

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE

OCORRÊNCIA DE QUARTZITO VERDE – ESMERALDA NO
MUNICÍPIO DE LAJES/RN E SUA VIABILIDADE COMO
ROCHA ORNAMENTAL

por

Ely Brasil de Arruda Luna Cavalcanti

Trabalho realizado junto ao Grupo de Pesquisa em Rochas Ornamentais
do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas,
UFPE.

Recife, 2008

OCORRÊNCIA DE QUARTZITO VERDE – ESMERALDA NO
MUNICÍPIO DE LAJES/RN E SUA VIABILIDADE COMO
ROCHA ORNAMENTAL

DISSERTAÇÃO

Submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Área de concentração: Minerais e Rochas Industriais

por

Ely Brasil de Arruda Luna Cavalcanti
Geóloga

2008

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de concentração: Minerais e Rochas Industriais, e aprovada em sua forma final, pelo orientador e pela banca examinadora do curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof.º Dr. Eldemar de Albuquerque Menor
Departamento de Geologia, UFPE

Co-orientador: Prof. Dr. Maurício Rangel
Departamento de Geologia, UFPE

Banca Examinadora: Prof.º Dr. Eldemar de Albuquerque Menor
Departamento de Geologia, UFPE
Prof.º Dr. Júlio César de Souza
Departamento de Eng. de Minas
Dra. Maria Angélica Batista de Lima

Coordenador do PPGEMinas:

Prof. Dr. Júlio César de Souza
Departamento de Engenharia de Minas, UFPE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

ELY BRASIL DE ARRUDA LUNA CAVALCANTI

**“OCORRÊNCIA DE QUARTZITO VERDE-ESMERALDA
NO MUNICÍPIO DE LAJES/RN E SUA VIABILIDADE
COMO ROCHA ORNAMENTAL”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do
Dr. Eldemar de Albuquerque Menor, considera a candidata.

ELY BRASIL DE ARRUDA LUNA CAVALCANTI, Aprovada.

Recife, 28 de agosto de 2008.

Dr. Eldemar de Albuquerque Menor (Primeiro Examinador interno) – UFPE

Dr^a Maria Angélica Batista de Lima (Segundo Examinador – Externo)

Dr. Júlio César de Souza (Terceiro Examinador-Interno) UFPE

C376o Cavalcanti, Ely Brasil de Arruda Luna.

Ocorrência de quartzito verde – esmeralda no município de Lajes/RN e sua viabilidade como rocha ornamental / Ely Brasil de Arruda Luna cavalcanti. - Recife: O Autor, 2008.

112 folhas, il : grafs., tabs.figs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2008.

Inclui bibliografia e anexo.

1. Engenharia mineral. 2.Fucsita-quartzito. 3.Rocha ornamental. 4.Lajes-RN. I. Título.

UFPE

623.26

CDD (22. ed.)

BCTG/2009-075

AGRADEÇO A DEUS por ter me permitido avançar mais uma etapa importante em minha vida profissional.

Ao meu esposo e companheiro João Augusto pela paciência e compreensão nos
momentos difíceis.

À minha “Princesa” Maria Natália que amo tanto.

**Dedico em homenagem aos meus Pais (in memória), pelo desejo de ver os
meus avanços profissionais.**

AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos às pessoas e entidades:

- À Mineração Palestina que propiciou parte a execução deste estudo.
- A CAPES pelo apoio financeiro durante o curso.
- Ao Prof. Eldemar de Albuquerque Menor pela orientação esclarecedora e competente.
- Ao Prof. Maurício Rangel pela valiosa ajuda nas análises petrográficas
- Ao Prof. Adejardo Francisco pela colaboração no Abstract.
- Ao Amigo Hermanilton Azevedo pelas discussões e companhia nas etapas de campo.
- Ao amigo Christiam pela participação na confecção dos histogramas.
- À Voleide pela atenção e apoio nos assuntos burocráticos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado”.

Albert Einstein

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo cumprir as exigências curriculares obrigatórias à obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mineral – Área de Concentração - Minerais e Rochas Industriais junto ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Pernambuco.

Nela, trata-se da Ocorrência de Quartzito Verde-Esmeralda em Lajes-RN e sua Viabilidade como Rocha Ornamental.

