações para uma granulação média e coloração amarelada. Nos fundos dos vales há a formação de planícies com a presença de aluviões areno-argilosos. Embora os aquíferos pertencentes ao sistema cristalino sejam normalmente classificados como de potencial hidrológico fraco, localmente a unidade geológica apresenta vocação hidrogeológica média, porque a estrutura se apresenta fraturada e as zonas de armazenamento e acumulação de água estão restritas às áreas com fraturas interligadas. A intensidade de aprofundamento da drenagem varia de um padrão fraco a mediano, com destaque para vales de fundo chato. A área está inserida na bacia hidrográfica do rio Acaraú e a densidade de drenagem é menor do que em outras áreas do maciço.

A área de influência do empreendimento está inserida na caatinga e nela há áreas ocupadas por culturas temporárias, como é mostrado na figura 62.

Figura 62 - Lavra do granito Juparaná Gold

Fonte: Foto do autor (2013)

Para a construção da infraestrutura que dá suporte ao empreendimento, constituída por estradas, paióis, rede elétrica, alojamento e área administrativa, ocorreu uma intervenção no ambiente. O acesso à pedreira é feito pela estrada que liga Massapê a Coreaú. Ela possui pista sem revestimento, com condições razoáveis de tráfego, servindo para escoar a produção e dar suporte à mina.

Segundo Relatório Final de Pesquisa apresentado pela OCS Mineração e Empreendimentos Ltda. ao DNPM (DEPARTAMENTO..., 1993), as reservas medidas são de 483.770 m³. A lavra, inicialmente, ocorreu em duas frentes e em matacões localizados na parte mais baixa da área, pois, no início da exploração de granito no Ceará, não era executada lavra em maciços, por não se dominar o processo e pelos custos elevados. Nesta etapa ocorreu a remoção do solo e da vegetação para a implantação da infraestrutura, pois a rocha se encontra aflorando na forma de matacões empilhados, sobrepostos à superfície, sem cobertura edáfica ou flora, como mostrado na figura 63. Atualmente a extração evoluiu para um sistema de bancadas e ocorre em uma única frente, como mostrado na figura 64. Esta pedreira foi arrendada pela empresa detentora do alvará de lavra ao grupo GRANOS e a exploração é executada pela Mineração Atlântica Ltda., pertencente ao grupo.

Figura 63 - Frente de lavra sem cobertura vegetal, mostrando matacões sobrepostos em maciço



Fonte: Foto do autor (2013)

Figura 64 - Frente de lavra do granito Juparaná Gold



Fonte: Foto do autor (2013)

Das pedreiras estudadas, a do granito Juparaná Gold é a que apresenta o maior impacto visual em relação à degradação da paisagem, apesar de não ter ocorrido desmatamento nem remoção de solo para extração do minério. Este impacto na paisagem é consequência do grande volume de material

descartado (rejeito e blocos com imperfeição), formando pilhas de bota fora de toda espécie, que estão dispostas de maneira aleatória e sem critérios por toda área do empreendimento.

O grande volume de rejeito, nessa pedreira, é decorrente da tecnologia de corte utilizada inicialmente, do tipo de lavra em matacões, assim como da opção por beneficiar somente blocos sem imperfeição, descartando outros com medidas adequadas para comercialização, mas sem interesse do ponto de vista econômico, pois a empresa alega que o custo de beneficiamento de um bloco com imperfeições é o mesmo para beneficiar um perfeito, que comercialmente, tem um valor até cinco vezes menor (figura 65).

Figura 65 - Imagem de satélite mostrando a disposição aleatória do rejeito e blocos com imperfeições na pedreira de granito Juparaná Gold



Fonte: Google (2013f)

8 IMPACTOS CAUSADOS PELA MINERAÇÃO

As atividades mineiras sempre causam impactos ao meio ambiente, sejam negativos ou positivos, prejudiciais ou benéficos, porém cabe ao empreendedor e aos órgãos de fiscalização maximizar os efeitos benéficos e minimizar ou eliminar os efeitos adversos, já que o ser humano precisa dos bens da natureza para sua sobrevivência e conforto. Isto quer dizer que é necessário utilizar os recursos naturais de modo consciente e sustentável.

A atividade de extração de granito, para fins ornamentais, é considerada nociva ao meio ambiente por exigir desmatamento e remoção de solos, além de favorecer a erosão, o assoreamento de canais de drenagem, de afastar a fauna do local de exploração e gerar volumes consideráveis de rejeitos, como ilustrado na figura 66.

Figura 66 - Impactos gerados pela extração de granito ornamental



Fonte: Foto do autor (2013)

A lavra de uma jazida deve abranger um conjunto de operações coordenadas e dimensionadas, visando à exploração do bem mineral, através da combinação de diferentes tecnologias, com o objetivo de otimizar o

resultado econômico/financeiro, permitir a necessária flexibilidade ao ciclo produtivo e atenuar, ao máximo, o impacto ambiental no sistema envolvido.

O projeto de lavra de uma mineração tem que apresentar, entre suas finalidades, o melhor método de extração, tecnologias adequadas, os níveis produtivos de acordo com as características da jazida e as condições de higiene e segurança do trabalho, atentando-se, particularmente, para medidas que preservem os interesses ambientais.

Os aspectos geomorfológicos e estruturais da jazida, as características físico/químicas e os valores do minério são determinantes para a escolha da tecnologia adequada, visando maximizar o aproveitamento da reserva mineral e, conseqüentemente, causar menor impacto no ambiente.

O método de lavra deve estabelecer ações sistêmicas para o aproveitamento racional da jazida, com planos de trabalhos projetados e organizados, de modo a obedecer uma seqüência hierárquica no desenvolvimento do empreendimento mineiro, com ênfase na sustentabilidade.

A análise dos impactos causados pelas áreas de mineração estudadas se deu através de investigações realizadas nos próprios locais, dos estudos dos projetos de implantação e de entrevistas. Tudo isto permitiu a identificação da magnitude dos impactos relevantes e a discriminação dos benéficos e adversos, diretos e indiretos, imediatos, de médio e longo prazo, temporários e permanentes; do grau de reversibilidade; das propriedades cumulativas e sinérgicas; da distribuição dos ônus e dos benefícios sociais.

A metodologia proposta neste estudo, para avaliação quantitativa dos impactos, foi baseada na matriz de Leopold et al. (1971), a razão da escolha desta é em função de ser a utilizada nos trabalhos sobre impactos ambientais no Estado do Ceará. Ela se caracteriza pelo confronto dos principais componentes da atividade mineira (causas) com o meio natural (efeitos). Para a aplicação desta metodologia e melhor avaliação dos impactos gerados pela mineração, foi feita uma adaptação do modelo desenvolvido por Bianchi et al. (1989), que posiciona os componentes do meio ambiente em abscissas e os componentes do empreendimento em ordenadas, permitindo o confronto entre eles. Neste modelo, cada célula matricial é dividida em quatro campos, destinados à valoração dos atributos do impacto considerado, relativo ao

caráter, importância, magnitude e duração, como mostrado na tabela 7 e explicado na tabela 8.

Tabela 7 - Célula matricial com a valoração dos impactos

CARÁTER	IMPORTÂNCIA
+ = BENÉFICO - = ADVERSO ± = INDEFINIDO	Si = SIGNIFICATIVA Mo = MODERADA Ns = NÃO SIGNIFICATIVA
MAGNITUDE	DURAÇÃO
G = GRANDE M = MÉDIA P = PEQUENA	L = LONGA I = INTERMEDIÁRIA C = CURTA

Fonte: Instituto... (1993)

Tabela 8 - Conceituação dos Atributos Utilizados na Matriz “Causa x Efeito”

Atributos	Parâmetros de Avaliação	Símbolos
<p>Caráter</p> <p>Expressa a alteração ou modificação gerada por uma ação do empreendimento sobre um dado componente ou fator ambiental.</p>	<p>Adverso</p> <p>Quando o efeito gerado for negativo para o fator ambiental considerado</p>	-
	<p>Benéfico</p> <p>Quando o efeito gerado for positivo para o fator ambiental considerado</p>	+
	<p>Indefinido</p> <p>Quando o efeito gerado não for estabelecido de imediato por fatores desconhecidos ou indefinidos</p>	±
<p>Importância</p> <p>Estabelece a significância ou o quanto cada impacto é importante na sua relação com o meio ambiente ou com a sociedade quando comparado com outros impactos.</p>	<p>Não significativa</p> <p>O impacto sobre o meio e em relação aos demais impactos não implica em alteração significativa do ambiente ou da qualidade de vida</p>	Ns
	<p>Moderada</p> <p>O impacto sobre o ambiente ou a sociedade e em relação aos outros impactos assume dimensões recuperáveis.</p>	Mo
	<p>Significativa</p> <p>O impacto sobre o ambiente ou sociedade e junto aos demais impactos acarreta efeito intenso, permanente ou duradouro. À sociedade causa perda, quando adverso, ou ganho, quando benéfico, da qualidade de vida.</p>	Si
<p>Duração</p> <p>É o registro de tempo de permanência do impacto após concluída a ação que o gerou.</p>	<p>Curta</p> <p>Existe a possibilidade da reversão das condições ambientais anteriores à ação, num breve período de tempo, ou seja, imediatamente após a conclusão da ação, há a neutralização do impacto gerado por ela.</p>	C
	<p>INTERMEDIÁRIA</p> <p>É necessário decorrer um período de tempo para que o impacto gerado pela ação seja neutralizado.</p>	I
	<p>LONGA</p> <p>O impacto permanece por longo período de tempo após a conclusão da ação que o gerou. Neste grau são também incluídos aqueles impactos que, após a conclusão da ação geradora, assumem um caráter definitivo.</p>	L

Fonte: Instituto... (1993)

A área de influência direta de um projeto de mineração corresponde ao local de lavra e áreas de apoio adjacentes, como mostrado na figura 61. Ela é identificada pela grande concentração de impactos adversos, principalmente sobre os meios físicos e bióticos. Estes podem ser exemplificados pela retirada da vegetação e dos solos, tombamento de bancadas, construção de edificações, transporte do minério, deposição de solo orgânico, alteração da superfície topográfica com a retirada do material de capeamento, erosão, assoreamento, ruídos e poeira.

Mas, os impactos, tanto benéficos como adversos, extravasam esta área e podem ocorrer ao longo das vias de acesso ao empreendimento, nos cursos de água, na fauna e na flora de áreas próximas ou nas áreas habitadas adjacentes.

Em um projeto de mineração, os impactos e seus indicadores, suas causas e os efeitos gerados, quando identificados e avaliados, requerem a inserção de medidas mitigadoras para minimizar e/ou neutralizar os impactos negativos e maximizar os positivos, conforme ilustrado na tabela 9.

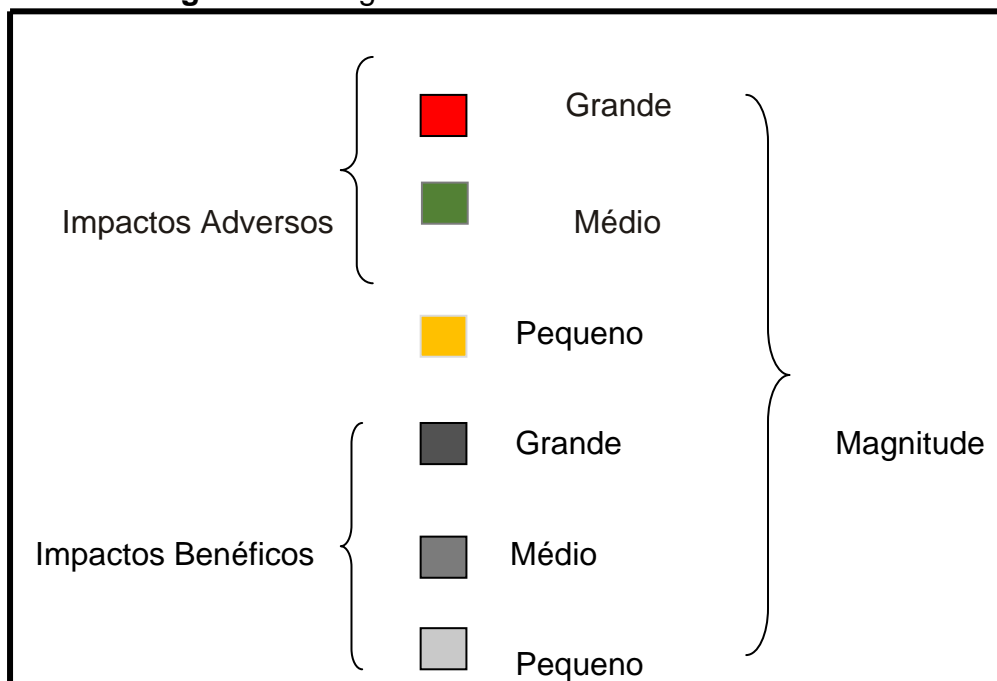
Tabela 9 - Relação dos principais impactos e seus indicadores, que podem ser gerados com um empreendimento mineiro

Fator Ambiental	Impactos Ambientais	Indicadores	Causas Sinérgicas	Formas Mitigadoras
<u>MEIO FÍSICO</u> GEOLÓGICO GEOMORFOLÓGICO GEOTÉCNICA SOLOS ÁGUAS ATMOSFERA	Alteração da Topografia Contaminação Erosão/Assoreamento/Inundação Alteração da Qualidade da água Poluição do ar/poluição sonora	<ul style="list-style-type: none"> - Forma e volume - Superfície alterada/lixo orgânico e inorgânico - Perda do solo/Alteração da microbacia - Cor mais escura (turva)/lixo nas margens rios - Aumento nível de ruídos e partículas sólidas. 	Localização deficiente do sistema de drenagem; alteração no uso do solo das bacias hidrográficas; falta de recuperação ambiental de áreas degradadas; lixo.	Prognosticar o uso futuro do solo na área de influência; recuperação ambiental de áreas degradadas; monitoramento de áreas de preservação permanente; estabelecimento de barreiras físicas.
<u>MEIO BIÓTICO</u> FLORA ECOSSISTEMA AQUÁTICO FAUNA	Degradação Imigração Alteração das Cadeias Tróficas	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração com a retirada da cobertura vegetal - Mudança de animais do seu habitat - Variação da capacidade de carga do habitat 	Desmatamento desordenado; ocupação desordenada aumentando o “stress” ambiental; depósito de lixo no entorno do empreendimento;	Planos de proteção ambiental; estabelecimento de barreiras físicas de proteção; ação conjunta com órgãos competentes, para os programas de proteção; zoneamento ambiental.
<u>MEIO ANTRÓPICO</u> CONTEXTO SOCIAL POPULAÇÃO ECONOMIA INFRAESTRUTURA	Fragilidade Paisagística Impacto Visual Especulação Fundiária	<ul style="list-style-type: none"> - Contraste de cor, grau de cobertura vegetal; - Ângulo de incidência visual - Conflito social 	Desmatamento desordenado; cava acentuada, gerando paisagem esteticamente desagradável; valorização das terras; aumento no uso dos recursos naturais.	Projeto paisagístico adequado; reconformação topográfica e da vegetação nas áreas degradadas; programas de esclarecimento da população; estabelecimento de critérios de uso ordenado dos recursos naturais.

Fonte: Instituto... (1993)

Os estudos dos impactos ambientais nas minas selecionadas serão apresentados em uma matriz de impactos. Na matriz será utilizado um gradiente de cores com a finalidade de facilitar a visualização das características dos impactos, como ilustrado na figura 67.

Figura 67 - Legenda de cores das células matriciais



Fonte: Instituto... (1993)

A avaliação setorial dos componentes dos empreendimentos mineiros, a partir da análise das matrizes de impactos, que compõem os anexos de B a E, está descrita na tabela 11. Para facilitar a compreensão, estes dois documentos devem ser confrontados.

A experiência do autor, adquirida ao longo de nove anos trabalhando com pesquisa, lavra e beneficiamento de rochas ornamentais, mais o embasamento teórico de trabalhos consultados na literatura referente ao assunto, dão suporte para afirmar que os impactos decorrentes da exploração de rochas ornamentais começam, ainda pequenos, na fase de prospecção, identificada na matriz de impactos (anexos B a E) como fase de estudos, ou seja, durante os levantamentos preliminares (topografia, sondagem, pesquisa mineral e estudos ambientais).

Os impactos prosseguem, de maneira mais significativa, na fase de mineração, com a construção das obras civis que darão suporte ao

empreendimento, como alojamento, área administrativa, paióis, construção e recuperação de acessos, abastecimento de água e energia elétrica e preparação do pátio de estocagem. As edificações construídas nas proximidades das lavras das áreas estudadas, onde funcionam escritórios, dormitórios, cozinha e áreas de manutenção do maquinário, contribuem para a contaminação do ambiente, por meio das fossas, nem sempre adequadas, e da disposição indevida do lixo e de resíduos sólidos e líquidos, como óleos, graxas e entulhos compostos por restos de materiais utilizados.

Com o desmatamento e remoção de solo para preparação da frente de lavra, tornando viável a exploração do minério, os impactos começam a se agravar. O desmatamento se configura como um dos principais impactos causados pela atividade mineral, pois causa erosão, escorregamentos de massa e piora na qualidade do ar, devido à emissão de partículas finas provenientes da movimentação de solo por máquinas. Nesta fase já é possível identificar o impacto visual causado e os impactos negativos sobre a flora e a fauna, já que a remoção do solo e da vegetação tem efeitos diretos na meso e microfauna.

Nas pedreiras selecionadas, vegetação e solo, denominados materiais de decapeamento, foram os primeiros elementos a serem retirados, uma vez que envolviam parte do material rochoso que está sendo explorado. Com a retirada deste material e do minério houve alterações na morfologia do terreno (forma e volume) e nos perfis topográficos, expondo as áreas aos fenômenos da dinâmica superficial.

Em seguida começam os trabalhos de operação da mina. Isso ocorre com a detonação de explosivos, tendo como consequências principais a geração de ruídos, vibrações, poeira e deslocamento de ar, que podem causar desconforto nas pessoas caso existam áreas habitadas próximas ao empreendimento.

Há movimentação de equipamentos e veículos pesados para a retirada e transporte do minério e para a deposição dos rejeitos, dos quais ocorrem vazamentos de óleo. Esta movimentação causa a pulverização dos agregados e a compactação dos solos, contribuindo para o aumento do escoamento superficial e aceleração dos processos erosivos. As águas das chuvas, ao escoarem pela superfície, tomam caminhos preferenciais e, fruto da inclinação

do terreno, adquirem força e velocidade, provocando o aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas. A redução da capacidade de infiltração da água nos solos reflete, negativamente, na capacidade de recarga do lençol freático.

Os impactos referentes ao material particulado (poeira) e ruídos são gerados em decorrência dos equipamentos utilizados nas atividades de lavra para a perfuração e corte da rocha, do uso de explosivos e da circulação de máquinas e caminhões nos pátios e nas vias de acesso às minas. Secundariamente, a ação do vento sobre superfícies descobertas, como os pátios internos e as áreas de estocagem (pilhas de material decapeado e rejeitos), interfere na qualidade do ar. Os ruídos dos maquinários são contínuos e podem prejudicar o sistema auditivo/nervoso dos funcionários. Os impactos sonoros, entretanto, são pouco significativos aos transeuntes e para a população das áreas adjacentes às pedreiras, pois não há residências muito próximas dos empreendimentos estudados.

Para materiais particulados na atmosfera, o anexo 12 da Norma Regulamentadora - NR 15, do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE (BRASIL, 1978), estabelece limites de tolerância para poeiras aspiráveis e totais, que não são fixos, mas dependentes das porcentagens de quartzo existentes numa amostra. A utilização da NR 15, como parâmetro, ocorreu em função desta ser utilizada legalmente para fiscalização das condições do ambiente de trabalho, por parte dos órgãos competentes. Tal preocupação é justificável porque a principal origem da sílica é o quartzo, que está presente em grande quantidade nas rochas graníticas. A respiração continuada de partículas de sílica pode levar à irritação das vias respiratórias e, caso elas venham a se depositar nos alvéolos, à silicose. Exames feitos anualmente nos trabalhadores podem até identificar a silicose, mas não serão capazes de evitá-la, pois, quando detectada, é sinal de que ela já se instalou.

O nível de ruídos a que um trabalhador está submetido deve respeitar a NR 15, conforme exposto na tabela 10. Porém, mesmo com o uso de equipamentos de proteção individual, muitos trabalhadores excedem o tempo máximo de exposição ao nível de ruídos a que estão submetidos.

Tabela 10 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, NR-15

NÍVEL DE RUÍDO DB	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Brasil (1978)

Os limites de tolerância para a exposição do trabalhador aos níveis de ruídos e aos valores de material particulado na atmosfera podem ser ultrapassados em um período de curta duração, porém isso pressupõe que ele, durante o restante da sua jornada de trabalho, desfrute de outros momentos exposto a situações abaixo do limite estabelecido. No entanto, como no exercício de suas funções os operários executam operações repetitivas nas pedreiras, quando ultrapassados os limites de tolerância em função do tempo de exposição, provavelmente eles permanecerão na mesma condição ambientalmente desfavorável.