RESUMO

Esta pesquisa envolve o estudo de um jazimento de fucsita-quartzito situado no Município de Lajes-RN. O mapeamento deste litossoma e as determinações de suas características físicas foram realizados com o objetivo de se avaliar a viabilidade de seu aproveitamento econômico para fins ornamentais. O mapeamento geológico de detalhe, na escala de 1:2.000, cobriu uma área de 6.200 m², encravada em domínios da Faixa de Dobramentos Seridó, de idade Neoproterozóico.

Foram estudadas as relações e características estruturais do fucsita-quartzito e de suas encaixantes (biotita-muscovita xisto e quartzo-muscovita xisto). A rocha quartzítica, que pode ser definida como parametamórfica de baixo a médio grau, ocupa o eixo de uma estrutura sinforme, de orientação NE-SW. Esforços tectônicos regionais provocaram um relativo fraturamento deste litossoma. É notadamente sua concentração em fucsita o que lhe confere a tonalidade verde esmeralda, de atraente efeito estético. A concentração desse mineral, espacialmente, corresponde a uma fácies mineralógica, associada à quantidades acessórias e disseminadas de turmalina verde, sub-milimétricas.

Análises químicas, incluindo os óxidos fundamentais, perda ao fogo, e 30 elementos-traço, revelaram valores predominantes de SiO₂ para o fucsita-quartzito, como esperado, associados aos padrões relativamente elevados de Cr, W, Zr e Co. Os teores de Cr (Cr₂O₃), concentrados na fucsita, variam entre 0,07 a 0,15% em rocha-total (RT).

Os principais ensaios tecnológicos, normalizados por entidades nacionais e estrangeiras, foram executados para caracterização física e mecânica do fucsita-quartzito. Do ponto de vista da resistência à compressão e tração por flexão, os resultados indicam que placas do produto podem ser utilizadas em bancadas. Os resultados referentes ao desgaste abrasivo confirmaram adequação para aplicação em pisos de moderado a mediano pisoteio, preferencialmente aplicável em ambientes internos. Entretanto, os índices de porosidade e de absorção d'água mostraram resultados próximos aos limites de adequação para utilização de placas, o que recomenda a impermeabilização preventiva do produto antes da aplicação.

Apesar de se situar próximo a vias asfaltadas e às linhas de transmissão de energia, o jazimento possui um óbice de relativo comprometimento com os estresses estruturais, o que descarta a possibilidade de lavra de blocos para aparelhamento de teares. Entretanto, pode-se visualizar o aproveitamento do produto para talha-blocos. Apesar das reservas não terem sido calculadas, pela falta de sondagens, pode-se afirmar que são de porte médio, o que aconselha um *up-grading* para seu aproveitamento através do artesanato ou joalheria. A qualidade desse produto, mais vistosa que o da aventurina por possuir brilho mais vivo, oferece uma via para estudos de marketing.

Palavras chave: fucsita-quartzito, rocha ornamental, Lajes-RN

ABSTRACT

This research deals with studies which were carried on a fuchsite-quartzite mineral deposit located at the Lages town. The geological mapping of this mineral deposit and their physical properties determination were done aiming to evaluate its economical feasibility as dimension stone. The geological mapping, on the scale 1:2.000, covered an area of 6.200 sq.m. The area is located on the Neoproterozoic Serido Fold Belt.

It has been studied the structural relationship between the quartzite and its country rocks (biotite-muscovite schists, quartz-muscovite-schists and muscovite-schists). The quartzite, which is a low to medium-grade metamorphic facies rock, occupies the NE-SW axis of a synformal structure. Regional stress have caused the formation of a joint system on the study lithology. This joint system is very concentrated in the fuchsites, which show an emerald green colour, of very attractive appearance. The spatial location of the joint system corresponds to a lithological facies which shows accessory and disseminated contents of sub-millimeter long green tourmalines.

Whole rock chemical analysis were done, for major elements and for 30 trace elements. They show high contents of SiO₂ for the study quartzite, as expected, related to high contents of Cr, W, Zr and Co. The quartzite show a Cr content (Cr₂O₃) ranging between 0,07 and 0,15%wt.

The main technological tests, done according national and international protocols, were carried out for the physical and mechanical characterization of the fuchsite-quartzite. The results of the "resistance to strength" and "traction by torsion" tests indicate that quartzite plates could be used as benches. The "wearing by abrasion" test results confirms that the quartzite is adequate to be used as floor of moderate to medium load stepage, mainly in interior environments. However the "porosity index" and "water absorption" tests show results near the limits of adequacy for usage as plates, which recommends that the quartzite should be made waterproof before being applied.