Outro problema causado pela exploração de rochas ornamentais é o rejeito. Segundo Williams et al. (1997 apud FABRI; NALINI JÚNIOR, LEITE,

2012), rejeito é toda substância não econômica, separada do material rochoso a ser beneficiado e estéril à substância natural (rocha, solo e subsolo), não aproveitável economicamente, que ocorre em camadas sobre o material de interesse.

O rejeito, segundo Almeida (2006 apud FABRI; NALINI JÚNIOR, LEITE, 2012), no caso de extração de rocha ornamental, é todo fragmento de rocha retirado do bloco para deixá-lo nas dimensões exigidas pelos mercados externo e interno, ou seja, fragmento rochoso não aproveitável economicamente, em função de suas dimensões reduzidas ou irregulares. Porém, no caso das pedreiras estudadas, o termo rejeito pode ser estendido para os blocos com medidas exigidas pelo mercado, mas que apresentam algum tipo de imperfeição, como veios e/ou concentração de minerais máficos ou félsicos. Esse tipo de rejeito impacta de maneira significativa as áreas destinadas ao seu depósito. Grandes volumes de blocos com os problemas mencionados, ao serem descartados, entulham as áreas de bota-fora, como mostrado na figura 68.

Figura 68 - Blocos com dimensões exigidas pelo mercado, mas que são descartados por apresentarem alguma imperfeição



Fonte: Foto do autor (2013)

Na fase de abandono de lavra, os impactos que aconteceram nas fases anteriores não são tratados conforme a orientação dos EIA RIMA apresentados ao órgão de fiscalização ambiental para recuperação das áreas degradadas, pois medidas de gerenciamento ambiental por parte das mineradoras do setor de rochas ornamentais não são adotadas. Isto, frequentemente, acarreta problemas como a compactação de solo, aumento do escoamento superficial, erosão, falta de destinação às edificações que deram suporte ao empreendimento e poluição pelos restos de materiais utilizados durante o processo de exploração mineral, abandonados sem preocupação com o ambiente. Na tabela 11, que deve ser confrontada com os anexos A, B, C e D, estão descritos os impactos detectados em cada fase do empreendimento nas pedreiras estudadas.

Tabela 11 - Descrição dos Impactos ambientais das pedreiras de granito estudadas

ANÁLISE DA MATRIZ DE IMPACTO DAS PEDREIRAS ESTUDADAS									
Ações do Empreendimento (Componentes Impactantes) vs. Parâmetros do Sistema Ambiental (Componentes Impactados)	Localização na Matriz					PEDREIRAS ESTUDADAS			
						PEDREIRAS EM ATIVIDADE			PEDREIRA DESATIVADA
	RAIN FOREST		MAGMA		JUPARANÁ GOLD		MERUOCA CLÁSSICO		
FASE INICIAL									
LEVANTAMENTOS PRELIMINARES vs. Uso e ocupação do solo vs. Nível de emprego vs. Agricultura e pecuária vs. Transporte vs. Construção civil vs. Rede elétrica e telecomunicações vs. Saneamento básico vs. Educação	RAIN FOREST	MAGMA	JUPARANÁ GOLD	MERUOCA CLÁSSICO	Descrição dos Impactos				
					Nessa fase da pesquisa mineral ocorre mapeamento geológico de detalhe, com impactos indefinidos no ambiente. O nível de emprego tem impacto benéfico, mas de pequena magnitude e curta duração, pois as pessoas contratadas para auxiliar nos trabalhos referentes a essa fase são dispensadas no encerramento destes. Verifica-se um caráter indefinido com relação à agricultura, transporte, construção civil, rede elétrica e telecomunicações, saneamento básico e educação por não se saber a utilização que se dará para cada um desses setores				
LEVANTAMENTOS PRELIMINARES vs. Opinião pública	Y1 X23	Y1 X23	Y1 X23	Y1 X23	Nesta fase o impacto é benéfico, de importância moderada, média magnitude e duração intermediária, pois gera uma expectativa positiva em relação a possíveis melhorias para as comunidades próximas ao empreendimento.				
LEVANTAMENTOS PRELIMINARES vs. Comércio vs. Valor das propriedades	Y1 X27 X28	Y1 X27 X28	Y1 X27 X28	Y1 X27 X28	O impacto em relação a esses componentes é benéfico, não significativo, de magnitude pequena e de curta duração, uma vez que as pequenas vendas próximas ao empreendimento apresentam uma melhora no movimento, assim como o valor das propriedades tem perspectivas de aumento.				
TOPOGRAFIA vs. Disponibilidade de solo	Y2 X5	Y2 X5	Y2 X5	Y2 X5	O impacto é indefinido uma vez que não é possível definir a destinação dos solos.				
TOPOGRAFIA vs. Vegetação	Y2 X13	Y2 X13	Y2 X13	Y2 X13	O impacto identificado é de caráter adverso, de importância não significativa, de pequena intensidade e de curta duração. Nessa fase são feitas aberturas de picadas para execução do levantamento topográfico da área requerida para pesquisa mineral.				
TOPOGRAFIA vs Nível de emprego	Y2 X21	Y2 X21	Y2 X21	Y2 X21	Nessa fase o impacto é benéfico, de curta duração e pequena magnitude em relação ao nível de emprego. Para realização do levantamento topográfico, são contratadas pessoas das áreas adjacentes às pedreiras para auxiliar na execução desses trabalhos.				
SONDAGENS vs. Disponibilidade de solo vs. Riscos induzidos (saúde e acidentes)	Y3 X5 X20	Y3 X5 X20	Y3 X5 X20	Y3 X5 X20	Apesar de ser um impacto pontual, verifica-se um caráter indefinido com relação a disponibilidade do solo por não se saber que utilização se dará para este fator, porém existe risco de acidentes inerentes ao processo, envolvendo as pessoas que desenvolvem essa atividade.				
SONDAGENS vs. Nível de ruídos vs. Material particulado	Y3 X9 X10	Y3 X9 X10	Y3 X9 X10	Y3 X9 X10	Os Impactos são adversos, em relação ao nível de ruídos e material particulado, entretanto não são capazes de alterar o meio. Quando concluídas as sondagens ocorre a neutralização dos impactos.				
SONDAGENS vs. Nível de empregos	Y3 X21	Y3 X21	Y3 X21	Y3 X21	O impacto é benéfico, de magnitude pequena, de importância não significativa e de curta duração. Nessa fase são contratadas pessoas da comunidade para auxiliar durante a realização das sondagens.				
PESQUISA MINERAL vs.	Y4 X1 X20	Y4 X1 X20	Y4 X1 X20	Y4 X1 X20	A fase da pesquisa mineral e conseqüentemente a verificação da viabilidade técnica				

Recurso mineral vs. Riscos induzidos					apresentam um caráter indefinido com relação ao recurso mineral, pois o mercado de granito ornamental é que irá definir a quantidade de material a ser explorado. A pesquisa mineral envolve um conjunto de operações, que, no caso das pedreiras estudadas, por estarem localizadas em área com relevo acidentado, expõem as pessoas envolvidas a acidentes.
PESQUISA MINERAL vs. Nível de empregos	Y4 X21	Y4 X21	Y4 X21		O impacto é benéfico, de magnitude pequena, de importância não significativa e de curta duração. Nessa fase são contratadas pessoas da comunidade para abertura de picadas durante a realização da pesquisa mineral.
ESTUDOS AMBIENTAIS vs. Recurso Mineral vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Morfologia vs. Disponibilidade do Solo vs. Movimento de Massa vs. Águas Superficiais vs. Águas Subterrâneas	Y5 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8	Y5 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8	Y5 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8		Os impactos são indefinidos durante os estudos ambientais, que são de relevante importância para a tomada de decisão de implementar ou não a mineração. A compreensão da ecodinâmica se dá a partir de tais estudos, que geram informações básicas para elaboração do diagnóstico ambiental destinado às projeções dos impactos nas diversas fases do empreendimento. Eles norteiam também a adoção de medidas mitigadoras para os efeitos negativos e ações incentivadoras aos efeitos positivos que o projeto pode gerar.
FASE DE MINERAÇÃO					
OBRAS CIVIS vs. Disponibilidade de solo vs. Nível de ruídos vs. Material particulado vs. Agricultura vs. Flora vs. Fauna vs. Valores paisagísticos vs. Uso e ocupação do solo	Y6 X5 X9 X10 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19	Y6 X5 X9 X10 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19	Y6 X5 X9 X10 X12 X13		O impacto decorrente das obras civis é adverso, não significativo, de pouca intensidade, longa duração. Apesar de serem pontuais, alteraram o ambiente. Os impactos referentes às obras civis ocorrem da mesma forma e intensidade nas pedreiras estudadas, uma vez que em todas foram necessárias obras de infraestrutura.
OBRAS CIVIS vs. Riscos induzidos vs. Agricultura e pecuária	Y6 X20 X29	Y6 X20 X29	Y6 X15 X16 X17 X18 X20		Os impactos gerados são indefinidos em relação a riscos de acidentes, na agricultura e pecuária e qualidade de vida.
OBRAS CIVIS vs. Nível de emprego vs. Opinião pública vs. Comércio vs. Valor das propriedades vs. Transporte vs. Construção civil vs. Rede elétrica e telecomunicações.	Y6 X21 X23 X27 X30 X31 X32	Y6 X21 X23 X27 X28 X31 X32	Y6 X19 X21 X23 X27 X31		Os impactos gerados com execução dessas obras civis são benéficos, de magnitude média e importância moderada, uma vez que podem agregar benefícios para as áreas adjacentes e geram expectativa positiva na opinião pública. Quanto ao nível de emprego a duração é pequena não significativa, porque encerradas as implantações dessas obras a oferta de emprego também se encerra.
RECUPERAÇÃO E PREPARAÇÃO DE ACESSOS vs. Movimento de massa vs. Nível de ruídos vs. Material particulado vs. Herbácea vs. Arbustiva vs. Riscos induzidos.	Y8 X6 X9 X10	Y8 X6 X9 X10	Y8 X6 X9 X10 X12 X13 X20		Os impactos gerados foram moderados, pois os acessos, já existiam. Nas pedreiras estudadas ocorreu o redimensionamento de alguns e implantação de outros. Os efeitos são adversos de magnitude média e curta duração com a movimentação de massa com cortes e aterros e aumento dos níveis de poluição durante a recuperação (ruídos e material particulado), entretanto sem impactos significativos no ambiente.
RECUPERAÇÃO E PREPARAÇÃO DE ACESSOS vs. Valores paisagísticos vs. Uso e ocupação do solo vs. Riscos induzidos	Y8 X18 X19 X20	Y8 X18 X19 X20	Y8 X18 X19		Nas pedreiras de granito Rain Forest e Magma a paisagem e a ocupação do solo sofreram impacto adverso, moderado, de média magnitude e longa duração, uma vez que teve de ser construído um ramal a partir de uma estrada existente com aproximadamente 1000 e 800 metros respectivamente, para dar acesso a frente de lavra e as instalações de apoio. O impacto é indefinido em relação aos
					Os impactos gerados na pedreira de granito Juparaná Gold são indefinidos porque as intervenções foram pontuais, foram feitas

						riscos de acidentes.	adequações a partir de acessos existentes.	
RECUPERAÇÃO E PREPARAÇÃO DE ACESSOS vs. Nível de emprego vs. Opinião pública vs. Nível de vida vs. Comércio vs. Valor das propriedades vs. Transporte	Y8 X21	Y8 X21 X23 X24 X27 X28 X30	Y8 X21 X23 X24 X27 X28	Y8 X21 X23 X24 X27 X28		Durante essa fase ocorre oferta de empregos temporários que beneficiam algumas pessoas das áreas adjacentes. O impacto é benéfico, não significativo, de pequena intensidade e curta duração. Na pedreira de granito Magma durante essa fase o impacto foi benéfico representado pela melhoria e ampliação dos acessos, possibilitando a comercialização de produtos por ambulantes que passaram a utilizá-los.		
PREPARAÇÃO DO PÁTIO DE ESTOCAGEM vs. Recurso Mineral vs. Águas Superficiais vs. Águas Subterrâneas vs. Arbórea vs. Opinião pública vs. Nível de vida	Y9 X1 X7 X8	Y9 X1 X7	Y9 X1 X7 X14 X23 X24	Y9 X1 X7 X14 X23 X24		Nessa fase os impactos são indefinidos, uma vez que os pátios de estocagem são instalados em lugares planos. No caso das pedreiras estudadas os cursos d'água não foram afetados, pois ficam distantes das áreas destinadas a estocagem de blocos. Na pedreira Juparaná Gold o impacto é indefinido em relação à opinião pública e ao nível de vida.		
PREPARAÇÃO DO PÁTIO DE ESTOCAGEM vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Morfologia vs. Disponibilidade do Solo vs. Movimento de Massa vs. Flora vs. Valores paisagísticos	Y9 X2 X3 X4 X5 X6 X12 X13 X14 X18	Y9 X2 X3 X4 X5 X6 X12 X13 X18	Y9 X2 X3 X4 X5 X6 X8 X13 X14 X18	Y9 X2 X3 X4 X5 X6 X8 X13 X14 X18		A preparação dos pátios de estocagem causa efeitos negativos, de importância moderada, magnitude média, duração longa, ocorre a degradação pontual dos solos, contribuindo para efeitos negativos na dinâmica superficial (erosão, disponibilidade de solo e perda de vegetação).		
PREPARAÇÃO DO PÁTIO DE ESTOCAGEM vs. Nível de Ruídos vs. Material Particulado vs. Microclima vs. Fauna vs. Solo vs. Uso e ocupação do solo vs. Riscos induzidos	Y9 X9 X10 X11 X15 X16 X17 X19 X20	Y9 X9 X10 X11 X15 X16 X17 X19 X20	Y9 X9 X10 X11 X15 X16 X17 X19 X20	Y9 X9 X10 X11 X15 X16 X17 X19 X20		Efeitos negativos de curta duração, não significativos e de pequena magnitude, aumentando a quantidade de material particulado. Aumenta também o nível de ruídos. Quando concluída a preparação, os impactos continuam devido às operações que são realizadas rotineiramente para estocagem dos blocos, afetando a fauna por um período mais longo. Ocorre a ocupação do solo para estocagem dos blocos, existe risco de acidentes devido essa atividade.		
PREPARAÇÃO DO PÁTIO DE ESTOCAGEM vs. Nível de emprego	Y9 X21	Y9 X21	Y9 X21	Y9 X21		O impacto é benéfico, de magnitude pequena, de importância não significativa e de curta duração. Nessa fase são contratadas pessoas da comunidade para auxiliar na preparação.		
DESMATAMENTO (Frente de lavra) vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Morfologia vs. Disponibilidade do Solo vs. Movimento de Massa vs. Águas Superficiais vs. Águas Subterrâneas vs. Nível de Ruídos vs. Material Particulado vs. Microclima vs. Movimento de Massa vs. Flora vs. Fauna vs. Valores paisagísticos vs. Uso e ocupação do solo vs. Riscos induzidos vs. Opinião pública vs. Nível de	Y10 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20	Y10 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20	Y10 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X23	Y10 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X23		O desmatamento e a limpeza da área a ser lavrada se apresentam como um dos maiores problemas da mineração. Nas pedreiras de granito Rain Forest e Magma essas intervenções foram maiores, houve uma maior intervenção no meio. Geram impactos negativos no meio físico, principalmente por fatores sinérgicos como erosão, alterando o ecossistema local, solos e microclima, descaracterizando a dinâmica superficial por um longo período. Os efeitos negativos do nível de ruídos é de média a longa duração. Com relação ao material particulado e microclima, mesmo quando concluído o desmatamento os efeitos negativos permanecem, uma vez que na fase seguinte ocorre exploração do minério.	Na pedreira de granito Juparaná Gold, o desmatamento e a limpeza da área que está sendo lavrada, foi menor em relação as outras duas áreas estudadas, isso ocorreu porque nessa pedreira a forma de jazimento e da disposição do minério são diferentes das outras duas pedreiras	

vida	X23 X24	X23 X24	X24			
DESMATAMENTO (Frente de lavra) vs. Nível de emprego	Y10 X21	Y10 X21	Y10 X21		Nessa fase o efeito é benéfico, não significativo de pouca magnitude e de curta duração.	
REMOÇÃO DE SOLO vs. Recurso mineral vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Morfologia vs. Disponibilidade do Solo vs. Movimento de Massa vs. Águas Superficiais vs. Águas Subterrâneas vs. Nível de Ruídos vs. Material Particulado vs. Microclima vs. Opinião pública.	Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11	Y11 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11	Y11 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X23		A remoção do solo nas pedreiras de granito Rain Forest e Magma foi mais intensa, causando impacto adverso significativo, de grande magnitude e longa duração, apesar de ter ocorrido somente em pontos específicos, ou seja, na área de lavra. Há desestabilização geotécnica. Provoca alteração no meio descaracterizando a dinâmica superficial por um longo período. Os efeitos negativos são de curta duração com relação ao nível de ruídos e média duração com relação ao material particulado.	A remoção do solo na pedreira de granito Juparaná Gold foi menor devido o modo de jazimento e disposição do minério, não ocorreu decapeamento, uma vez que a lavra ocorreu inicialmente em matacões posicionados na parte mais baixa da frente de lava, onde não ocorria cobertura de solo devido estes estarem empilhados sobre a superfície do terreno. Os efeitos negativos são de curta duração com relação ao nível de ruídos e média duração com relação ao material particulado
REMOÇÃO DE SOLO vs. Mamíferos vs. Valores paisagísticos vs. Uso e ocupação do solo vs. Riscos induzidos.	Y11 X18 X19 X20	Y11 X17 X18 X19 X20	Y11 X17 X18 X19 X20		Nas pedreiras de granito Rain Forest e Magma a remoção de solo causou efeito adverso, não significativo, de pequena magnitude e de longa duração, uma vez que ocorreu em ponto específico, como na frente de lavra e decapeamento de minério.	
ESTOCAGEM DE BOTA FORA vs. Recurso Mineral Vs. Erosão Vs. Sedimentação Vs. Morfologia Vs. Disponibilidade do Solo Vs. Movimento de Massa Vs. Águas Superficiais Vs. Águas Subterrâneas Vs. Nível de Ruídos Vs. Material Particulado vs. Arbustiva vs. Valores paisagísticos vs. Uso e ocupação vs. Riscos induzidos vs. Opinião pública	Y12 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10	Y12 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X13 X18 X19 X20 X23	Y12 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X18 X19 X20		A estocagem do bota fora (rejeito, solo e da matéria orgânica), o impacto é indefinido em relação ao recurso mineral, porém causam nos outros setores indicados na matriz efeitos negativos, de importância moderada, de magnitude grande a pequena e duração intermediária, além de poluição os efeitos negativos no ambiente são de longa duração, aumentando o nível de material particulado.	Na pedreira de granito Juparaná Gold a estocagem do bota fora (rejeito, solo e da matéria orgânica) causam efeitos negativos, de importância significativa, de grande magnitude e duração longa, além de poluição os efeitos negativos no ambiente são de longa duração, aumentando o nível de material particulado
ESTOCAGEM DE BOTA FORA vs. Nível de emprego vs. Opinião pública			Y12 X21 X23			Durante essa fase ocorre oferta de emprego temporário e a já na opinião pública o impacto é indefinido.
DRENAGEM DA COTA	Y13 X2 X7	Y13 X3 X7	Y13 X7 X8		As obras de drenagens causam impacto negativo durante sua construção com o	

INFERIOR DA LAVRA vs. Erosão vs. Águas superficiais vs. Água subterrânea vs. Material particulado	X8 X10	X8 X10	X10		aumento no carreamento de material em suspensão, o impacto é indefinido nas águas superficiais e subterrâneas. Ocorre um impacto positivo com relação a emissão de material particulado visto que as obras de drenagem tem a função de evitar o excesso desse material no ambiente.	
PERFURAÇÃO DO MINÉRIO vs. Recurso mineral vs. Erosão vs. Morfologia vs. Nível de Ruídos vs. Material Particulado vs. Mmicroclima vs. Herbácea vs. Arbustiva vs. Arbórea vs. Valores Paisagísticos vs. Riscos Induzidos	Y14 X1 X2 X4 X9 X10 X18 X20	Y14 X1 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X18 X20	Y14 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X18 X20	X9 X10 X18 X20	A perfuração do minério afeta negativamente, com magnitude moderada, os recursos minerais e a morfologia, com a perda direta da substância, assumindo um caráter irreversível. Concomitantemente, ocorre um aumento nos processos erosivo/sedimentar, afetando a paisagem. Há riscos de acidentes. Os efeitos negativos no ambiente são de longa duração, aumentando o nível de ruídos e material particulado. Nas pedreiras de granito Magma e Rain Forest o impacto nessa fase é menor em relação a pedreira do granito Juparaná Gold, em função da tecnologia de corte utilizada.	Na pedreira de granito Juparaná Gold a perfuração do minério afeta negativamente e de maneira significativa os recursos minerais e a morfologia, com a perda direta da substância, assumindo um caráter irreversível. Concomitantemente, ocorre um aumento nos processos erosivo/sedimentar, afetando a paisagem. Há riscos de acidentes. Os efeitos negativos no ambiente são de longa duração, aumentando o nível de ruídos e material particulado
DESMONTE DOS BLOCOS vs. Recurso mineral vs. Erosão vs. Morfologia vs. Disponibilidade de solo vs. Movimento de massa vs. Nível de Ruídos vs. Material Particulado vs. Microclima. vs. Flora vs. Fauna vs. Valores paisagísticos vs. Riscos induzidos	Y15 X1 X2 X4 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X16 X18 X20	Y15 X1 X2 X4 X5 X6 X9 X10 X18 X20	Y15 X1 X2 X4 X5 X6 X9 X10 X18 X20	X1 X2 X4 X5 X6 X9 X10 X18 X20	O desmonte de blocos gera impacto adverso nos recursos minerais e na morfologia, com a perda direta da substância mineral, assumindo assim um caráter irreversível e, conseqüentemente, um aumento nos processos erosivo/sedimentar, afetando a paisagem. Os efeitos negativos são de longa duração, aumentando o nível de ruídos e de material particulado. Nas pedreiras de granito Rain Forest e Magma, em função da tecnologia de corte utilizada os impactos são menores. Há riscos de acidentes.	O desmonte de blocos na pedreira de granito Juparaná Gold gerou impactos adversos, sendo que a perda direta da substância mineral é muito mais significativa que nas outras pedreiras analisadas, tanto pela tecnologia de corte utilizada como pela extração inicial ter ocorrido inicialmente somente em matacões e também pelo tempo que muito maior que a pedreira se encontra em atividade.
DESMONTE DOS BLOCOS vs. Águas superficiais vs. Águas subterrâneas vs. Répteis vs. Aves vs. Mamíferos		Y15 X7 X8 X15 X16 X17	Y15 X7 X8 X15 X16 X17	X7 X8 X15 X16 X17		
DESMONTE DOS BLOCOS vs. Nível de Empregos vs. Opinião	Y15 X21 X26 X27	Y15 X21 X23 X26	Y15 X21 X23 X26	X21 X23 X26 X27	Ocorre impacto benéfico, com geração de emprego, aumento na arrecadação tributária e incremento no comércio do município. O impacto é indefinido em relação a	

pública vs. Economia mineral vs. Arrecadação tributária vs. Comércio					opinião pública, por esta não saber quais benefícios virão para o município com o desmonte do material.	
CARREGAMENTO. vs. Recurso mineral vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Nível de Ruído vs. Material particulado Vs. Valores Paisagísticos vs. Riscos Induzidos vs. Nível de Empregos	Y16 X18 X20 X21	Y16 X9 X10 X18 X20 X21	Y16 X1 X2 X3 X9 X10 X18 X20 X21		O impacto é adverso, de importância significativa, média magnitude e longa duração. Há aumento do nível de ruídos e material particulado, afetando a paisagem. Existe o risco de acidentes durante a execução dos trabalhos. Os efeitos positivos ocorrem somente com relação ao nível de emprego devido a contratação de mão de obra local.	
TRANSPORTE vs. Sedimentação vs. Nível de Ruído vs. Material particulado vs. Riscos induzidos vs. Nível de empregos vs. Arrecadação tributária vs. Comércio	Y17 X20 X21 X26 X27	Y17 X9 X10 X20 X26 X27	Y17 X3 X9 X10 X20 X26 X27		Efeitos adversos, de importância significativa, média magnitude e longa duração são por conta do risco de acidentes durante a execução dos trabalhos. Os efeitos benéficos recaem nos benefícios gerados com a arrecadação de ICMS e vendas no comércio local, além do aumento na oferta de empregos.	
FASE DE ABANDONO DE LAVRA						
ABANDONO DAS OPERAÇÕES E FRENTE DE LAVRA vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Disponibilidade de solo vs. Valores Paisagísticos vs. Uso e Ocupação do Solo vs. Riscos de acidentes vs. Arrecadação Tributária vs. Comércio				Y18 X3 X5 X18 X19 X20 X26 X27		Os efeitos são adversos com o abandono das operações na frente de lavra. Os processos da dinâmica superficial como erosão e sedimentação poderão ser intensificados. Com o fim das operações deixará de se arrecadar impostos. Os impactos poderão ser neutralizados e a disponibilidade do solo poderá ser revertida se as ações mitigadoras forem iniciadas
ABANDONO DA PRAÇA DE LAVRA vs. Erosão vs. Sedimentação vs. Disponibilidade de solo vs. Valores Paisagísticos vs. Uso e Ocupação do Solo				Y19 X2 X3 X5 X18 X19		Os efeitos são adversos com o abandono das operações na praça de lavra. Os processos da dinâmica superficial como erosão e sedimentação poderão ser intensificados com o abandono das praças de lavra. Mesmo com o término das atividades os impactos permanecerão por um determinado tempo,

						visto que poderá ainda ocorrer estoque de minério.
ABANDONO DOS ACESSOS vs. Erosão vs. Valores Paisagísticos vs. Uso e Ocupação do Solo vs. Opinião Pública Vs. Transporte				Y20	X2 X18 X19 X30	Os efeitos são adversos com o abandono dos acessos, pois a falta de manutenção acentuará os processos da dinâmica superficial, como erosão e sedimentação, afetando a paisagem e comprometendo o uso adequado da infraestrutura existente. Porém a população continua a utilizar os acessos.
ABANDONO DAS SERVIDÕES Vs. Valores Paisagísticos vs. Opinião Pública				Y21	X18 X23	O abandono das edificações que deram suporte ao empreendimento (Alojamento, parte administrativa e paióis) gera um impacto adverso na paisagem, uma vez que não são aproveitadas para outros usos pela comunidade adjacentes à pedreira.

Fonte: Instituto... (1993)

8.1 Análise de impactos na pedreira de granito ornamental Rain Forest

Nas vizinhanças da pedreira de granito ornamental Rain Forest não há moradores. Trabalham na mina 26 pessoas, com idades entre 28 e 52 anos, envolvidas, direta ou indiretamente, em todas as etapas do processo de extração do minério, conforme tabela 12.

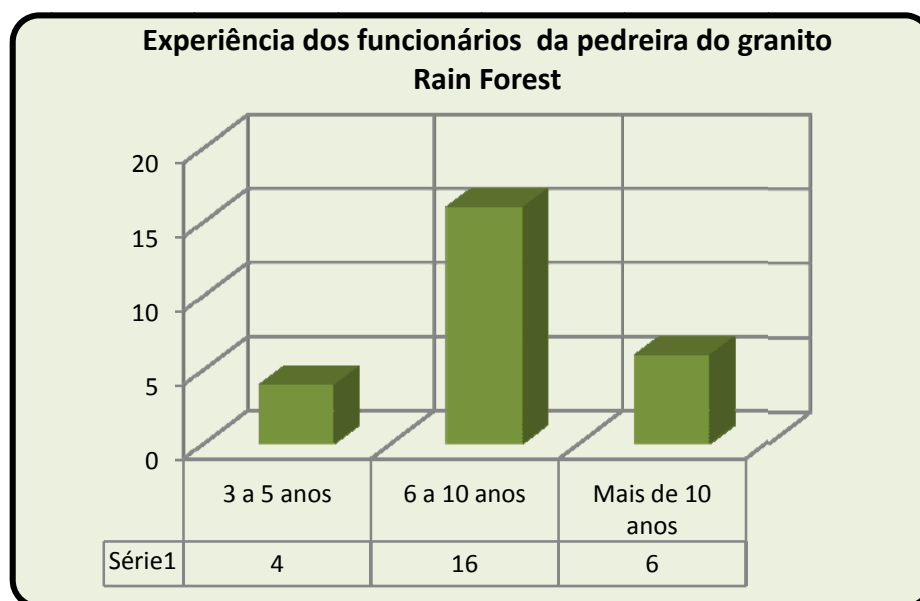
Tabela 12 - Demonstrativo da mão de obra da pedreira de granito Rain Forest

DESCRIÇÃO	GRAU DE QUALIFICAÇÃO	QUANTIDADE
Área Administrativa		
Supervisor Geral - Eng. Minas	Nível Superior	01
Frente de Lavra		
Encarregado	Experiência Anterior	01
Operador de máquina	Experiência Anterior	05
Motorista de caminhão	Experiência Anterior	01
Marteleteiro	Experiência Anterior	06
Canteirista	Experiência Anterior	02
Ajudante	Experiência Anterior	04
Apoio		
Cozinheiro	Experiência Anterior	01
Serventes	Experiência Anterior	02
Motorista de carro pipa	Experiência Anterior	01
Vigia	Experiência Anterior	01
Mecânico	Experiência Anterior	01
TOTAL		26

Fonte: Departamento... (2013)

Os 26 trabalhadores da pedreira de granito ornamental Rain Forest apresentam larga experiência na área de exploração mineral, sendo que a maioria deles possui seis anos ou mais exercendo esse tipo de atividade, como mostrado na figura 69.

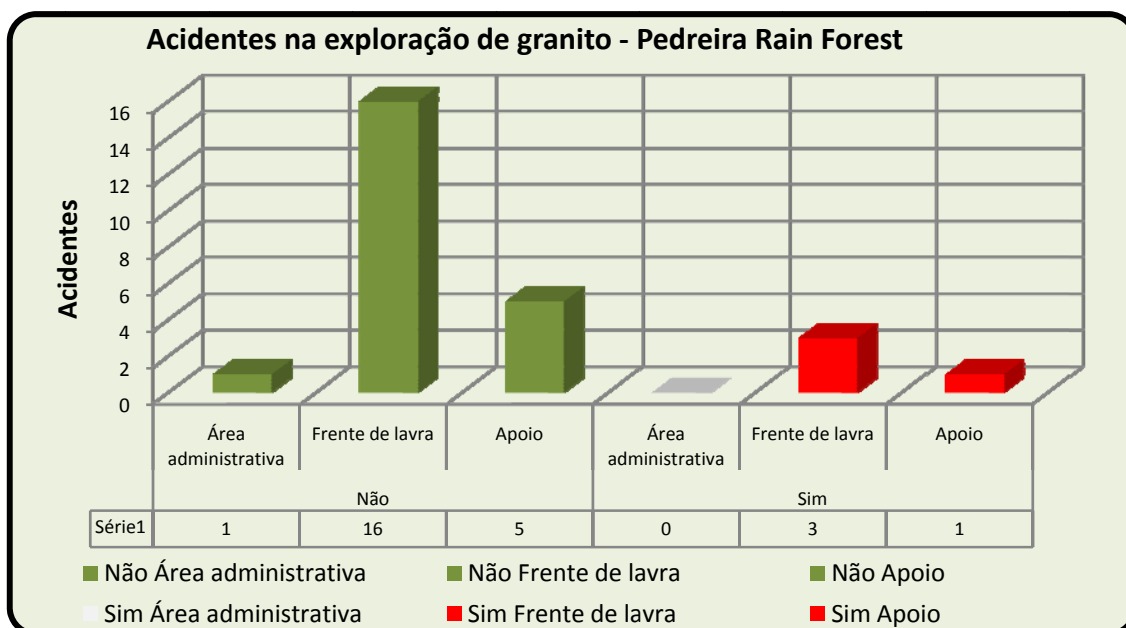
Figura 69 - Demonstrativo da experiência profissional dos trabalhadores da pedra de granito ornamental Rain Forest



Fonte: Do autor (2013)

Em relação a possíveis acidentes inerentes às atividades desenvolvidas na exploração mineral, 22 dos 26 funcionários responderam que nunca sofreram acidentes neste tipo de trabalho e quatro relataram ter sofrido algum tipo de acidente, que não os impossibilitou de continuar suas atividades na lavra, conforme mostrado na figura 70. Vale ressaltar que os acidentes citados não ocorreram no atual local de trabalho.

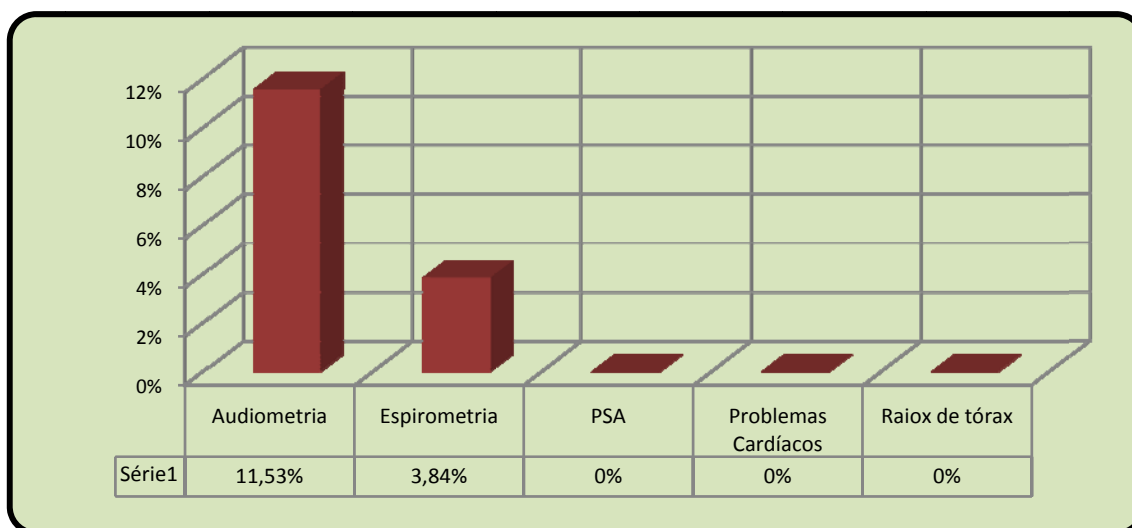
Figura 70 - Quantitativo de acidentes envolvendo trabalhadores da pedreira de granito ornamental Rain Forest



Fonte: Do autor (2013)

Segundo informações prestadas pelo encarregado da pedreira de granito Rain Forest e pelos operários, são realizados, anualmente, exames clínicos, raio X de tórax, espirometria, audiometria, e, para os trabalhadores com mais de cinquenta anos, PSA, ecocardiograma e eletrocardiograma. Todos os exames são pertinentes à atividade laboral e servem para diagnosticar possíveis problemas de saúde, assim como para emissão do Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), que define se o funcionário está apto ou não para a realização de suas funções dentro da empresa. Dos 26 trabalhadores, 11,53% apresentaram alteração no exame audiométrico, 3,84% no de espirometria e os demais, resultados normais, como mostrado na figura 71. Os dados foram obtidos através de consulta da segunda via do ASO de cada funcionário, que fica arquivada no setor administrativo da pedreira, disponível para eventuais fiscalizações. Portanto, os problemas clínicos detectados, de audição e associados ao aparelho respiratório, estão ligados, possivelmente, a ruídos e à poeira.

Figura 71 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Rain Forest

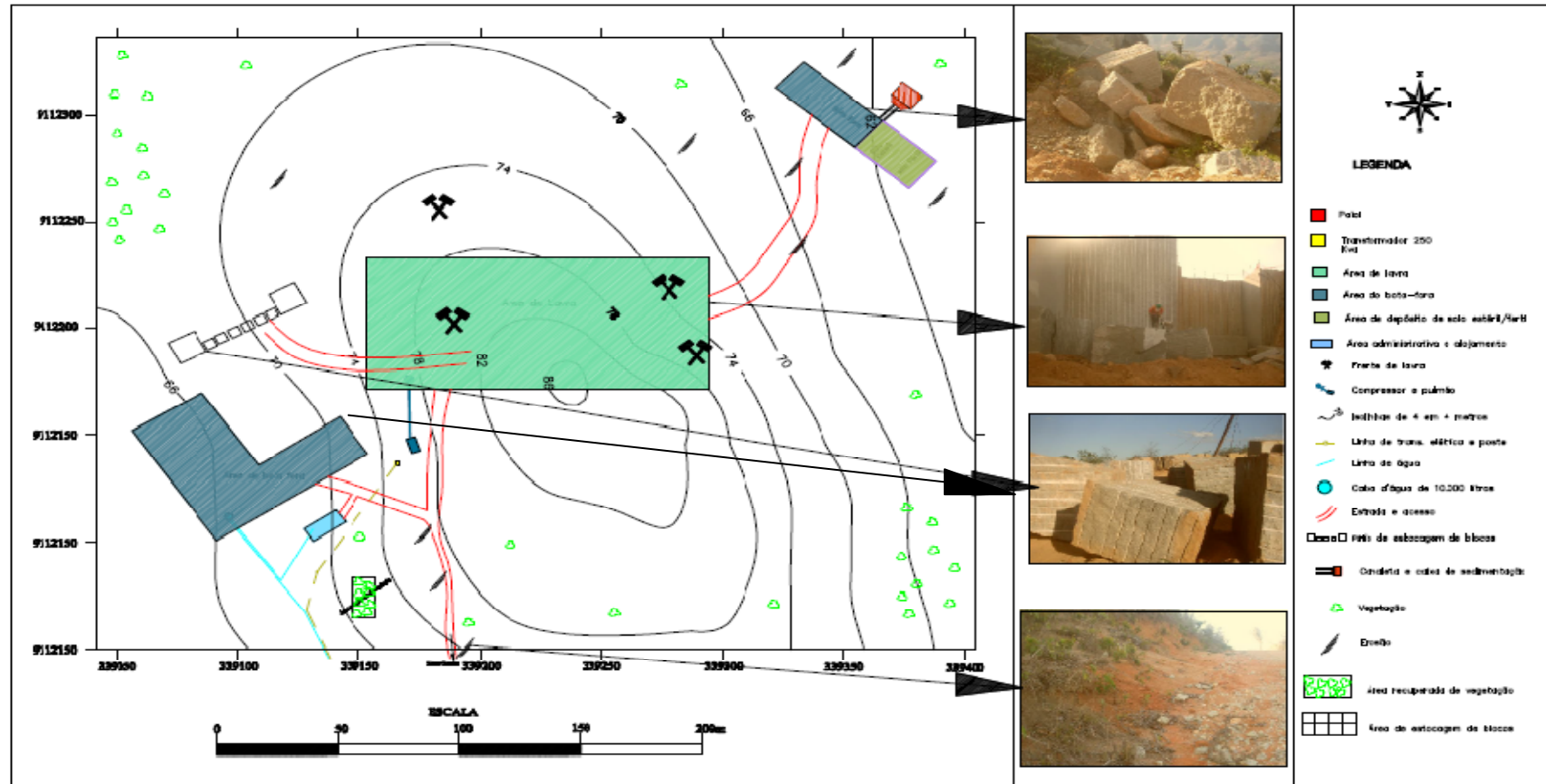


Fonte: Do autor (2013)

As medidas efetuadas no campo, referentes à poluição sonora, mostraram que os ruídos são mais sentidos na frente de lavra, onde o som supera 86 decibéis, em função da quantidade e dos tipos de máquinas em operação. Também foram medidos os ruídos nas vias de acesso aos setores de estocagem de blocos, depósito de estéril e bota-fora, que apresentaram menor intensidade (figura 72). Segundo a Norma Regulamentadora - NR 15, do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE (BRASIL, 1978), seres humanos expostos ao nível de ruído da ordem de 86 decibéis devem utilizar equipamentos de proteção individual e respeitar o tempo máximo de exposição de sete horas, como anteriormente mostrado na tabela 10.

A dispersão do ruído conforme a figura 72 se deu em todas as direções orque foram feitas medidas na frente de lavra e no seu entorno.

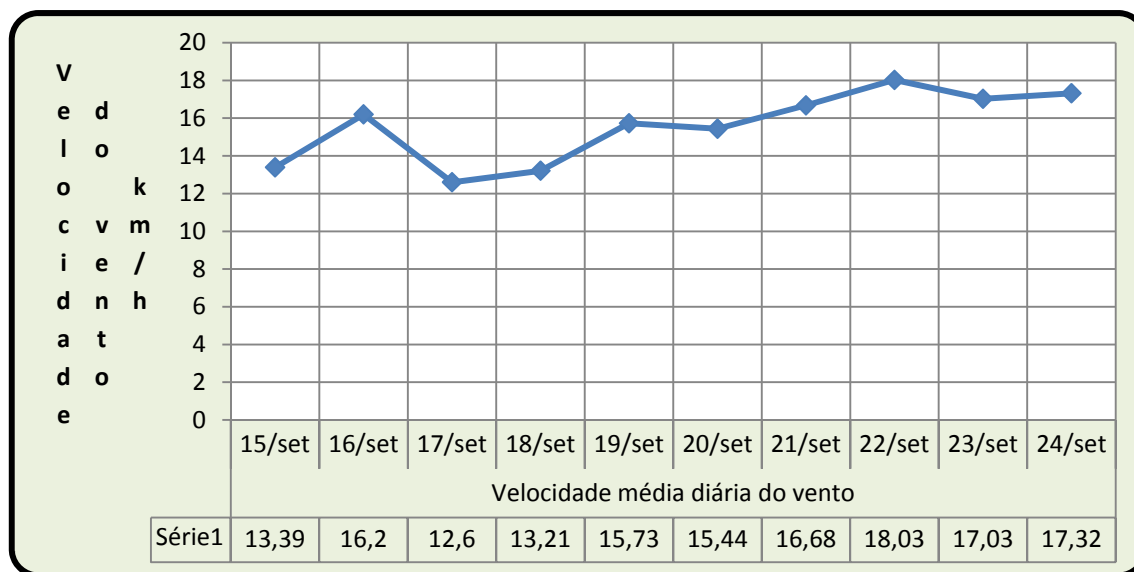
Figura 72 - Ruídos detectados na pedreira de granito ornamental Rain Forest



Fonte: Do autor (2013)

A mensuração de material particulado na pedreira de granito ornamental Rain Forest ocorreu nas áreas de influência direta do empreendimento, sendo realizada em um período de dez dias, durante os quais a velocidade média do vento, que soprava de ENE, foi de 15,56 km/h, como mostrado na figura 73.