Although the study mineral deposit is located near to paved roads and to electrical transmission lines, it shows excessively densely fractured, which makes

it not viable its mining with 6-12 cubic meters blocks extraction for cutting by saw mill. However the quartzite could be mined aiming to be cut with the usage of portable “cutting blocks” saw. The reserves have not be worked out, because lack of drilling, but it is possible to say that they are of medium size. It is suggested that could be done an up-grading of the mining for making it available for producing flagstone, for artcraft work or for jewellery. The quality of this product offers some opportunity for marketing studies because it shows high brightness and color intensities.

Key words: fuchsite-quartzite, ornamental rock, Lajes-RN (Brazil)

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

APRESENTAÇÃO

RESUMO

ABSTRACT

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1.1 | Objetivos..... | 02 |
| 1.2 | Localização e Vias de Acesso | 03 |
| 1.3 | Aspectos Fisiográficos..... | 04 |

CAPÍTULO II – METODOLOGIA DOS TRABALHOS

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Revisão Bibliográfica | 06 |
| 2.2 | Mapeamento | 06 |
| 2.3 | Amostragem | 06 |
| 2.4 | Petrografia | 07 |
| 2.5 | Preparação de amostras para ensaios tecnológicos | 08 |
| 2.6 | Preparação do pó das amostras para análise química | 08 |

CAPÍTULO III – GEOLOGIA REGIONAL

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 3.1 | Introdução..... | 10 |
| 3.2 | Estratigrafia..... | 12 |
| 3.2.1 | Complexo Caicó..... | 13 |
| 3.2.2 | Supracrustais..... | 13 |
| 3.3 | Foliação Milonítica | 14 |
| 3.4 | Fases de Deformação D1, D2 e D3..... | 14 |
| 3.5 | Rochas Ornamentais Associadas..... | 15 |

CAPÍTULO IV – GEOLOGIA LOCAL

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 4.1 | Introdução e litologia | 17 |
| 4.2 | Estudo Petrográfico | 28 |
| 4.3 | Encaixantes | 30 |
| | • Biotita-muscovita xisto | |
| | • Muscovita-xisto... | |
| | • Quartzo biotita-xisto | |
| 4.4 | Condições de Infra-estrutura | 31 |

CAPÍTULO V – CARACTERÍSTICAS DE ROCHAS COM FINS ORNAMENTAIS

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Considerações | 33 |
| 5.2 | Fases Iniciais de Planejamento | 34 |
| 5.3 | Classificação Comercial das Rochas Ornamentais | 37 |
| 5.4 | Mercado de Rochas Ornamentais no Brasil e no Mundo..... | 38 |
| | 5.4.1 Oferta Mundial em 2006. | 38 |
| | 5.4.2 Produção e oferta no mercado brasileiro. | 40 |
| 5.5 | Rochas Ornamentais Brasileiras de Cor Verde | 42 |
| | 5.5.1 Considerações | 42 |
| | 5.5.1 Distribuição Segundo o Catálogo de Rochas Ornamentais.... | 43 |
| | 5.5.2 Análise Comparativa: Quartzitos São Tomé das Letras - MG x Quartzito Verde Esmeralda (V.E.) – RN. | 45 |

CAPÍTULO VI – CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO QUARTZITO VERDE

| | | |
|-------|---|----|
| 6.1 | Resultados de Ensaio Tecnológicos do Quartzito (Fácies 1 e Fácies 2) | 51 |
| 6.1.1 | Análises Petrográficas – ABNT. NBR 12768 | 51 |
| 6.1.2 | Ensaio de Resistência à Compressão Simples – ABNT . NBR 12767 | 54 |
| 6.1.3 | Resistência à Tração por Flexão – ABNT . NBR 12763 | 56 |
| 6.1.4 | Índices Físicos – ABNT . NBR 12766 | 57 |
| 6.1.5 | Desgaste por Abrasão - ABNT . NBR 3.379 | 59 |

CAPÍTULO VII – ANÁLISES QUÍMICAS

| | | |
|-----|---------------------|----|
| 7.1 | Considerações | 64 |
|-----|---------------------|----|

CAPÍTULO VIII – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAVRA

| | | |
|--------|---|----|
| 8.1 | Regime de extração | 67 |
| 8.2 | Quantificação do Minério | 68 |
| 8.3 | Método de Cubagem | 69 |
| 8.3.1 | Metodologia | 69 |
| 8.3.2 | Elaboração do Modelo Geológico Tridimensional | 70 |
| 8.3.3 | Interpretação Geológica | 72 |
| 8.3.4 | Modelagem do Sólido | 72 |
| 8.4 | Cálculo de Reservas | 76 |
| 8.5 | Vida Útil da Jazida | 80 |
| 8.6 | Método de Descobertura | 80 |
| 8.7 | Dimensionamento dos Equipamentos de Lavra | 81 |
| 8.7.1 | Carregamento de Transporte | 82 |
| 8.7.2 | Transporte | 83 |
| 8.8 | Equipamento de Apoio | 83 |
| 8.9 | Higiene e Segurança do Trabalho | 84 |
| 8.10 | Receita | 84 |
| 8.11 | Custos | 85 |
| 8.11.1 | Extração | 85 |
| 8.11.2 | Royalty | 87 |

| | |
|---|----|
| 8.11.3 Encargos Fiscais | 87 |
| 8.11.4 Investimento Inicial | 87 |
| 8.11.5 Capital de Giro | 88 |
| 8.12 Fluxo de Caixa do Empreendimento | 89 |
| 8.13 Taxa Mínima de Atratividade | 89 |
| 8.14 Valor Atual do Empreendimento | 89 |
| 8.15 Análise do Fluxo de Caixa (VPL, TIR, PAYBACK)..... | 90 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO IX – POSSIBILIDADES DE USO E APLICAÇÃO PARA O FUCSITA QUARTZITO..... | 93 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO X – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 98 |
|---|----|

| | |
|----------------------------------|-----|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |
|----------------------------------|-----|

ANEXOS

ANEXO 01 – Análise química de amostras da fáceis 1 do fucsita quartzito de
Lajes - RN

ANEXO 02 – Cubagem da Jazida Através do Método das Seções
Homogêneas

ANEXO 03 – Tabela 8.9: Fluxo de Caixa do Empreendimento

ANEXO 04 – Mapa Geológico do quartzito Verde Esmeralda - RN

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – Introdução

Figura 1.1 – Mapa de Localização e Vias de Acesso

CAPÍTULO III – Geologia Regional

Figura 3.1 – Mapa da Faixa Seridó e Maciços Medianos

CAPÍTULO IV – Geologia Local

Figura 4.1 – Mapa da Ocorrência do Quartzito e suas Encaixantes

CAPÍTULO V – Características de Rochas com Fins Ornamentais

Figura 5.5.2 - Análise Comparativa: Quartzitos São Tomé-MG x Fcs Quartzito

CAPÍTULO VIII – Avaliação Econômica da Lavra

Figura 8.1.a – Seção Vertical N-S da Área de Ocorrência do Fucsita Quartzito

Figura 8.1.b – Seção Vertical L-W da Área de Ocorrência do Fucsita Quartzito

Figura 8.2 – Sólido Geométrico Representando a “Wireframe” do Fucsita Quartzito

Figura 8.3 – Modelamento do Corpo do Minério

Figura 8.4 – Modelo de Bloco em Planta

Figura 8.5 – Modelo de Bloco Tridimensional Mostrando as Litologias da Área

Figura 8.6 – Modelamento da Wireframes em 3D

Figura 8.7 – Representação Tridimensional da Área Pesquisada da Jazida

Figura 8.8 – Seções Geológicas Verticais Utilizadas na Definição das Reservas

CAPÍTULO IX – Possibilidades de Uso e Aplicação para o Fucsita Quartzito

Figura 9.1 - Pisos e Revestimentos

Figura 9.2 - Lajes e Lajotas em Tamanhos e Formas Diversas

Figura 9.3 - Joalheria e Decoração

LISTA DE FOTOS

CAPÍTULO IV – Geologia Local

Foto 4.1 - Afloramentos do Fucsita Quartzito Fácies 1 (Aflor. EB-06)

Foto 4.2 - Blocos do Fucsita Quartzito (Aflor.EB-03)

Foto 4.3 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Aflor.EB-07)

Foto 4.4 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Amostra EB-05)

Foto 4.5 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Amostra EB-03)

Foto 4.6 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Amostra EB-06)

Foto 4.7 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Amostra EB-07)

Foto 4.8 - Fucsita Quartzito Fácies 2 (Amostra EB-13)