Figura 73 - Demonstrativo da velocidade média do vento na Serra da Meruoca, nos dias em que foram feitas as medições



Fonte: Fundação... (2010)

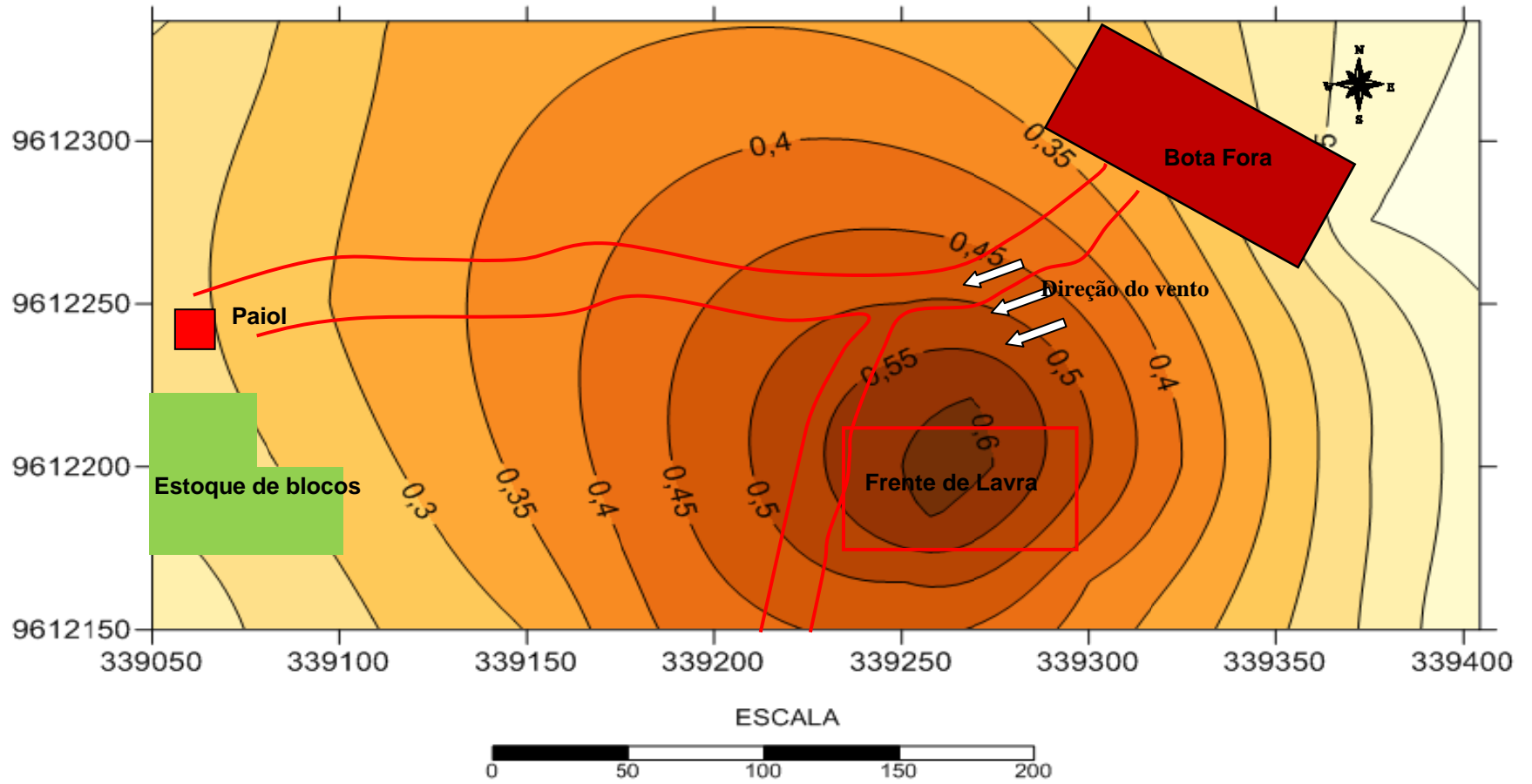
A área de maior acúmulo de material particulado foi na frente de lavra, chegando a níveis de 0,6 mg para uma superfície de 70 cm², equivalendo a 85,71 mg/m², conforme mostrado na figura 74, em função da movimentação de máquinas e da tecnologia de corte utilizada no processo de extração da rocha. Nas áreas situadas a leste da frente de lavra, fruto da direção do vento, o valor medido diminuiu mais rápido, chegando a 21,42 mg/m² na área de deposição de estéril e bota-fora.

Os resultados mostram que, entre os trabalhadores, os marteleiros são aqueles que estão mais sujeitos a inspirarem a poeira com alto teor de quartzo, porque oriunda de granitos, e, assim, com mais chance de adquirirem silicose. Os resultados vão ao encontro dos encontrados por Gruenzner (2003) ao estudar uma pedreira na região metropolitana de São Paulo. Segundo este autor

dentre as atividades amostradas, as maiores concentrações de poeira foram observadas na perfuração secundária, junto ao marteleiro. Esta operação é realizada a seco, sem nenhuma medida de prevenção coletiva para redução da geração de poeira. Além da poeira provocada por esta operação (maior concentração obtida de $3,76 \text{ mg/m}^3$), o operador do martetele também está exposto simultaneamente ao ruído e vibração provocados pelo próprio equipamento, respingos de óleo mineral, cujos riscos de exposição podem acarretar outros problemas ocupacionais. Essa não é a única atividade na pedreira onde os trabalhadores estão expostos, simultaneamente, a vários agentes, mas a nosso ver, é a condição de trabalho mais agressiva e penosa observada (GRUENZNER, 2003, p. 72).

Da mesma maneira que ocorreu com o nível de ruídos, a figura 74 mostra que a dispersão do material particulado ocorreu em todas as direções, a partir da frente de lavra, em função da disposição das lâminas. No entanto, há um acúmulo maior em direção ao sudoeste, em razão da direção dos ventos predominantes.

Figura 74 - Mapa de poluição por material particulado na frente de lavra e áreas adjacentes ao Granito Rain Forest (mg/m2)



Fonte: Do autor (2013)

m

Analisando-se a matriz de impactos ambientais da pedreira de granito ornamental Rain Forest (tabela 11, anexo A), foram identificados 127 impactos. Com relação aos de grande magnitude, nenhum é benéfico e 22 são adversos. Entre os de média magnitude, 13 são benéficos e 45 adversos, e 10 são benéficos e 37 adversos com pequena magnitude. Com relação aos de importância significativa, foram detectados 2 benéficos e 20 adversos; 11 benéficos e 47 adversos de importância moderada, e 10 benéficos e 37 adversos de importância não significativa. Finalmente, com relação à duração, 5 são benéficos e 35 adversos de longa duração; 06 benéficos e 34 adversos de duração intermediária, e 12 benéficos e 35 adversos de curta duração, como mostrado na tabela 13.

Tabela 13 - Impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração) na pedreira Rain Forest

Caráter x Magnitude			
Magnitude \ Caráter	Grande (G)	Média (M)	Pequena (P)
Benéfico (+)	0	13	10
Adverso (-)	22	45	37
Caráter x Importância			
Importância \ Caráter	Significativa (Si)	Moderada (Mo)	Não significativa (Ns)
Benéfico (+)	02	11	17
Adverso (-)	20	47	37
Caráter x Duração			
Duração \ Caráter	Longa (L)	Intermediária (I)	Curta (C)
Benéfico (+)	05	06	12
Adverso (-)	35	34	35

Fonte: Do autor (2013)

A análise da matriz de impactos da pedreira Rain Forest mostra que os impactos adversos, de grande a média magnitude, importância significativa a moderada, de duração longa a intermediária, estão concentrados na fase de preparação. A fase de preparação é caracterizada por uma intensa atividade na mina, uma vez que é durante esse processo que ocorrem as maiores intervenções no ambiente, responsáveis pelo aumento no nível de ruídos e de material particulado, assim como pela alteração significativa na mudança da paisagem natural. Nessa fase, para a preparação do pátio de estocagem de blocos, da área de bota-fora e da frente de lavra, há o desmatamento e a remoção de solo, a perfuração do minério e o desmonte da rocha. A perda da vegetação e do solo, o depósito do estéril e a modificação da paisagem afetam a fauna, aumentam o escoamento superficial, intensificam processos erosivos com a criação de sulcos nas encostas, facilitam movimentos de massa em vertentes íngremes, alteram o abastecimento do lençol freático e criam um microclima local. Tais modificações persistem durante a fase de mineração, quando a persistência dos ruídos e da poeira afeta os trabalhadores da pedreira, sobretudo os marteleiros. Essas intervenções geram os impactos mais significativos no ambiente e nas pessoas em decorrência da atividade mineral. No caso da pedreira de granito Rain Forest, as preparações da frente de lavra, do pátio para estocagem de bloco e da área destinada a depósito de bota-fora foram executadas através de detonações para a remoção de rochas.

Na pedreira de granito Rain Forest não houve impactos benéficos de grande magnitude. Os de média a pequena magnitude ocorreram em maior quantidade, com importância moderada a não significativa, de longa a curta duração. Eles se concentraram no meio antrópico, distribuídos nas fases de estudo, quando houve a oferta de empregos temporários. Nas fases de preparação e implantação também, com a oferta de empregos temporários para as pessoas das áreas adjacentes e um pequeno incremento no comércio próximo à pedreira, e na fase de exploração, com aumento na arrecadação do município em consequência da exploração do minério e oferta de empregos.

8.2 Avaliação de Impactos da Pedreira de Granito Juparaná Gold

Na pedreira do granito Juparaná Gold trabalham 16 pessoas nas diversas atividades inerentes à exploração mineral, conforme exposto na tabela 14.

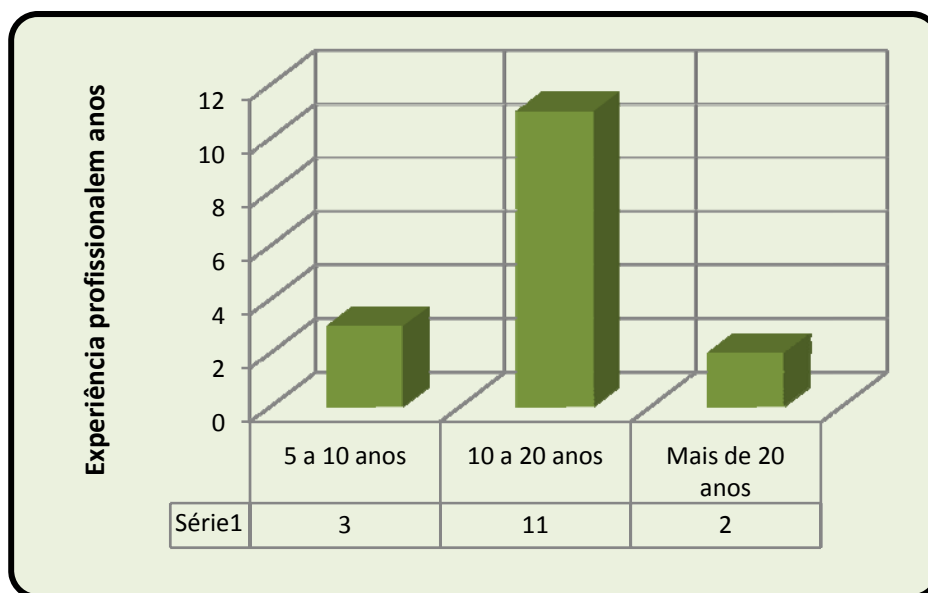
Tabela 14 - Número de operários e suas respectivas funções na pedreira de granito ornamental Juparaná Gold

DESCRIÇÃO	GRAU DE QUALIFICAÇÃO	QUANTIDADE
Área Administrativa		
Supervisor Geral - Eng. Minas	Nível Superior	01
Frente de Lavra		
Encarregado	Experiência Anterior	01
Operador de máquina	Experiência Anterior	03
Motorista de caminhão	Experiência Anterior	01
Marteleteiro	Experiência Anterior	03
Canteirista	Experiência Anterior	02
Ajudante	Experiência Anterior	01
Apoio		
Cozinheiro	Experiência Anterior	01
Serventes	Experiência Anterior	01
Motorista de carro pipa	Experiência Anterior	01
Vigia	Experiência Anterior	01
TOTAL		16

Fonte: Do autor (2013)

A maioria delas possui mais de dez anos exercendo atividades em exploração de rochas ornamentais e duas relataram estar há mais de 20 anos trabalhando com a exploração de granito. A figura 75 retrata o tempo de experiência profissional dos trabalhadores desta pedreira na mineração

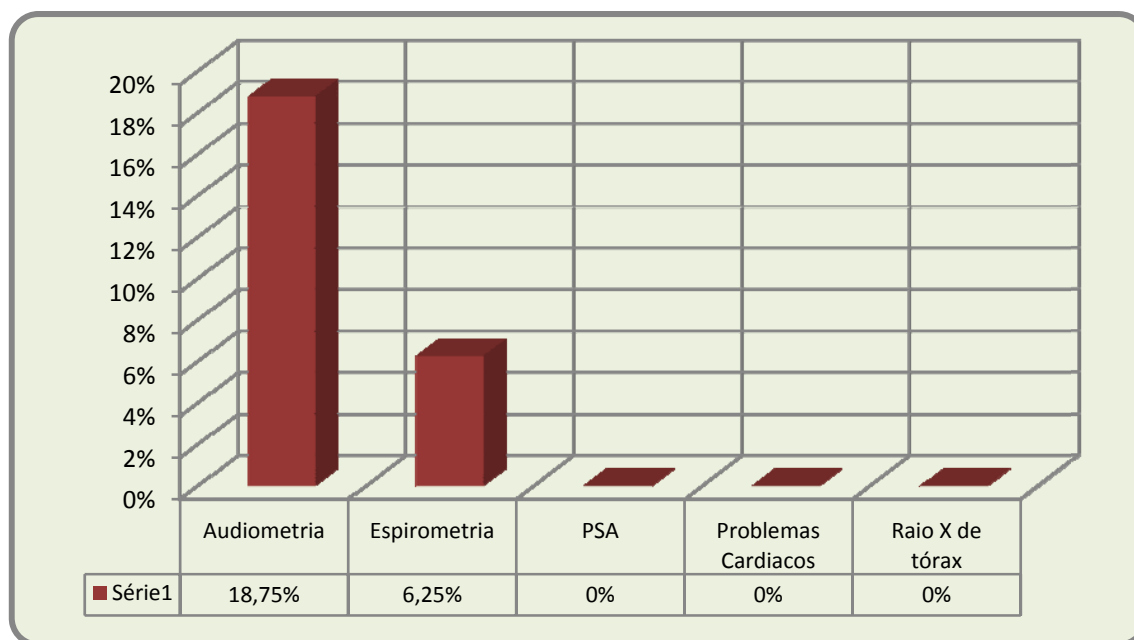
Figura 75 - Experiência profissional dos operários da pedreira de granito ornamental Juparaná Gold



Fonte: Do autor (2013)

Para emissão do Atestado de Saúde Ocupacional (ASO), todos os trabalhadores se submetem anualmente aos exames clínicos, Raio X de tórax, espirometria, audiometria, PSA e os de mais de cinquenta anos ao ecocardiograma e eletrocardiograma. Os resultados foram obtidos através de consulta da segunda via do ASO de cada funcionário, arquivada no setor administrativo na pedreira. Dos 16 trabalhadores 2 apresentaram alterações no exame de audiometria e 1 no de espirometria. Os demais apresentaram resultados normais, de acordo com a figura 76. Como encontrado na pedreira anteriormente analisada, os problemas de audição e no aparelho respiratório detectados nos exames, ainda que numa minoria, provavelmente estão ligados ao ruído e ao pó, haja vista que foram detectados em martelateiros. Isto pode ser indício de que, em exames futuros, outros operários acusem as mesmas deficiências relacionadas à saúde.

Figura 76 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Juparaná Gold



Fonte: Do autor (2013)

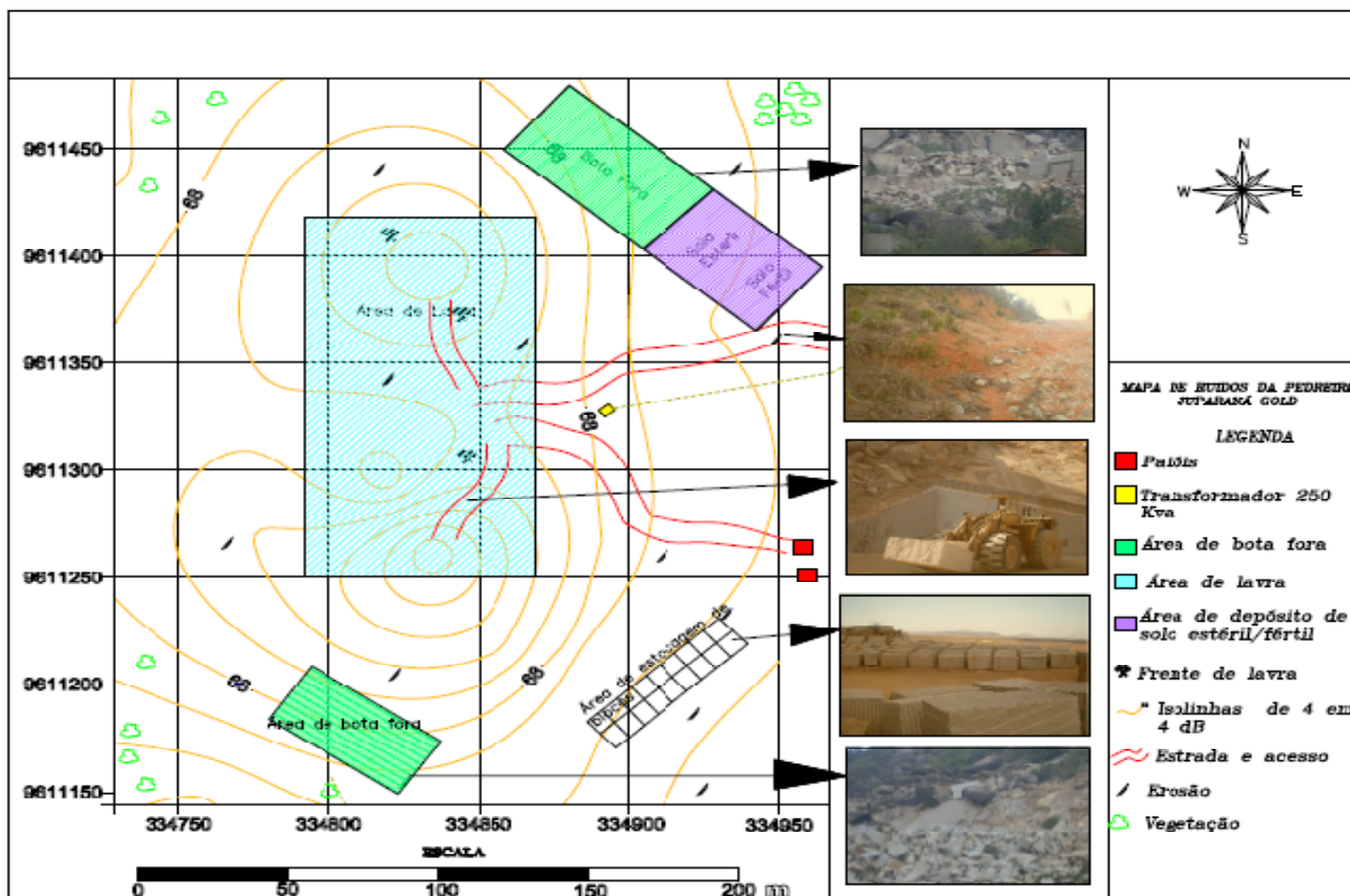
Quanto a acidentes inerentes às atividades desenvolvidas na exploração mineral, todos que trabalham nos diversos setores da exploração da pedreira de granito Juparaná Gold relataram nunca terem sofrido acidentes durante o exercício desta atividade

A mensuração dos ruídos, como mostra a figura 77, identificou as áreas mais susceptíveis à poluição sonora. Os ruídos se apresentaram mais intensos na frente de lavra, com valores superiores a 94 decibéis. Também foram medidos os níveis de poluição sonora nas vias de acesso aos setores de estocagem de blocos, depósito de estéril e bota-fora, onde apresentaram menor intensidade, com valores da ordem de 70 decibéis. A área de menor ruído entre as duas frentes de lavra coincide com um ressalto topográfico de 50 metros, que as separam.

Segundo a NR 15 (BRASIL, 1978), seres humanos expostos ao nível de ruído como o encontrado na frente de lavra da pedreira de granito ornamental Juparaná Gold devem utilizar equipamentos de proteção individual e respeitar o tempo máximo de exposição de duas horas e 30 minutos. Sabendo-se que os trabalhadores estão expostos aos ruídos ao menos durante oito horas diárias, mesmo considerando que o funcionamento dos

equipamentos possa sofrer interrupções no período, conclui-se que a atividade exercida irá afetar a audição, principalmente daqueles cujas funções são exercidas na frente de lavra.