Foto 4.9 - Fucsita Quartzito Fácies 2 (Aflor.EB-05)

Foto 4.10 - Fucsita Quartzito Fácies 2 (Aflor.EB-09)

Foto 4.11 - Fucsita Quartzito Fácies 1 (Aflor.EB-10)

Foto 4.12 - Fucsita Quartzito Fácies 2 (Aflor.EB-05)

Foto 4.13 - Fucsita Quartzito Fácies 2 (Aflor.EB-06)

Foto 4.14 - Transição da muscovita para a fucsita (Aflor.EB-11)

Foto 4.15 - Subida para a picada central do quartzito

Foto 4.16 - Muscovita Xisto (Aflor. ENC-16)

Foto 4.17 - Biotita xisto (Aflor.ENC-15)

Foto 4.18 - Biotita-muscovita xisto (Aflor.ENC-17)

Fotomicrografia 4.19 Fucsita Quartzito (Aflor.EB-05)

Fotomicrografia 4.20 Fucsita Quartzito (Aflor.EB-05)

Fotomicrografia 4.21 Fucsita Quartzito (Aflor.EB-06)

Fotomicrografia 4.22 Fucsita Quartzito (Aflor.EB-08)

Fotomicrografia 4.23 Fucsita Quartzito (Aflor.EB-08)

CAPÍTULO VI – Características Tecnológicas do Fucsita Quartzito (Fácies 1 e Fácies 2)

Foto 6.1.1 - Análises Petrográficas

Foto 6.1.1a – Amostra do Fucsita Quartzito Fácies homogênea

Fotomicrografia 6.1.1b - Fucsita Quartzito com lepidolita

Foto 6.1.1c - Fucsita Quartzito Fácies 2

Fotomicrografia 6.1.1d - Fucsita Quartzito Fácies 2

Foto 6.1.2 - Prensa hidráulica

Foto 6.1.5.a - Máquina de desgaste Amsler

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO V - Características de Rochas com Fins Ornamentais

Tabela 5.1 - Normas Técnicas para Caracterização de Rochas Ornamentais

Tabela 5.2 - Fases Iniciais do Planejamento de Rochas para Fins Ornamentais

Tabela 5.4.1 - (a e b) - Distribuição segundo o Catálogo de Rochas Ornamentais e Outros*

Tabela 5.4.3 - Resumo dos Ensaios

Tabela 5.6 - Mercado de Rochas Ornamentais (DNPM)

CAPÍTULO VI – Características Tecnológicas do Quartzito Verde

Tabela 6.1.2 - Resultados do Ensaio Compressão Simples (MPa)

Tabela 6.1.2a - Resultados dos Ensaios de Resistência à Compressão Simples

Tabela 6.1.3a - Resultados dos Ensaios de Resistência à Tração por Flexão

Tabela 6.1.4a - Resultados dos Índices Físicos

Tabela 6.1.5a - Resultado do Ensaio de Desgaste Amsler

Tabela 6.1.5b- Valores de Especificações ASTM e de Testes em Rochas Brasileiras

Tabela 6.1.5 c - Ensaio de Caracterização Tecnológica – Uso e Fase de Aplicação

CAPÍTULO VIII – Avaliação Econômica da Lavra

Tabela 8.1 – Resultados do Cálculo de Volume para o Modelo Representativo do Recurso Mineral Total da Área Pesquisada

Tabela 8.2 – Resultados do Cálculo de Volume para o Modelo Representativo da Reserva Indicada da Área Pesquisada

Tabela 8.3 – Estimativa de Receita

Tabela 8.4 – Estimativa de Custo Anual de Insumos Diretos

Tabela 8.5 – Folha de Pagamento do Pessoal Direto

Tabela 8.6 – Estimativa de Custos Indiretos e Administrativos da Mina

Tabela 8.7 – Impostos e Tributação

Tabela 8.8 – Estimativas de Investimento Inicial em Infra-Estrutura da Mina

Tabela 8.9 – Fluxo de Caixa de Operação

ANEXOS

CAPÍTULO IV – Geologia Local

Mapa Geológico da Ocorrência do Quartzito Verde Esmeralda e suas Encaixantes

ANEXOS

CAPÍTULO VII - Análises Químicas

7.1 (a, b e c) - Óxidos e 30 elementos

ANEXOS

CAPÍTULO VIII - Cubagem da Jazida Através do Método das Seções Homogêneas

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo a caracterização faciológica, petrográfica e tecnológica de uma ocorrência de quartzito verde em Lajes-RN, para determinação de sua viabilidade como rocha ornamental.