Figura 77 - Mapa de ruídos da pedra de granito ornamental Juparaná Gold



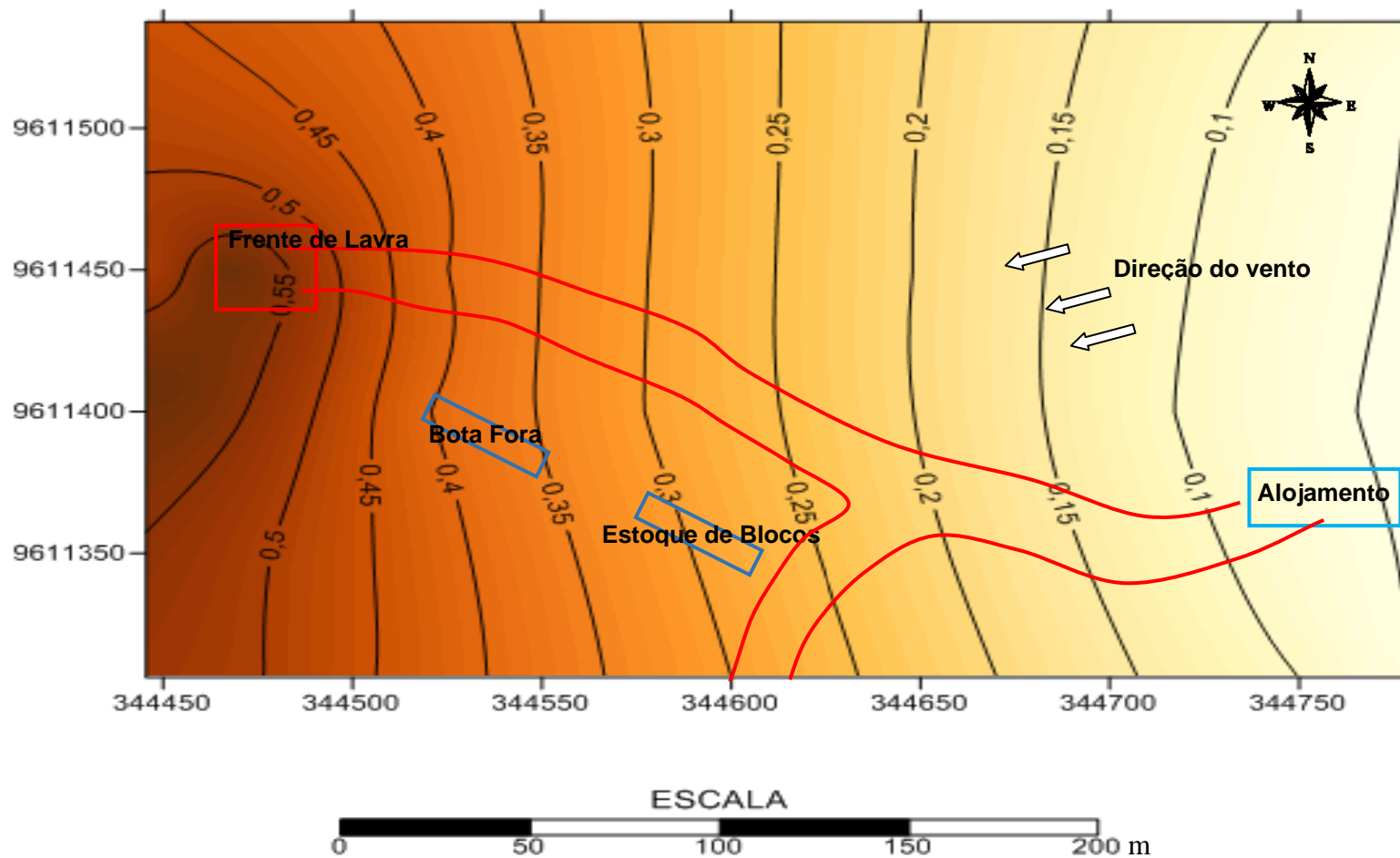
Fonte: Do autor (2013)

Na pedreira de granito Juparaná Gold, as mensurações relativas à sedimentação de material particulado foram feitas na frente de lavra que estava ativa no dia da instalação das lâminas e nos acessos, no alojamento e na área administrativa, durante dez dias.

A partir da frente de lavra as demais lâminas foram instaladas em direção ao alojamento, situado a leste dela. Predominaram no período ventos do quadrante leste que facilitaram o decréscimo de material particulado da frente de lavra aos alojamentos. Não foram colocadas lâminas a oeste da frente de lavra devido à inexistência de locais adequados.

A área de maior incidência de material particulado ocorreu na frente de lavra, chegando a níveis de 0,6 mg para uma superfície de 70cm², equivalendo a 85,71 mg/m², conforme mostrado na figura 78, em função da movimentação de máquinas e da tecnologia de corte utilizada no processo de extração da rocha. Nas áreas situadas a leste da frente de lavra, fruto da direção do vento, o valor medido diminuiu mais rápido, chegando a 0,05 mg para uma superfície de 70 cm², equivalendo a 7,14 mg/m², no alojamento dos trabalhadores da mina.

Figura 78 - Mapa de material particulado nas áreas de influência direta da pedreira Juparaná Gold (mg/m²)



Fonte: Do autor (2013)

A matriz de impactos ambientais da pedreira de granito ornamental Juparaná Gold (tabela 11, anexo B – Matriz de Impactos Juparaná Gold), levou à identificação de 152 impactos. Nos de grande magnitude nenhum é benéfico e há 18 adversos. Ocorreram 19 benéficos e 68 adversos nos de média magnitude e 12 benéficos e 35 adversos de pequena magnitude. Verificaram-se 2 benéficos e 27 adversos de importância significativa; 17 benéficos e 60 adversos de importância moderada; 15 benéficos e 31 adversos de importância não significativa. Finalmente, com relação à duração, 13 são benéficos e 31 adversos com longa durabilidade, 07 benéficos e 57 adversos de duração intermediária e 13 benéficos e 31 adversos com curta duração, como mostrado na tabela 15.

Tabela 15 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração, na pedreira de granito Juparaná Gold

Caráter x Magnitude			
Magnitude \ Caráter	Grande (G)	Média (M)	Pequena (P)
Benéfico (+)	0	19	12
Adverso (-)	18	68	35
Caráter x Importância			
Importância \ Caráter	Significativa (Si)	Moderada (Mo)	Não significativa (Ns)
Benéfico (+)	02	17	15
Adverso (-)	27	60	31
Caráter x Duração			
Duração \ Caráter	Longa (L)	Intermediária (I)	Curta (C)
Benéfico (+)	13	07	13
Adverso (-)	31	57	31

Fonte: Do autor (2013)

Conclui-se que a maioria dos impactos adversos tem magnitude média a pequena, situação semelhante aos impactos benéficos. Em relação à importância, a maioria dos impactos adversos se enquadra como moderados, enquanto entre os benéficos preponderam impactos moderados e não significativos. Finalmente, sobre o tempo de incidência, a maior parte dos impactos adversos possui duração intermediária e curta, enquanto a maioria dos impactos benéficos possui duração longa.

Da mesma forma que na pedreira anterior, a análise da matriz de impactos da Juparaná Gold mostra que os impactos adversos, de grande a média magnitude, importância significativa moderada e duração longa a intermediária, ocorreram, predominantemente, na fase de preparação e se estenderam pela fase de exploração da mina.

Na pedreira de granito ornamental Juparaná Gold, a fase de preparação da frente de lavra ocorreu, a princípio, de maneira diferente das outras pedreiras, em razão da disposição superficial do minério descartar a realização de decapeamento, da opção pela lavra de matacões e pela tecnologia do cordel detonante empregada na exploração. Já a preparação do pátio de estocagem de blocos e da área destinada a depósito de bota-fora impactou intensamente o ambiente, pois exigiu detonações para a remoção de rochas, assim como a retirada de solo e da vegetação existentes. Na fase de exploração da mina, nestes locais, houve grande acúmulo de rejeitos e de blocos descartados por algum tipo de imperfeição.

Os impactos benéficos, como ofertas de empregos, pagamento de impostos e aumento das atividades comerciais nas áreas próximas, durante as diferentes fases, se deram, com mais intensidade, no meio social.

8.3 Avaliação de Impactos Ambientais da Pedreira de Granito Magma

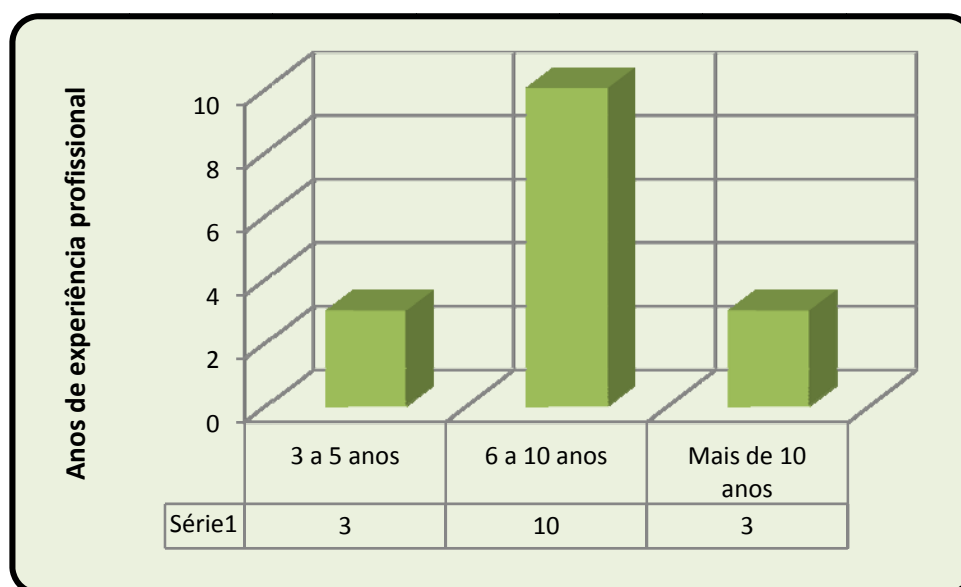
A exploração da pedreira de granito ornamental Magma é realizada por 17 funcionários, cujas atribuições estão mostradas na tabela 16. A maioria deles tem entre 6 e 10 anos de experiência na mineração de rochas ornamentais, conforme ilustrado pela figura 79.

Tabela 16 - Número de operários e suas respectivas funções na pedreira de granito ornamental Magma

DESCRIÇÃO	GRAU DE QUALIFICAÇÃO	QUANTIDADE
Área Administrativa		
Supervisor Geral - Eng. Minas	Nível Superior	01
Auxiliar Administrativo	Nível Médio	01
Frente de Lavra		
Encarregado	Experiência Anterior	01
Operador de perfuratriz	Experiência Anterior	02
Operador de máquina de fio diamantado	Experiência Anterior	02
Marteleteiro	Experiência Anterior	03
Mecânico	Experiência Anterior	01
Ajudante	Experiência Anterior	02
Apoio		
Cozinheiro	Experiência Anterior	01
Serventes	Experiência Anterior	02
Vigia	Experiência Anterior	01
TOTAL		17

Fonte: Do autor (2013)

Figura 79 - Experiência profissional dos operários da pedreira de granito ornamental Magma

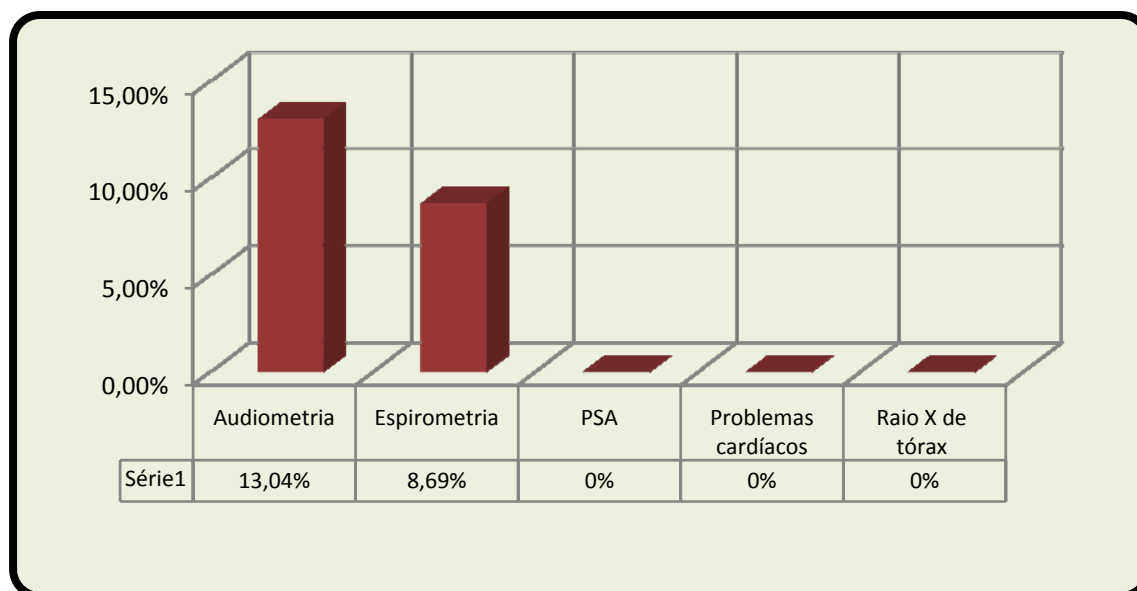


Fonte: Do autor (2013)

As consultas aos Atestados de Saúde Ocupacional revelaram que 2 trabalhadores apresentaram alterações no exame de audiometria e 1 no de

espirometria. Os demais apresentaram resultados normais, de acordo com a figura 80, de tal forma que nesta pedreira os exames mostraram as mesmas tendências verificadas nos outros locais.

Figura 80 - Demonstrativo dos exames realizados anualmente com trabalhadores da pedreira de granito Magma

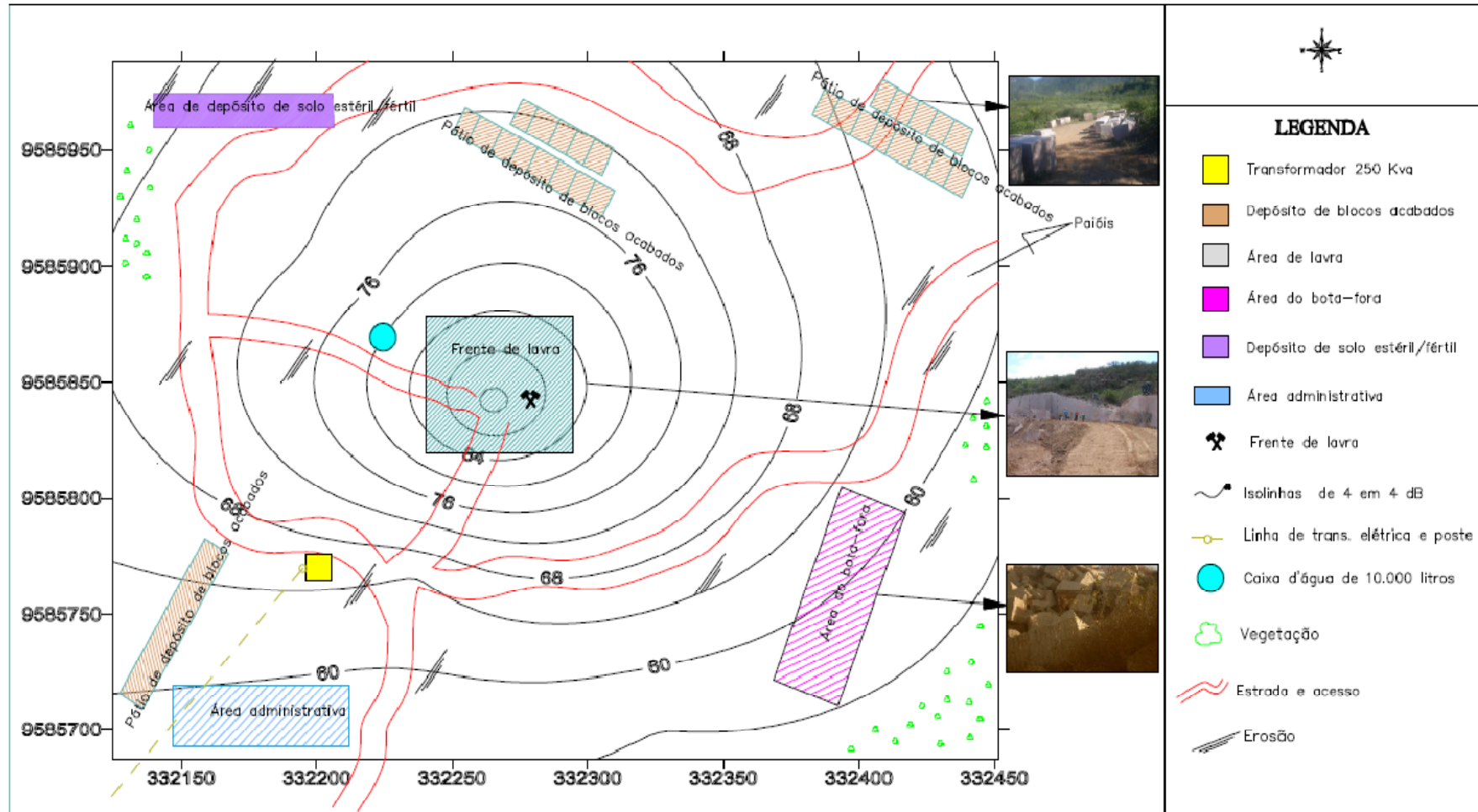


Fonte: Do autor (2013)

A mensuração dos ruídos, como mostra a figura 81, identificou as áreas com maior nível de poluição sonora. Os ruídos se apresentaram mais intensos na frente de lavra, com valores da ordem de 92 decibéis. Também foram medidos os níveis de poluição sonora nas vias de acesso aos setores de estocagem de blocos, depósito de estéril e bota-fora, onde apresentaram menor intensidade, com valores da ordem de 68 decibéis. Segundo a NR15 (BRASIL, 1978), a exposição a níveis superiores ao medido na frente de lavra é extremamente prejudicial ao ser humano quando ocorre num período superior a 3 horas. Esse tipo de impacto é amenizado com a utilização de equipamentos de proteção individual.

A dispersão do ruído a partir da frente de lavra se deu de modo similar ao ocorrido na pedreira de granito Juparaná Gold porque as medições foram efetuadas em todas as direções desde a área central.

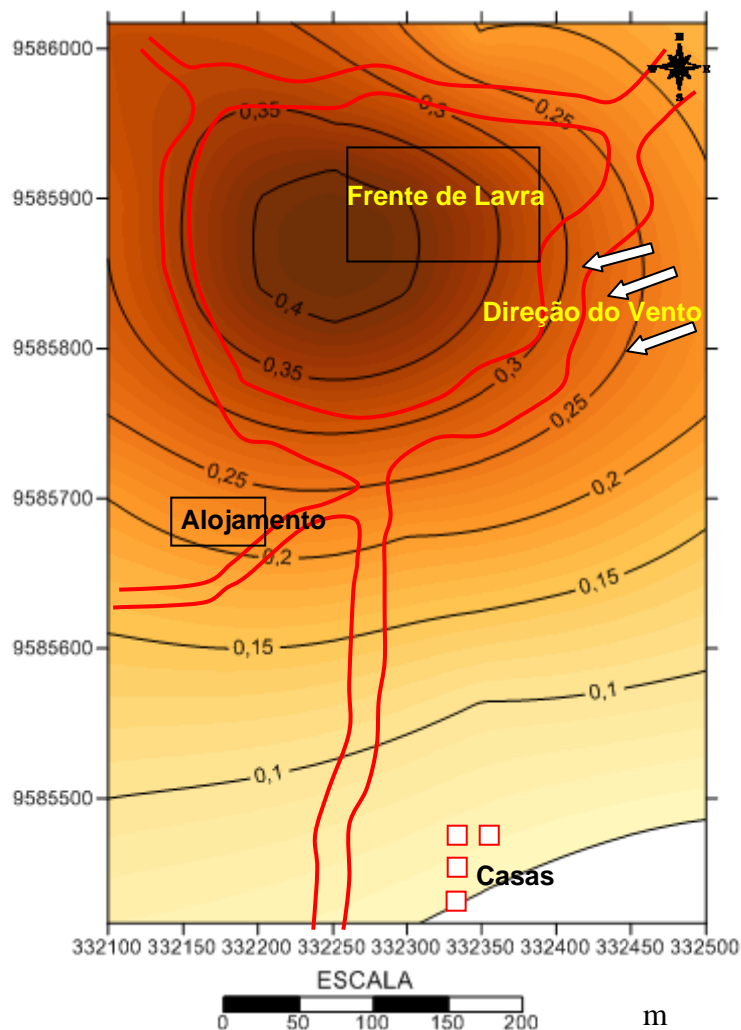
Figura 81 - Mapa de ruídos da frente de lavra e áreas adjacentes da pedra de granito Magma



Fonte: Do autor (2013)

Os resultados dos experimentos utilizados para mensurar o material particulado, decorrente da atividade mineral, mostraram que a maior incidência de poeira ocorre na frente de lavra, com valores superiores a 0,4mg para uma superfície de 70 cm², equivalendo a 57,14 mg/m², como é mostrado na figura 82. Isso se dá em função das atividades de desmonte de rocha e movimentação de máquinas, sendo que os trabalhadores envolvidos no processo de exploração da rocha estão mais expostos a esse tipo de poluição. A menor quantidade de poeira registrada na pedreira de granito ornamental Magma, em relação às demais, ocorre devido à tecnologia de corte com fio diamantado. Nas residências onde os experimentos foram realizados, esses valores caem para 0.05 mg para uma superfície de 70 cm², equivalendo a 7,14 mg/m². A quantidade de poeira detectada é considerada normal, como relatado pelos moradores próximos ao empreendimento mineiro, devido à distância entre as casas e a pedreira. As lâminas na pedreira de granito ornamental Magma, foram instaladas junto a frente de lavra e em direção as residências próximas ao local de mineração.