Para tanto, foi realizado mapeamento na escala 1: 2.000 com intuito de limitar os contatos do quartzito e suas fácies, aliado à sua caracterização petrográfica e outros ensaios tecnológicos. A análise petrográfica é de fundamental importância, pois fornece informações sobre a composição mineralógica, percentual dos minerais constituintes e revela a possível presença de minerais suscetíveis à alteração, os quais comprometem a estética e a durabilidade da rocha.

As características tecnológicas indicam qual a melhor aplicação que se pode destinar a rocha, se como revestimento horizontal e vertical, ou como revestimento de exteriores e de interiores, bem como a possibilidade de utilização como produtos artesanais e de joalheria.

1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área em estudo está localizada na Fazenda Palestina, situada 17 Km a leste da cidade de Lajes – RN, nas proximidades da BR-304, que liga Natal a Mossoró. Saindo-se da BR-304 segue-se por uma estrada carroçável para sul, perfazendo-se um trajeto de 1 Km até o sopé da colina do quartzito. O município de Lajes tem uma altitude média de 199 m e coordenadas $05^{\circ}42'00,0''$ de latitude sul e $36^{\circ}14'00,0''$ de longitude oeste, distando da capital cerca de 132 km.

Figura 1.1 MAPA DE LOCALIZAÇÃO



● = Área estudada

1.3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

O clima local é do tipo BSh, semi-árido com estação seca bem definida (julho a dezembro) e chuvas de inverno nos meses de janeiro a junho. A precipitação média anual é da ordem de 500mm, a temperatura média anual de 28°C, índice de aridez de 12,7 e umidade relativa média anual de 70%.

A vegetação é constituída de plantas xerófitas e mesófitas, do tipo Caatinga ou Cerrado destacando-se o facheiro, o mandacaru e a macambira entremeados de gramíneas e arbustos do tipo marmeleiros, juremas, mofunbos, angicos, juazeiros e algarobas.

O sistema hidrográfico exhibe um padrão dendrítico, constituído por tributários da bacia do Rio Quiquimproá, de cursos retilíneos, intercalados por setores sinuosos, adaptados à falhas e fraturas. Na área estudada destacam-se os riachos Amarante, Vaca Morta e da Barragem (RADAMBRASIL, 1983).

O relevo é representado por uma superfície peneplanizada, de altitudes entre 200 a 400 metros, na qual se destacam as serras de São Francisco, do Feiticeiro, da Ubaia e dos Defuntos.

Os solos predominantes são litólicos eutróficos de textura arenosa, fase pedregosa e rochosa, apropriados apenas para cultivo de algodão arbóreo, feijão, milho e pastagem em pequenas áreas. O município destaca-se pela criação de caprinos e ovinos.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DOS TRABALHOS

CAPÍTULO II - METODOLOGIA DOS TRABALHOS

A metodologia empregada nesta dissertação, inclui o mapeamento geológico da área de ocorrência do fucsita-quartzito, abrangendo estudos e revisão bibliográfica da geologia da área. Resulta deste trabalho inicial a confecção do mapa geológico na escala de 1:2.000 do litossoma considerado, com apoio da fotointerpretação na escala 1:40.000, estudos petrográficos, e análise de laboratório.

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica foram reavaliados os trabalhos e levantamentos geológicos precedentemente realizados na área de estudo.

2.2. MAPEAMENTO

Foi utilizada como base cartográfica o mapa planialtimétrico da SUDENE (Folha Pedro Avelino, SB.24-X-D-VI), em escala 1:100.000. Durante três etapas de campo, perfazendo um tempo total de 15 dias, foram determinadas extensão e largura da ocorrência, como também a identificação das encaixantes, e coleta de amostras para os ensaios tecnológicos, petrografia e análises químicas.

O reconhecimento do fucsita quartzito, com suas variações faciológicas, foi realizado, originalmente, na escala 1:10.000.

2.3. AMOSTRAGEM

Como a área de interesse (o quartzito) possui 175 m de extensão, optamos por coletar amostras a cada 30m, tomando como base uma picada central que acompanhou o comprimento deste corpo, com transversais até seu contato com as encaixantes. Sendo assim foram coletadas 14 amostras no fucsita quartzito, e 8 amostras nas encaixantes desta litologia.