Figura 82 - Mapa de material particulado da pedra de granito ornamental Magma e áreas adjacentes

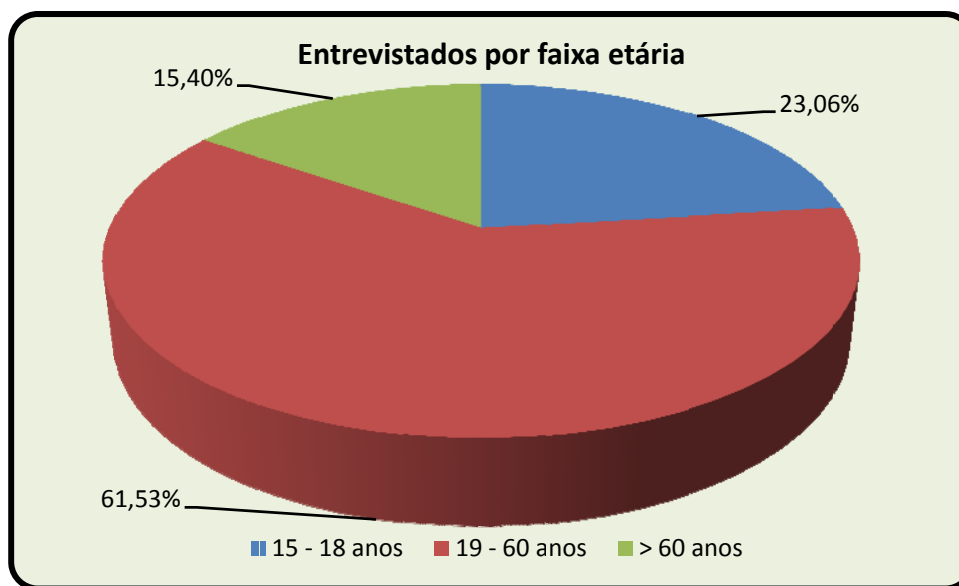


Fonte: Do autor (2013)

Para caracterização dos impactos ambientais resultantes das intervenções na área de influência da pedra de granito ornamental Magma, que se encontra em atividade, foram realizados experimentos com a finalidade de mensurar os impactos ambientais referentes à poluição (material particulado e ruído) no meio físico, biótico e antrópico.

Foram aplicados questionários com moradores das áreas adjacentes. De um total de 52 entrevistados na localidade de Cedro, 11 pessoas tinham idades entre 15 e 18 anos, correspondendo a 23,07% da amostra; 31 pessoas possuíam de 19 a 60 anos representando 61,53% dos entrevistados, e 10 pessoas, ou 15,4%, idade superior a 60 anos, como mostrado na figura 83.

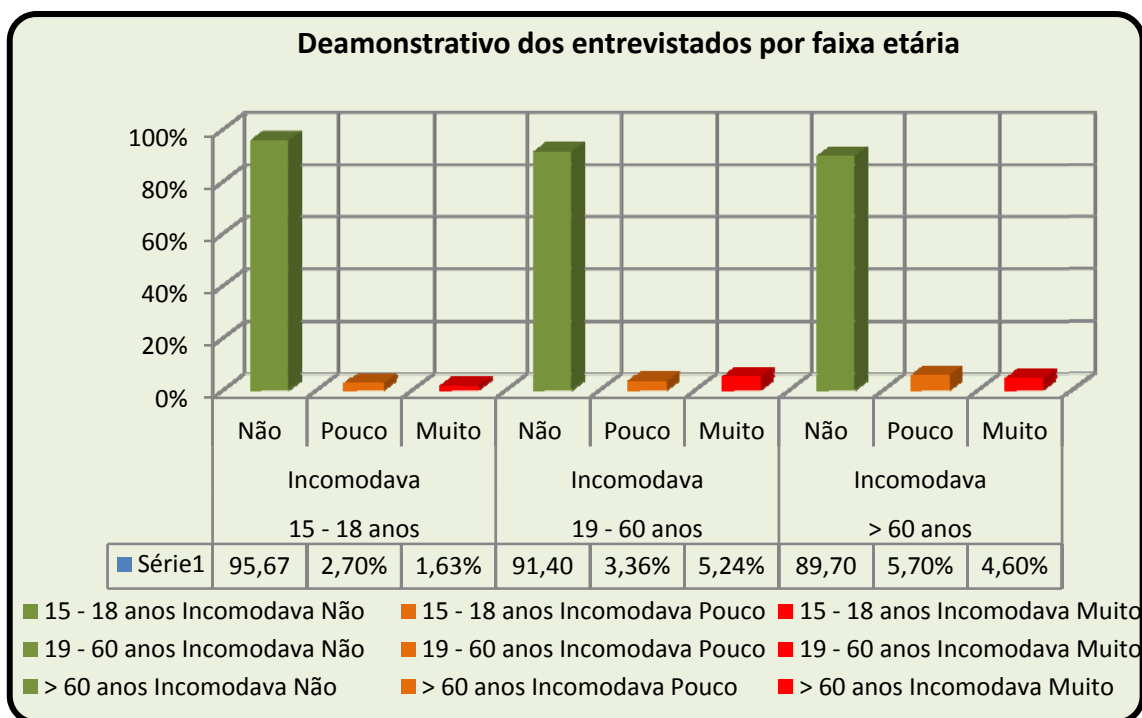
Figura 83 - Perfil dos entrevistados por faixa etária nas áreas adjacentes à pedreira do granito Magma



Fonte: Do autor (2013)

Com relação aos ruídos, entre os indivíduos de 15 a 18 anos entrevistados, 1,63% se incomodava com o barulho produzido (detonações, transporte de blocos e movimentação de máquinas); 2,70% se incomodavam pouco, e 95,67% não percebiam ou não se sentiam incomodados. Dos 32 moradores com idades de 19 a 60 anos, 5,24% se disseram importunados com o barulho; 3,36% um pouco importunados, e 91,40% não o percebiam ou não se sentiam amolados. Dos 10 habitantes entrevistados, com idades superiores a 60 anos, 4,60% se sentiam afetados pelos ruídos, 5,70% pouco importunados e 89,70% não percebiam ou não se sentiam incomodados, conforme figura 84.

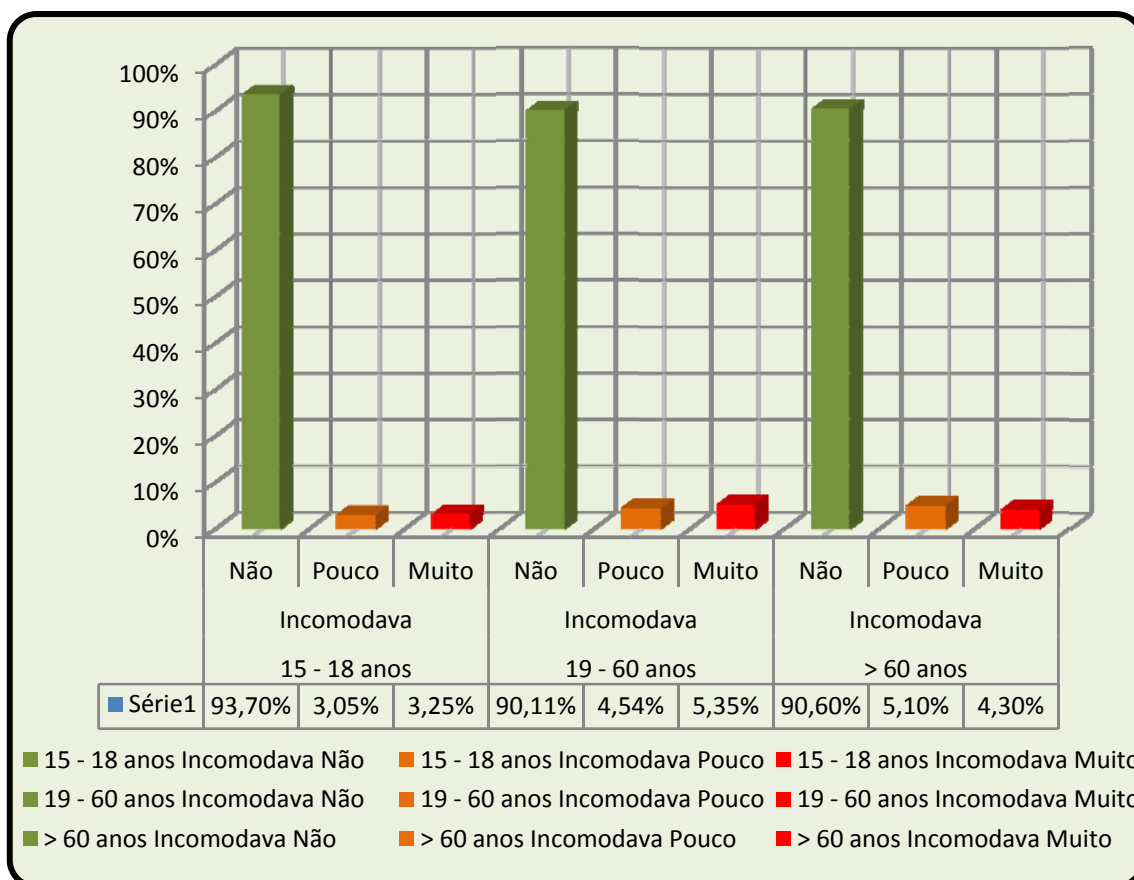
Figura 84 - Entrevistados por faixa etária nas áreas adjacentes a pedreira, em relação aos ruídos da pedreira de granito Magma



Fonte: Do autor (2013)

Quanto ao aumento da poeira, entre aqueles com idade de 15 a 18 anos, 3,25% se sentiam muito incomodados, mais precisamente os que moravam nas margens da estrada que servia de acesso à frente de lavra; 3,05% se achavam pouco amolados, e 93,70% relataram que não tinham problema em relação ao pó. Entre as pessoas com idade de 19 a 60 anos, 5,35% eram importunadas, 4,54% pouco amoladas e 90,11% não eram incomodadas. Daqueles com idades superiores a 60 anos, para 4,30% a poeira incomodava; para 5,10% incomodava pouco, e não afetava 90,60%, conforme a Figura 85.

Figura 85 - Demonstrativo dos entrevistados em relação à poluição de material particulado



Fonte: Do autor (2013)

Analisando a matriz de impactos ambientais da pedra de granito ornamental Magma (tabela 11, anexo C – Matriz de Impactos Magma), observa-se que, dos 141 impactos identificados, 1 é benéfico e 16 adversos de grande magnitude; 17 benéficos e 50 adversos de média magnitude, e 12 benéficos e 45 adversos de pequena magnitude. Com relação à importância, 2 são benéficos e 17 adversos de importância significativa; 16 benéficos e 50 adversos de importância moderada, e 12 benéficos e 44 adversos de importância não significativa. Em relação à duração, 7 são benéficos e 35 adversos de longa duração; 7 benéficos e 36 adversos de duração intermediária, e 16 benéficos e 40 adversos de curta duração, como mostrado na tabela 17.

Tabela 17 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração na pedreira de granito Magma

Caráter x Magnitude			
Magnitude Caráter	Grande (G)	Média (M)	Pequena (P)
Benéfico (+)	1	17	12
Adverso (-)	16	50	45
Caráter x Importância			
Importância Caráter	Significativa (Si)	Moderada (Mo)	Não significativa (Ns)
Benéfico (+)	02	16	12
Adverso (-)	17	50	44
Caráter x Duração			
Duração Caráter	Longa (L)	Intermediária (I)	Curta (C)
Benéfico (+)	7	07	16
Adverso (-)	35	36	40

Fonte: Do autor (2013)

Na pedreira de granito ornamental Magma, a maioria dos impactos adversos e benéficos tem magnitude média a pequena. Em relação à importância, predominam impactos adversos moderados e pequenos, e impactos benéficos moderados a não significativos. Sobre o tempo de incidência dos impactos, a maioria dos adversos possui duração de intermediária a curta, enquanto a maior parte dos impactos benéficos possui curta duração.

A área de influência direta dos impactos observados na pedreira do granito ornamental Magma corresponde, como nas demais pedreiras estudadas e em atividade, à frente de lavra, ao pátio de estocagem de blocos, às áreas de depósitos de rejeito e bota-fora, aos acessos que dão suporte ao empreendimento, ao alojamento dos trabalhadores e ao setor administrativo. Já

a área de influência indireta está relacionada ao entorno que excede o limite da jazida e à localidade de Cedro

A análise da matriz de impactos da pedreira de granito ornamental Magma mostra que existe apenas um impacto benéfico de grande magnitude, importância significativa e de longa duração, que ocorreu na fase de preparação dos acessos, devido às melhorias que foram realizadas nas estradas, facilitando a mobilidade dos habitantes de Cedro. Os impactos adversos, de grande a média magnitude, importância significativa a moderada, e de duração longa a intermediária, decorreram, como visto nas outras minas, da fase de preparação e tiveram continuidade na fase de exploração.

Na pedreira de granito ornamental Magma, a fase de preparação da frente de lavra ocorreu, a princípio, com a abertura do acesso a um maciço onde a lavra se desenvolve. Concomitantemente, houve desmatamento e decapeamento do minério e remoção do solo. Com a preparação do pátio de estocagem de blocos e da área destinada a depósito de bota-fora, os impactos adversos continuaram, porém afetaram área menor, pois a tecnologia de corte com fio diamantado gera um volume menor de rejeitos, exigindo menor retirada da vegetação e de solos para a movimentação das rochas, necessária à adequação destes locais.

Os impactos benéficos se concentraram na oferta de empregos temporários, nas fases de preparação e implantação; no aumento na arrecadação do município, em consequência da exploração do minério, e de pequeno incremento no comércio próximo à pedreira. Como salientado, houve melhoria nas vias de circulação, o que beneficiou os moradores de Cedro.

8.4 Avaliação de Impactos Ambientais da Pedreira de Granito Meruoca Clássico

Dentre as quatro pedreiras relacionadas para estudo de impacto detalhado, a pedreira de granito ornamental Meruoca Clássico é a única desativada desde 2000.

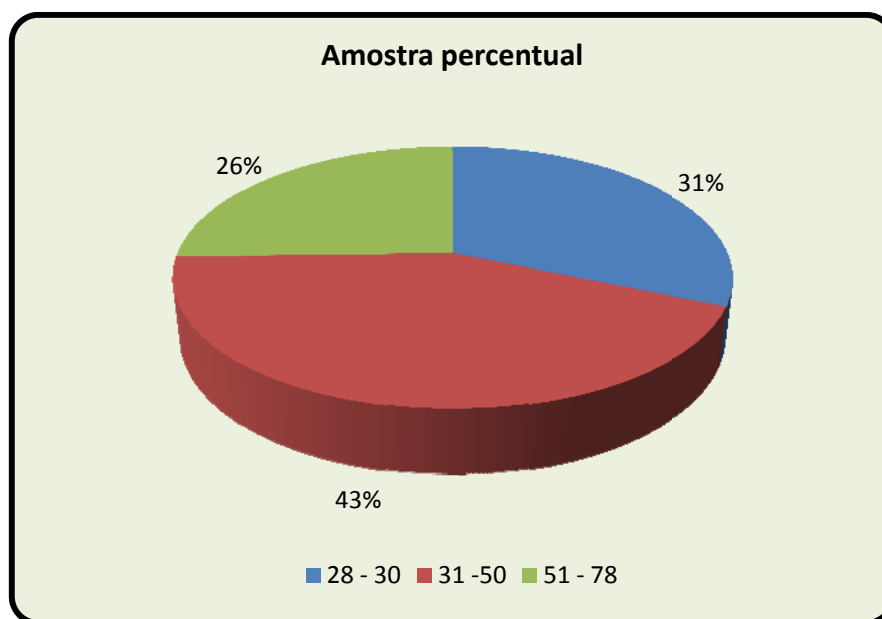
Nos trabalhos de campo realizados para identificação dos impactos ambientais decorrentes da extração mineral e da fase de abandono das atividades de lavra, foi constatado que nada foi realizado pela empresa para

recuperação das áreas de influência direta ou indireta do empreendimento. No entorno da área de exploração, poucos resquícios demonstram a atividade intensa que ocorreu no local, uma vez que todo material proveniente de bota-fora foi, posteriormente, utilizado por uma empresa terceirizada para produção de brita, pedra para calçamento e alvenaria. O processo de revegetação nas imediações da área minerada é constatado visualmente, pois, por se tratar de uma extração em maciço, com tecnologia de corte Jet flame empregada no empreendimento, a produção de rejeitos foi menor.

A população residente nas proximidades da área do projeto é pequena e as residências mais próximas ao empreendimento se encontram em Pé de Serra. São residências simples, raramente com poço próprio para obtenção d'água. Em geral, utilizam cacimbas, carro-pipa e o riacho Contendas. Na área da mineração há poucas famílias que se ocupam de atividades relacionadas ao cultivo de culturas de subsistência (milho e feijão) e de pequenas criações de animais (suínos, bovinos, caprinos e galináceos).

Do ponto de vista das pessoas residentes nas imediações do empreendimento, enquanto a pedreira estava em atividade ela gerava benefícios para a comunidade, uma vez que a estrada que liga a cidade de Massapê a Pé de Serra, mantida pela empresa para escoamento da produção, sempre estava em boas condições de tráfego. Também havia oportunidade de trabalho temporário para algumas pessoas e as pequenas atividades comerciais foram incrementadas.

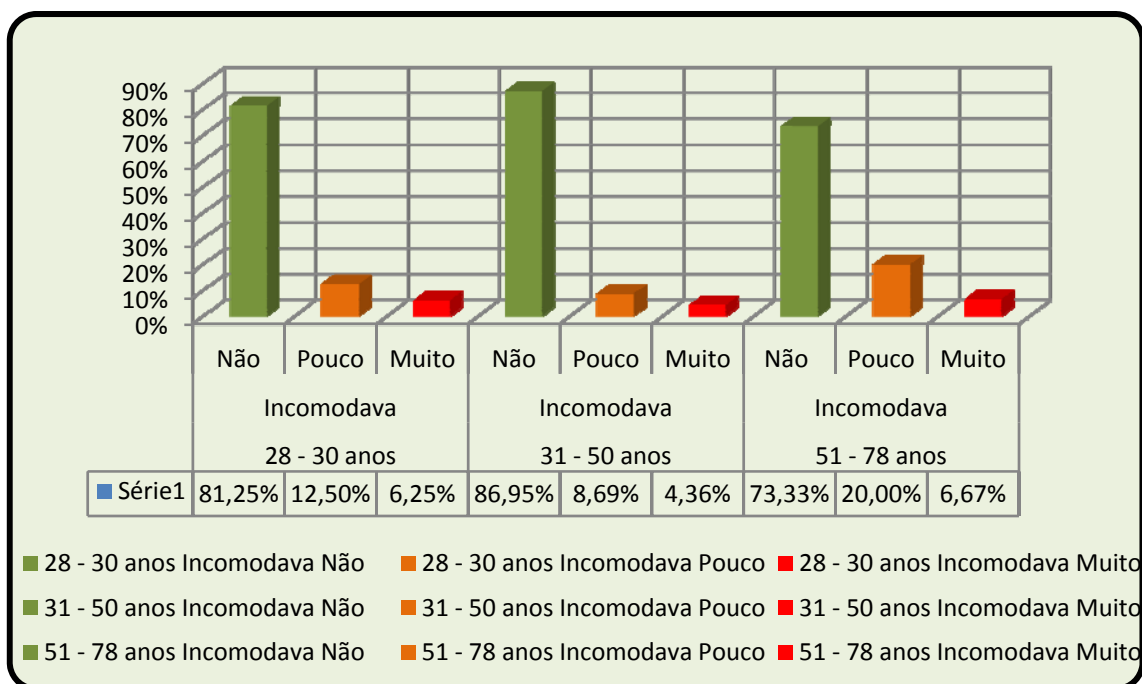
Para a caracterização dos impactos resultantes da atividade na pedreira foram aplicados questionários junto a um grupo de 54 moradores, com idades entre 28 e 78 anos, que residiam na localidade Pé de Serra no período da extração do minério. Os entrevistados foram divididos em grupos com idades entre 28 e 30 anos, de 31 a 50 anos e de 51 a 78 anos, que representaram, respectivamente, 31% equivalente a 16 pessoas, 43% equivalente a 23 pessoas e 26% equivalente a 15 habitantes da amostra, conforme figura 86.

Figura 86 - Divisão percentual dos entrevistados por faixa etária

Fonte: Do autor (2013)

Dos entrevistados, entre 28 e 30 anos, 6,25% relataram que os ruídos provocados pelas operações na frente de lavra incomodavam muito; 12,5% disseram que incomodavam pouco, e 81,25% não se sentiam incomodados com o barulho. Entre as pessoas de 31 a 50 anos, 4,36% relataram que os ruídos provocavam muito incômodo; 8,69% que incomodavam pouco, e 86,95% que não incomodavam nada. Dos entrevistados de 51 a 78 anos, 6,67% afirmaram ficar incomodados com os ruídos provocados pelas operações na frente de lavra; 20,0% disseram que incomodavam pouco, e 73,33% não se sentiam importunados, como mostrado na figura 87.

Figura 87 - Opinião dos entrevistados por faixa etária em relação ao ruído produzido na pedra de granito Meruoca Clássico

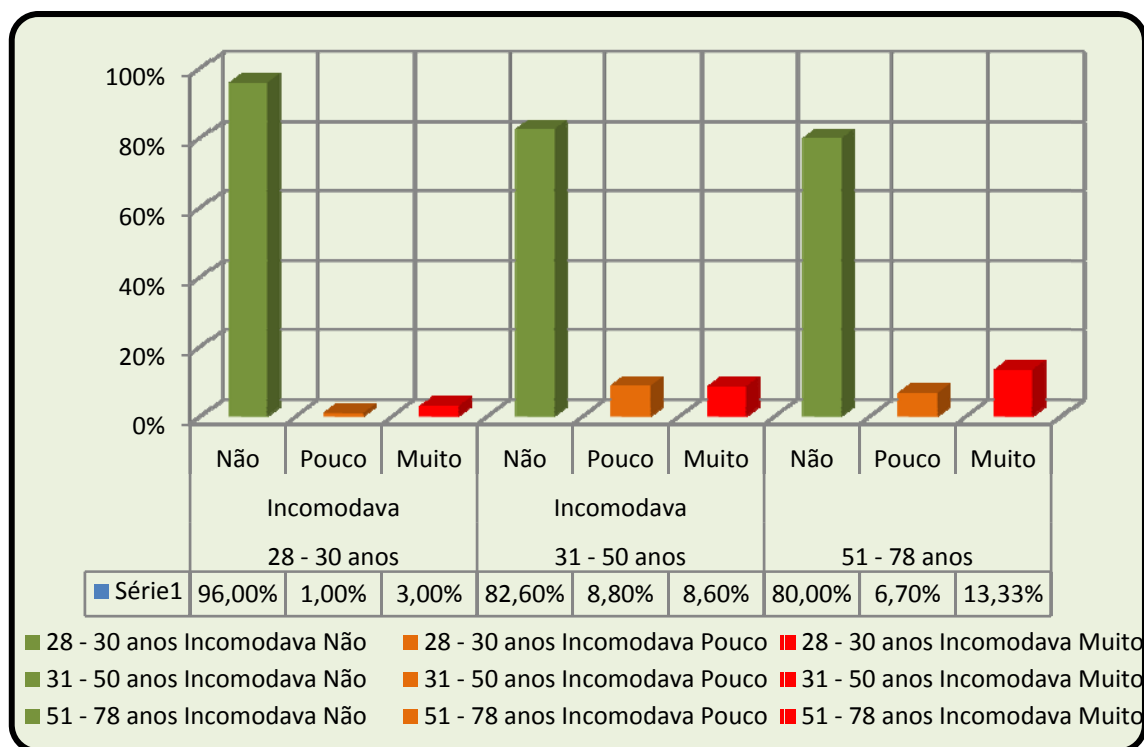


Fonte: Do autor (2013)

Quanto ao aumento da poeira nas residências, dos que tinham de 28 a 30 anos, 3% ficavam muito incomodados, 1% sentia-se pouco incomodado e 96% relataram a inexistência de incômodo. Das pessoas com idade de 31 a 50 anos, 8,6% se sentiam muito incomodadas; 8,8% pouco incomodadas, e 82,60% não tinham problema em relação à poeira. Entre os ouvidos de 51 a 78 anos, 8,6% relataram que se sentiam muito importunados; 8,8% pouco afetados, e 82,60% não tinham nenhum problema em relação ao pó, conforme mostrado na figura 88.

As respostas dadas pelas pessoas a respeito da poeira e dos ruídos corroboram as medições feitas nos outros empreendimentos mineiros. Poucos foram os que reclamaram do ruído e do pó, que afetam, principalmente, as pessoas diretamente envolvidas com a extração das rochas ornamentais. O barulho e a poeira que incomodavam os moradores de Pé de Serra estavam associados principalmente à circulação de caminhões vinculados à mina, que circulavam por vias não pavimentadas, nas imediações e no próprio povoado.

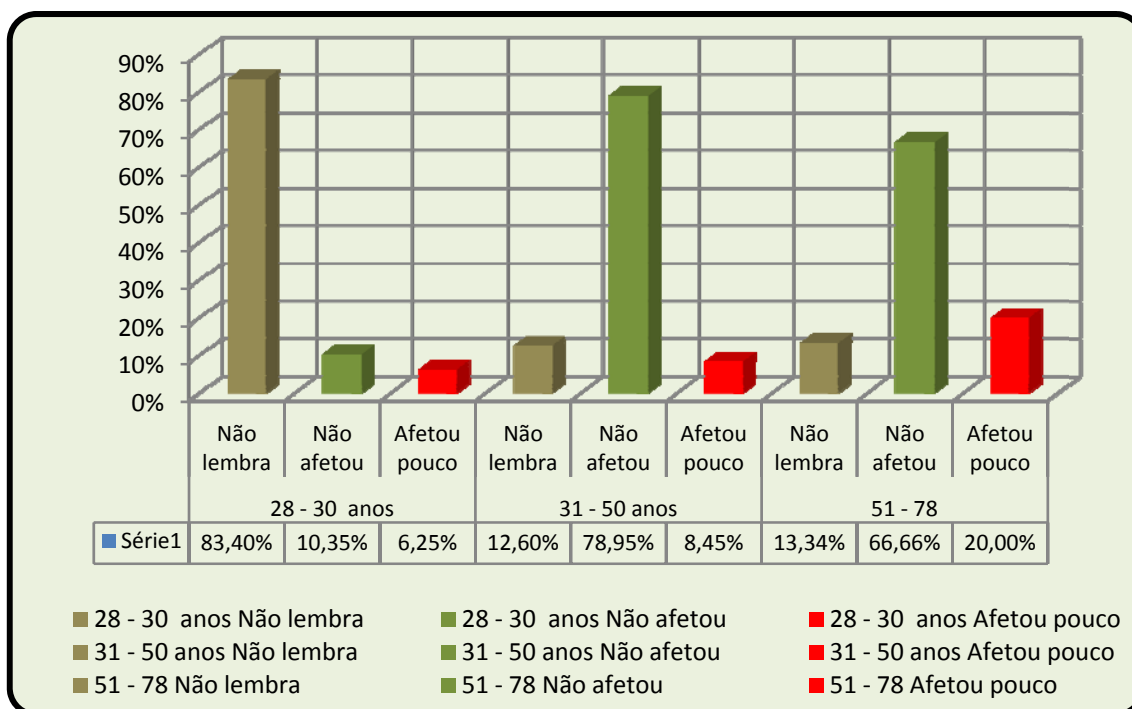
Figura 88 - Demonstrativo da poluição por material particulado em torno da área da pedreira por faixa etária



Fonte: Do autor (2013)

A respeito da poluição do Riacho Contendas, durante o funcionamento da pedreira, 83,4% das pessoas na faixa etária de 28 a 30 anos disseram não se lembrar deste problema no principal curso d'água existente próximo à área do empreendimento; 10,35% afirmaram que não houve e 6,25% responderam que a exploração de granito na localidade afetou pouco a qualidade da água. Dos 23 moradores entrevistados na faixa etária de 31 a 50 anos, 12,6% disseram não se lembrar, 79,95% afirmaram que a qualidade da água não foi afetada e 8,45% falaram ter prejudicado pouco. Entre os habitantes de 51 a 78 anos entrevistados, 13,34% disseram não se lembrar, 66,66% relataram que os trabalhos na frente de lavra não afetaram a qualidade da água e 20,0% afirmaram que a exploração de granito afetou pouco a qualidade da água, conforme mostrado na figura 89.

Figura 89 - Opinião das pessoas sobre a poluição do Riacho Contendas por faixa etária



Fonte: Do autor (2013)

Analisando a matriz de impactos ambientais da pedra de granito ornamental Meruoca Clássico (tabela 11, anexo D – Matriz de Impactos Meruoca Clássico), observa-se que, dos 18 impactos identificados após o encerramento das atividades de lavra, houve 1 benéfico e 17 adversos de média magnitude. O impacto benéfico foi classificado como de importância moderada e de longa duração. Com relação aos impactos adversos, 15 foram de importância significativa e curta duração e 2 de importância moderada e longa duração, como mostrado na tabela 18.

Tabela 18 - Percentuais dos impactos ambientais relacionando caráter com magnitude, importância e duração na pedreira de granito Meruoca Clássico

Caráter x Magnitude			
Magnitude \ Caráter	Grande (G)	Média (M)	Pequena (P)
Benéfico (+)	00	01	00
Adverso (-)	00	17	00
Caráter x Importância			
Importância \ Caráter	Significativa (Si)	Moderada (Mo)	Não significativa (Ns)
Benéfico (+)	0	01	00
Adverso (-)	15	02	00
Caráter x Duração			
Duração \ Caráter	Longa (L)	Intermediária (I)	Curta (C)
Benéfico (+)	01	00	00
Adverso (-)	02	00	15

Fonte: Do autor (2013)

O impacto benéfico diz respeito à mobilidade, tendo em vista que as vias de acesso ao povoado de Pé de Serra foram melhoradas e mantidas pelas empresas que exploraram o granito e a brita, e depois mantidas em condições favoráveis de tráfego pelo poder público.

O encerramento das atividades de lavra levou à perda do recurso mineral, à permanência das alterações no relevo e na paisagem, com danos para a flora e fauna, à intensificação da erosão nos acessos às áreas de servidão do empreendimento, à perda de arrecadação pelo município, à ausência de empregos ocasionais e à diminuição das atividades comerciais em Pé de Serra.

9 CONCLUSÕES

Conclui-se que, mesmo que sejam adotadas todas as medidas de controle ambiental sugeridas nos Estudos de Impactos Ambientais e no Relatório de Impactos Ambientais apresentados pelas empresas do setor à SEMACE, para obtenção da licença de operação, com a finalidade de evitar e/ou minimizar os impactos sobre meio físico, ainda assim, não se evitarão o desmatamento, as perdas de solo e alteração na topografia original do terreno, que sempre ocorrerão nas diversas atividades, da prospecção à exploração. Mas, considera-se que os impactos ocorrerão com menor intensidade se forem adotadas técnicas de lavra adequadas e houver obediência à legislação pertinente. Sugere-se, portanto, uma exploração racional do minério e um monitoramento constante dos avanços da lavra acompanhados por técnicos habilitados e pelos órgãos fiscalizadores, de forma a tornar a extração menos impactante.

Na área da Serra da Meruoca foram identificadas muitas pedreiras, temporariamente ou definitivamente, paralisadas, deixando cicatrizes marcantes na paisagem e danos ambientais. Esse fato decorre da sistemática adotada pelas empresas de mineração atuantes no maciço, amparadas por um instrumento legal expedido pelo DNPM, intitulado Guia de Utilização (DEPARTAMENTO..., 2003), que permite a retirada de até 6.000 m³ de material durante a realização da pesquisa mineral, a ser realizada num prazo de três anos. A partir desta possibilidade legal, sob o rótulo de pesquisa, há, durante o período permitido, exploração do minério, em quantidade superior à estipulada, sem quaisquer pesquisas geológicas e adoção de medidas de proteção ambiental.

Como a preservação do meio ambiente deve ser planejada antes do início das operações de lavra, nestes casos, o que foi observado nas áreas de mineração durante os trabalhos de campo, é que isso não ocorreu. Estas frentes de lavra abandonadas mostraram a falta de planejamento, de pesquisa e de ensaios tecnológicos, que atestassem as qualidades e/ou defeitos das rochas existentes nas áreas requeridas, e constituem um grande passivo ambiental e mineral, sem perspectivas de resolução por parte dos envolvidos no processo de extração de rochas ornamentais.

A falta de uma pesquisa geológica detalhada que possibilite a qualificação e quantificação do minério a ser explorado, compromete todo o processo de exploração mineral, uma vez que o desconhecimento das características do minério a ser lavrado implica em uma má condução da lavra. Os dados fornecidos pela pesquisa mineral possibilitam que os atores envolvidos no processo tenham subsídios que permitam um planejamento adequado das atividades de mineração frente às características do minério a ser lavrado, possibilitando o desenvolvimento da lavra de maneira mais sustentável.

A importância do conhecimento sobre a direção preferencial das fraturas no batólito da Meruoca, o estudo técnico, de viabilidade econômica, a tecnologia de corte adotada e a opção pelo tipo de lavra a ser desenvolvida, detalhados no relatório final de pesquisa e nos planos de lavra, mostram que, em duas das pedreiras estudadas (Rain Forest e Magma), esses fatores contribuíram para um maior aproveitamento do bem mineral, tendo, como consequência, um volume menor de rejeitos.

Já a pedreira de granito ornamental Juparaná Gold, a mais antiga das três em funcionamento, que no início de suas atividades optou pela lavra em matacões localizados na parte basal da encosta, com o uso de dinamites para remover os não comerciais e cordéis detonantes como tecnologia de corte, apresenta volumes muito grandes de rejeito e de blocos com imperfeição. O grande volume de blocos com imperfeição não comercializados ocorre em função da busca por lucros maiores, pois, embora o custo do beneficiamento seja o mesmo, os blocos sem defeitos (veios e/ou concentração de minerais máficos e/ou félsicos) são vendidos por um preço cinco vezes maior.

Na autorização de lavra a destinação final dos rejeitos é prevista no EIA-RIMA. O acúmulo deste material, nas pedreiras legalmente estabelecidas, decorre do não cumprimento das propostas especificadas no EIA-RIMA e da ineficiência da fiscalização da SEMACE, no âmbito estadual. Os rejeitos podem ser utilizados como brita, destinada à construção civil e à pavimentação de vias urbanas e de rodovias, ou como pedras destinadas ao revestimento das paredes de edificações. Os blocos considerados imperfeitos podem ser utilizados, por possuírem menor valor, por exemplo, no revestimento de túmulos. O abandono das minas, com blocos e rejeitos esparramados, é um

obstáculo à recomposição da vegetação e, por conseguinte, ao retorno aos aspectos da paisagem original.

A SEMACE deveria confrontar as proposições das empresas que possuem decreto de lavra e licença de operação para extração mineral com as ações empreendidas, a fim de fazê-las cumprir os compromissos assumidos por ocasião da protocolização dos documentos necessários a cada fase das operações de mineração, entre os quais o EIA RIMA. A fiscalização desde a prospecção, durante o processo de implantação e operação da pedreira e após o encerramento das atividades de lavra, para a recuperação das áreas degradadas, é imprescindível. Ao não exercerem uma fiscalização adequada, os órgãos responsáveis contribuem para que o panorama da exploração mineral na Serra da Meruoca, no tocante à degradação ambiental, não apresente perspectivas melhores.

Pelos estudos efetuados, identificou-se que a tecnologia de corte que melhor se adéqua aos tipos de lavra (matacão e/ou maciço) é a que adota o fio diamantado, por apresentar melhor aproveitamento do minério, produzir menor quantidade de rejeitos e, conseqüentemente, impactar menos o ambiente. Outro fator relevante decorrente da utilização dessa tecnologia de corte é a melhora na condição de trabalho dos operários das perfuratrizes (marteleiros), uma vez que estes equipamentos são utilizados somente para execução dos furos que dão passagem aos fios diamantados, que efetuarão os cortes na rocha. Assim, o emprego das perfuratrizes é feito segundo intervalos de tempo adequados às necessidades de corte, diminuindo, dessa forma, o período de exposição do marteleiro e de outros operários aos ruídos provocados pela máquina e ao material particulado gerado durante seu uso. Os funcionários diretamente envolvidos ou que operam equipamentos utilizados na extração mineral, que provocam pó e ruído intenso, devem, obrigatoriamente, usar equipamentos de proteção individual (máscaras e protetores auriculares).

Os níveis de barulho e de poeira podem ser melhorados com a implantação de vegetação ao redor da área da mineração (cinturão verde). Refeitórios e alojamentos devem ser isolados ou construídos o mais distante possível da frente de lavra, a fim de que nestas áreas os trabalhadores possam se alimentar e descansar livres do pó e do som elevado.

O grau de poluição do ar e a consequente deposição de partículas sólidas no ambiente estão, sobremaneira, condicionados às condições climáticas da região - períodos de seca, chuva e incidência de ventos. Deste modo, sugere-se que sejam adotadas medidas como a cobertura das vias de acesso e pátios por materiais oriundos dos rejeitos, o que atenuaria a lama na época chuvosa e a adição de clásticos finíssimos à atmosfera durante a movimentação de maquinários e veículos. A umidificação da área de influência direta do empreendimento, caso haja disponibilidade hídrica, já que a água não é abundante no semiárido, amenizaria a emissão de poeiras causada pelas perfuratrizes e pela movimentação das máquinas na frente de lavra.

A recuperação das áreas mineradas deverá ocorrer concomitantemente ao avanço da lavra. Para isso a remoção do estéril, que compreende a retirada da cobertura vegetal e do solo propriamente dito, deve acontecer de maneira gradual, durante o avanço da frente de lavra. O material retirado, necessário para a extração do minério de uma determinada área, pode ser armazenado, coberto, em pátio de estocagem próprio, para posterior utilização depois da paralização das atividades, quando seria depositado sobre as cavas e serviria de suporte à recomposição da vegetação, não só da frente de lavra, mas também dos pátios e das áreas acesso e de benfeitorias, que, se desmontadas, com o cuidado de evitar restos de materiais esparramados pelo chão, podem ser utilizadas em outros locais e para outras finalidades.

A recomposição vegetal é importante para evitar escorregamentos de massa nas vertentes mais íngremes e a formação de sulcos e voçorocas, uma vez que atenuará o escoamento superficial. A recuperação gradativa da área, além de levá-la a reassumir o aspecto paisagístico do entorno, trará de volta os animais afugentados durante o período de exploração.

A drenagem da área, sobretudo dos pátios de estocagem do estéril, com a construção de canais adequados ao escoamento e de caixas de sedimentação conterão os processos erosivos e a sedimentação excessiva nas baixadas e nos cursos de água.

Para evitar a contaminação química das águas superficiais e subterrâneas, precauções devem ser tomadas durante as operações com efluentes químicos (óleos e graxas) utilizados na manutenção das máquinas que operam no empreendimento. O armazenamento e o transporte adequado

dos resíduos sólidos e líquidos, se possível para empresas de reciclagem, a manutenção frequente dos equipamentos para evitar vazamentos, a construção de fossas sépticas para os efluentes sanitários e de trincheiras para enterrar o lixo orgânico, em locais adequados, são itens importantes a constarem em uma área de mineração.

A emissão e a concentração dos gases gerados pelas detonações com explosivos, mesmo que nocivos, são consideradas baixas. Portanto, os gases resultantes das detonações podem ser considerados desprezíveis, pelo fato de serem poucas as deflagrações, realizadas em horários pré-estabelecidos, em áreas abertas, que facilitam ampla dispersão.

Os gases resultantes da combustão dos motores, no processo de extração, também são desprezíveis, pois a mineração ocorre a céu aberto, favorável à dissipação. No entanto, há trabalhadores que, fruto das funções exercidas, ficam mais tempo em contato com os gases emanados. Para tais casos, recomenda-se a manutenção constante dos equipamentos e maquinários, o que proporciona uma redução da emissão de gases tóxicos na área de trabalho, e o uso de máscaras apropriadas.

No sertão nordestino, nos maciços residuais e na Depressão Sertaneja, é abundante a presença do granito. Assim sendo, a exploração dos matacões em detrimento dos maciços é algo que deveria ser autorizado somente diante de situações especiais, com argumentos que sustentassem a solicitação, pois nestes casos há uma quantidade maior de rejeitos, quaisquer sejam as técnicas adotadas, e as frentes de lavra se estendem por maiores extensões, provocando danos ambientais marcantes e mais difíceis de serem recuperados. A exploração em maciços, com a adoção de bancadas, deve ser a preferida. Quando embasada em levantamentos técnicos detalhados fornece material de melhor qualidade, produz menos rejeitos, impacta menor área e degrada menos o ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABREU F. A. M. et. al. O cinturão de cisalhamento do noroeste do Ceará. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais...** v. 2, Belém: SGB, 1988, p. 20-23.
- ABREU, F. A. M.; LAFON, J. M. Granulitos transamazônicos no cinturão de cisalhamento Noroeste do Ceará. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO NORDESTE, 14., 1991, Recife. **Atas...**, [S.n.], 1991. p. 229-231.
- AB'SABER, A. N. **O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras**. São Paulo: Geomorfologia IGEOG/USP, 1974.
- ALENCAR, C. R. A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. **Tecnologias de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais. Série estudos econômicos sobre rochas ornamentais**. v. 3. Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi-FIEC/CIEL, 1996.
- ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: [S. n.], 1977. p. 363-391.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABRIROCHAS). **Balço da produção mundial e do comércio internacional de rochas ornamentais em 2011**. 2012. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/11364/Informe_11_2012.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABRIROCHAS). **Síntese das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento em 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.abrirochas.com.br>>. Acesso em: 09 abr. 2013.
- BIANCHI, M. G. A.; MAURI, G. B.; VERARDI, L. On Hawkes-Isaacs-Özaydin's conjecture. **Instit. Lombardo Accad. Sci. Lett. Rend.**, [s.l.], n. 124, p. 99-117, 1990.
- BIZZI, L. A. et. al. (Orgs). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM, 2003.
- BRAGA, R. **Plantas do nordeste**. Natal: UFRN, 1953. (Mossoroense, v. 315)
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 20 abr. 2013.

BRASIL. **Lei nº 11.891, de 24 de dezembro de 2008.** Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Serra da Meruoca, no Estado do Ceará, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11891.htm>. Acesso em: 13 dez. 2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. PROJETO RADAMBRASIL. **Folha AS-24:** Fortaleza. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia : Secretaria Geral, 1981. (Levantamento de recursos naturais, v. 21).

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil. **Perspectivas do meio ambiente do Brasil:** uso do subsolo. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2002. Disponível em: <www.cprm.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15:** atividades e operações insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20%28atualizada_2011%29.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.

BRITO NEVES, B. B. de. **Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino.** 1975. 198 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

BROOKS, D. B. **Conservation of minerals and of the environment word mineral supplies:** assessment and perspective. Amsterdam: Elsevier, 1976. CARANASSIOS, A.; CICCUCI, R. Tecnologia de extração e valorização das rochas ornamentais. **Rochas de Qualidade**, São Paulo, n. 109, p. 58-77, abr./jun. 1993.

CAVALCANTE, A. Qualidade superior. **Revista da FIEC**, [S.l.], ano 3, n. 35, abr. 2010. Disponível em: <http://www.fiec.org.br/portalv2/sites/revista/home.php?st=interna1&conteudo_id=35737&start_date=2010-04-28>. Acesso em: 09 abr. 2013.

CAVALCANTE, J. de C.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, F. E. M. **Mapa geológico do Estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 2003. 1 mapa, color., altura x largura. Escala 1:500.000.

CHIODI FILHO, C. Exportações de rochas cresceram 18% no primeiro quadrimestre de 2013. 2013. Disponível em: <www.fiepr.org.br/sindicatos/SimagranPR/News3387content219050.shtml>. Acesso em: 17 out. 2013.

CHIODI FILHO, C.; ONO, A. Tipos de lavra e técnicas de corte para desmonte de blocos. **Rochas de Qualidade**, São Paulo, n. 120, p. 93-106, 1995.

CICCUCI, R. Tecnologie avanzate per la coltivazione e la lavorazione dei lapidei. In: ATTI CONFERENZA EUROPEA SULLE CAVE, 1992, Saint Vincent. **Annali...**, Saint Vicent: [S. n.], 1992.

CICCU, R.; VIDAL, F. W. H. Tecnologia avançada de lavra de rochas ornamentais. In: SEMINÁRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 1., 1998, Olinda. **Anais...**Olinda: [S. n.], 1998. p. 40-61.

COMPANHIA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). **Bacia Hidrográfica do Acaraú: características gerais.** Fortaleza, 2008

CORREIA, R. M. da S. **Influência das propriedades petrofísicas na fragmentação de rochas graníticas por detonação com explosivos.** 2011. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

COSTA, M. J. et. al. **Geologia da Bacia Jaibaras: Ceará, Piauí e Maranhão: Projeto Jaibaras.** Recife: DNPM/CPRM, 1973. (Relatório final, v. 5).

DELEVEDOVE, E. A. da S. **Como conciliar a extração do granito com a preservação ambiental?** 2010. 100 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Direito) - Faculdade Capixaba de Nova Venécia, Nova Venécia, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Cadastro mineiro.** [2013?]. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=62&IDPagina=40>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Portaria nº 367 de 27 de agosto de 2003.** Dispõe sobre a regulamentação do art. 22, parágrafo 2 do Código de Mineração, que trata da extração de substâncias minerais antes da outorga de concessão de lavra. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/legislacao/Portaria367.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório de lavra: Mineração Atlântica Ltda.** Brasília, 2010a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa: INBRASMA,** 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa: GRANOS S. A.,** 1992a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa: GRANOS S. A.,** 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa: Mineração Agreste Ltda.** Brasília, 1990.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa: Mineração Agreste Ltda.** Brasília, 1992b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Agreste Ltda. Brasília, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Agreste Ltda. Brasília, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Agreste Ltda. Brasília, 2010b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Agreste Ltda. Brasília, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Atlântica Ltda. Brasília, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Atlântica Ltda. Brasília, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** Mineração Atlântica Ltda. Brasília, 2010c.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa:** OCS Mineração, 1991.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa granito:** processo n. 880.4422/1985: OCS Mineração e Empreendimentos Ltda. Brasília, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório final de pesquisa granito:** processo n. 880.259/03: Mineração Atlântica Ltda. Brasília, 2005

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Relatório técnico de lavra:** Mineração Agreste Ltda. Brasília, 2011a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Rochas ornamentais e de revestimentos.** Brasília, 2011b.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL; INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Royalties no Brasil:** 2005 A 2012. [2013?]. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>> Acesso em: 27 abr. 2013.

EVANGELISTA, F. S. M.; **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Mucambinho-Ce.** 2009. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FABRI, E. S.; NALINI JÚNIOR, H. A.; LEITE, M. G. P. Exploração de rochas ornamentais e meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 26, p. 189-197, jul./dez. 2012.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). 2010. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Grafico_chuvas_postos_pluvio_metricos/totalchuvas/index.htm>. Acesso em: 9 set. 2012

GOMES, M. **Serra da Meruoca**: Massapê - CE. 2009. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/photo/19208727>>. Acesso em: 03 maio 2013.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Rodovia Massapê-Meruoca na subida do maciço**. 2013a.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Vertente oeste da Serra da Meruoca, ao longo da rodovia Alcântaras-Coreaú**. 2013b.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Vertente seca a sotavento da Serra da Meruoca, com vegetação de caatinga e matacões expostos**. 2013c.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Distrito de Camilos, Município de Meruoca – CE, cujo sítio é uma planície alveolar no cimo do maciço**. 2013d.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Área de influência do projeto**. 2013e.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.2041. [S.l.], c2013. **Imagem de satélite mostrando a disposição aleatória do rejeito e blocos com imperfeições na pedra de granito Juparaná Gold**. 2013f.

GORAYEB, P. S. de S. et. al. Relações estratigráficas entre o granito Meruoca e a seqüência Ubajara-Jaibaras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 7., 1988, Belém. **Anais...** Belém: SBG, 1988, v. 6., p. 2678-2688.

GORAYEB, P. S. S.; TAVARES JUNIOR, S. S.; LAFON, J. M. Novos dados geocronológicos na região entre Forquilha e Santa Quitéria - NW do Ceará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14., 1991, Recife. **Anais...** Recife: SBG, 1991, p. 260-263. (Boletim, n. 12).

GRANOS. **Catálogo de produtos**. [2013?]. Disponível em: <<http://www.granos.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 03 ago. 2013.

GRUENZNER, G. **Avaliação da poeira de sílica**: um estudo de caso em uma pedra na região metropolitana de São Paulo. 2003. 93 p. Dissertação

(Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

HACKSPACHER, P. C.; SOARES, J. W.; PETTA, P. A. A geologia do Grupo Ubajara - Região de Frecheirinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988, Belém. **Anais...** Belém: [S.n.], 1988, p. 2661-2677.

HACKSPACHER, P. C.; SANTOS, T. J. S.; LAFON, J. M. Evolução geocronológica do Complexo Gnáissico Migmatítico - NW do Ceará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14., 1991, Recife. **Anais...** Recife: SBG, 1991, p. 268-271. (Boletim, n. 12).

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Manual de avaliação de impactos ambientais**. 2. ed. Curitiba, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 6. ed. 2011. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil básico municipal**: Fortaleza. 2010. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2010/Fortaleza.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2013.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (IPLANCE). **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Modelos de elevação**. 2012. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES (IUGS). **Subcommission of the systematics of igneous rocks**. [S.l.]: IUGS, 1973.

LEOPOLD, I. B. et al; A procedure for evaluating environmental impact. **Geological Survey Circular**, Washington, v. 645, n. 71, 1971. Disponível em: <[http://eps.berkeley.edu/people/lunaleopold/\(118\)%20A%20Procedure%20for%20Evaluating%20Environmental%20Impact.pdf](http://eps.berkeley.edu/people/lunaleopold/(118)%20A%20Procedure%20for%20Evaluating%20Environmental%20Impact.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2013

MACHADO, I. F. **Recursos minerais**: política e sociedade. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

MADA Minerals Ltda. [2013?]. Disponível em: <<http://www.madaminerals.blogspot.com.br>> Acesso em: 29 abr. 2013.

MATTA, P. M. da. **Indústria de rochas ornamentais: rejeitos x produção limpa**. Salvador: DNPM, 2003

MELLO, N. G. S. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)**. 2012. Disponível em: <<http://www.eventweb.com.br/cbmet2012>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

MENEZES, R.G. da. **Tecnologia de lavra em maciços rochosos**. 2005. 48 p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Tecnologia e Valorização em Rochas Ornamentais) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NASCIMENTO, R. S.; GORAYEB, P. S. S. Basaltos da Suite Parapui, Graben Jaibaras, noroeste do Ceara: caracterização, petrografia, geoquímica e química mineral. **Revista Brasileira de Geociências**, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 459–468, 2004.

NOVAIS, F. R. G.; NEVES, B. B. B.; KAWSHITA, K. Reconhecimento cronoestratigráfico na região noroeste do Ceará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9., 1979, Natal. **Atas...** Natal: SBG, 1979. p. 93-110.

OLIVEIRA, E. M. de. **Impacto ambiental na exploração de pedreiras**. 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2006.

PRADO, F. S. et al. **Projeto Martinópolis**. Recife: CPRM, 1979.

REGADAS, I. C. M. C. **Aspectos relacionados à lavra de granitos ornamentais com fio diamantado no norte do estado do Espírito Santo, Brasil**. 2006. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

REIS, C. R. Métodos de lavra em rochas ornamentais. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 56, n. 3, July. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370. Acesso em: 29 abr. 2013.

ROBERTO, F. A. da C. **Distritos mineiros do Estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM, 2000.

ROBERTO, F. A. da C. **Rochas ornamentais do Ceará: geologia, lavra, beneficiamento e mercado**. 1998. 225 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

SÁ, E. F. J. Evolução proterozóica da Província Borborema. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11., 1984, Natal. **Anais...** Natal: SBG, 1984. p. 297-316.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (Eds). **O precambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p. 123-186.

SÃO FRANCISCO DE ASSIS. [2013?]. Disponível em: <<http://pensador.uol.com.br/frase/Mzg4/>>. Acesso em: 07 maio 2013.

SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Loumai of Geophysical Research**, [S.l.], n. 96, p. 15137-15146, 1991.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CRM). **Programa geologia do Brasil: catálogo temático de produtos: levantamentos aerogeofísicos**. Belo Horizonte: CPRM, 2011.

SIAL, A. N.; FIGUEIREDO, M. H.; LONG, L. E. Rare Earth element geochemistry of the Meruoca and Mocambo plutons, Ceará, Northeast Brazil. **Chemical Geology**, [S.l.], n. 31, p.271-283, 1981.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**, [S.l.], n. 8, nov. 2007. Sem paginação.

SOARES, V. L. **Caracterização dos subsistemas ambientais da serra da meruoca-CE**. 2012. Disponível em: <<http://www.eng2012.org.br/trabalhos-completos>>. Acesso em: 12 maio 2013.

SOUZA, A. S. Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas na caracterização da pluma de sedimentos na foz do Piranhas–Açu. 2008. 120 p. Trabalho de conclusão de curso. (Bacharel em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

SOUZA, P. Á. de. **Impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração**. Brasília: DNPM, 2001.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro. **Mercator: revista da geografia da UFC**, Fortaleza, ano 5, n. 9, p. 85-102, 2006. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewFile/91/63>>. Acesso em: 22 abr. 2013.

STRECKEISEN, A. L. To each plutonic rock its proper name. **Earth Science Reviews**, [S.l.], v. 12, p. 1-33, 1976.

TORQUATO, M. F. B. **Rochas ornamentais do noroeste do Ceará (Brasil): propriedades tecnológicas, alteração e alterabilidade dos granitos Vermelho Filomena, Meruoca Clássico e Verde Ceará**. 2005. 274 p. Tese (Doutorado) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2005.

VANDOROS, P. Sobre o granito da Serra Meruoca-Rosário: intrusivo na Formação Jaibara, Ceará. **Ciência e Cultura**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 255-256, 1967.

VIDAL, F. W. H. Aproveitamento de rejeito de rochas ornamentais e de revestimento. **Revista Pedras do Brasil**, Vitória, 2003.

VIDAL, F. W. H. **Contribuição técnica elaborada para o livro Rochas e Minerais Industriais do Ceará**. [S.l.]: CPRM, 2005.

VIDAL, F. W. H.; COELHO, A. A. de M. Métodos e tecnologias de lavra para a melhoria da qualidade e produtividade dos blocos de granito no Ceará. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2003. p. 180-188.

VIDAL, F. W. H.; ROBERTO, F. A. da C. **Rochas e minerais industriais do estado do Ceará**. Fortaleza: CETEM, 2005.

XAVIER, T. M. B. S. et. al. A zona de convergência intertropical e suas relações com a chuva do Ceará (1964-1998). **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 27-43, 2000.

ANEXOS

ANEXO A - QUESTIONÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO DE IMPACTOS

Pedreira do Granito: _____		Situação: _____	
Localidade: _____			
Município: _____			
Nome: _____			
Idade		Tempo que reside no local (anos)	Sexo M () F ()
Houve mudança com a chegada da pedreira na sua localidade		Sim ()	Não ()
Você ou alguém da sua família trabalha na pedreira		Sim ()	Não ()
Impactos ambientais percebidos depois da instalação da pedreira			
Tipo de impacto causado depois da instalação da pedreira		Sim	Não
Na sua casa tem mais poeira depois da chegada da pedreira? Pouca () Média () Muita () Às vezes () Alguns dias da semana () Todos os dias ()			
A poeira suja as roupas estendidas no varal? Às vezes () Em todas as vezes que a roupa é lavada () Só quando venta muito () Conforme a direção do vento ()			
O Barulho das máquinas incomoda? Sempre () Em alguns dias () Conforme a direção do vento () Muito () Pouco () Mais ou menos ()			
O trânsito de caminhões e explosões na pedreira incomoda? Sempre () Em alguns dias () Conforme a direção do vento () Muito () Pouco () Mais ou menos ()			
As máquinas, caminhões, explosões causam trepidação na sua casa? Sempre () Às vezes () Só as explosões () Causam trincas ()			
Os animais que o sr.(a) via próximo ao local da pedreira ainda continuaram a aparecer depois que a pedreira começou a funcionar?			
Existiam animais antes da pedreira funcionar?			
O Sr.(a) continua a ver pássaros que viviam no local antes da pedreira funcionar? Quais os que existem e quais desapareceram?			
Existe algum rio próximo a pedreira?			
O que aconteceu com esse rio depois que a pedreira começou a funcionar?			
Como ficou a paisagem depois da instalação da pedreira? Igual () Pior () Melhor () Mais feia () Mais bonita () Com muita erosão () Com muita sujeira ()			
A pedreira trouxe algum benefício para você ou alguém da sua família? Qual benefício?			

ANEXO B, C, D E E

COMPONENTES DO MEIO NATURAL (EFEITOS)	MEIO AVALIADO																																		IMPACTO AMBIENTAL												CARÁTER RELACIONANDO COM								
	MEIO FÍSICO										MEIO BIOTICO					MEIO ANTRÓPICO																			CARÁTER			MAGNITUDE			IMPORTÂNCIA			DURAÇÃO											
	GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA		SOLOSEDEITO		ÁGUAS		ATMOSFERA		FLORA		FAUNA			CONTEXTO SOCIAL			POPULACAO			ECONOMIA			INFRA-ESTRUTURA			+	-	±	G	M	P	Si	Mo	Ns	L	I	C	G	M	P	Si	Mo	Ns	L	I	C									
	RECURSO MINERAL	EROSÃO	SEDIMENTAÇÃO	MORFOLOGIA	DISPONIBILIDADE DE SOLO	MOVIMENTO DE MASSA	ÁGUAS SUPERFICIAIS	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	NIVEL DE RUÍDOS	MATERIAL PARTICULADO	MICROCLIMA	HERBÁCEA / CULTIVO	ARBUSTIVA	ARBÓREA	REPTIS E ANFÍBIOS	AVES	MAMÍFEROS	VALORES PAISAGÍSTICOS	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	RISCOS INDUZIDOS (Acidentes e Saúde)	NIVEL DE EMPREGO	ASPECTOS CULTURAIS	OPINIAO PUBLICA	NIVEL DE VIDA	ECONOMIA MINERAL	ARRECAÇÃO TRIBUTÁRIA	COMÉRCIO	VALOR DAS PROPRIEDADES	AGRICULTURA E PECUÁRIA	TRANSPORTE	CONSTRUÇÃO CIVIL	REDE ELÉTRICA	TELECOMUNICAÇÕES	SANAMENTO BÁSICO	EDUCAÇÃO	BENÉFICO	ADVERSO	INDEFINIDO	GRANDE	MEDIA	PEQUENA	SIGNIFICATIVA	MODERADA	NÃO SIGNIFICATIVA	LONGA	INTERMEDIÁRIA	CURTA	GRANDE	MEDIA	PEQUENA	SIGNIFICATIVA	MODERADA	NÃO SIGNIFICATIVA	LONGA	INTERMEDIÁRIA
COMPONENTES DO PROJETO MINEIRO (CAUSAS)	FASE DE ESTUDOS																																		MAGNITUDE												CARÁTER								
	LEVANTAMENTOS PRELIMINARES																																		03												00 08 00 01 02 01 01 01								
	TOPOGRAFIA																																		01												01 01 00 00 02 00 02 00 02 00 02								
	SONDAGENS																																		01												02 02 00 00 03 00 00 03 00 00 03								
	PESQUISA MINERAL (Viabilidade Técnica e Econômica)																																		01												00 02 00 01 00 00 01 00 00 01 00								
	ESTUDOS AMBIENTAIS (Viabilidade Ambiental)																																		00												00 08 00 00 00 00 00 00 00 00 00								
	MINERAÇÃO																																		06												11 02 00 08 08 00 06 11 10 00 07								
	OPERAÇÃO																																		00												00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00								
	IMPLANTAÇÃO																																		01												05 01 00 05 01 00 05 01 02 00 04								
	Preparação																																		01												17 03 00 09 09 00 09 09 04 07 07								
	Lavra																																		01												21 00 05 11 06 02 15 05 10 08 04								
	Suporte																																		00												14 00 05 03 06 03 05 06 02 07 05								
	SOMATORIO DOS IMPACTOS (Σ) ÁREA EM ATIVIDADE																																		23												104 30 22 58 47 22 58 47 42 38 47								
	IMPACTOS PERCENTUAIS (%)																																		14,82%												86,24% 16,11% 17,32% 45,67% 37,01% 17,32% 45,67% 37,01% 33,07% 29,92% 37,01%								



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
 PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
 CAMPUS DE RIO CLARO

IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA EXPLORAÇÃO DE GRANITO NA SERRA DA MERUÍCIA

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Tavares
 Elaboração: Luiz Alcides Picanço de Andrade

ANEXO - B

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA PEDREIRA DE GRANITO RAIN FOREST

LEGENDA DE CORES DAS CELULAS MATRICIAIS

IMPACTOS BENEFÍCIOS

- GRANDE
- MEDIA
- PEQUENA

IMPACTOS ADVERSOS

- GRANDE
- MEDIA
- PEQUENA

IMPACTOS INDEFINIDOS

- +
-
- ±

LEGENDA DE VALORAÇÃO DE ATRIBUTOS

CARÁTER

- + = BENEFÍCIO
- = ADVERSO
- ± = INDEFINIDO

IMPORTÂNCIA

- Ns = NÃO SIGNIFICATIVA
- Mo = MODERADA
- Si = SIGNIFICATIVA

MAGNITUDE

- P = PEQUENA
- M = MEDIA
- G = GRANDE

DURAÇÃO

- C = CURTA
- I = INTERMEDIÁRIA
- L = LONGA

SEM PREVISÃO DE IMPACTOS