2.4. PETROGRAFIA

Foram confeccionadas nove seções delgadas, cinco delas interessando o fucsita quartzito e quatro outras a partir das rochas encaixantes. O estudo petrográfico do fucsita quartzito teve como objetivo identificar suas frações minerais e composição rocha total, visando também determinar e visualizar a distribuição dos minerais que determinam sua estética e adequação para utilização como rocha ornamental.

A caracterização petrográfica possibilita o conhecimento e justificação do comportamento tecnológico de cada tipo de rocha, bem como a detecção de algum fator comprometedor para sua qualidade, tais como: como defeitos microestruturais, alteração nos minerais ou minerais susceptíveis à alteração. Segundo Bettencourt (1999) e Frascá (2001), a caracterização petrográfica também fornece a natureza, mineralogia e classificação da rocha, com ênfase às feições que possam ocasionar futuras imperfeições no material e comprometimentos para sua resistência mecânica, fatores limitantes para seu uso e também limitadores de sua beleza estética.

A textura é um fator determinante na previsão do desempenho e durabilidade das rochas. Nesta característica são analisadas a forma dos minerais, sua granulometria e o modo como estão interligados. Segundo Vidal (2005), diferenças na composição, no grau de entrelaçamento ou imbricação dos minerais, podem ser diretamente responsáveis pela resistência físico-mecânica da rocha. Diferenças na textura das rochas podem responder por variações no grau potencial de alteração destes produtos como resposta ao ataque de líquidos agressivos, sendo os cristais menores mais susceptíveis de alteração.

Zonas xistificadas ou fraturadas podem determinar perdas na lavra e menor dimensão dos blocos lavráveis, bem como ocasionar problemas de resistência físico-mecânica em chapas. Concentrações de minerais máficos (sobretudo biotita grosseira) e sulfetos geram problemas de lustro nas chapas e alterabilidade mais acentuada nos produtos aplicados (Chiodi Filho, 1994 e 1995). Usualmente, a presença de nódulos, enclaves, pequenos diques, veios, principalmente em rochas homogêneas (isotrópicas), geram problemas de padrão estético e perdas no esquadrejamento das chapas. Nos afloramentos de corpos de aparência isotrópica

se deve mapear diques e inclusões, para permitir um processo de lavra mais seletivo, orientado e dimensionado de acordo com estas feições (Carmona, 2002)

2.5. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Foram coletados dois bloquetes 30 cm x 30 cm do quartzito (Fácies 1 – homogênea e Fácies 2 - com vênulos de quartzo leitoso). Em seguida foram realizados, no Laboratório de Rochas Ornamentais da UFPE os ensaios de:

- Ensaios de Resistência à Compressão Simples
- Resistência à Tração por Flexão
- Índices Físicos e Desgaste por Abrasão Amsler

2.6. PREPARAÇÃO DO PÓ DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE QUÍMICA.

Foram separadas seis amostras para moagem e pulverização no Laboratório de Preparação de Amostras da UFPE. Inicialmente as amostras foram britadas no britador (moinho de mandíbulas) marca EOD fabricado por Primelétrica Ltda, obtendo-se fragmentos com diâmetro de $\frac{1}{2}$ polegada aproximadamente. Em seguida, a pulverização foi realizada em moinho de disco marca *Retsch* (*Shatter Box*), até a granulometria de 200 *mesh*.

A partir do material pulverizado, foram escolhidas três amostras para análise química, no *ACME Analytical Laboratories* Canadá. Estas análises incluíram os óxidos fundamentais, perda ao fogo e 30 elementos-traço.

CAPÍTULO 3: GEOLOGIA REGIONAL

CAPÍTULO III - GEOLOGIA REGIONAL

3.1 INTRODUÇÃO

A área estudada está situada na Província Borborema, Faixa Seridó, abrangendo os metassedimentos basal da Seqüência Supracrustal (Fig.3.1) correspondentes à Formação Jucurutu.

Segundo Trindade (2000), a Faixa Seridó está localizada na porção NE da Província Borborema, limitando-se a sul com o Lineamento Patos, a oeste com a Zona de Cisalhamento, e a norte e leste com os depósitos Cretáceos e mais recentes da Bacia Potiguar (Jardim de Sá, 1994). Segundo Trindade (2000), o embasamento da Faixa Seridó na porção oeste, é constituído por uma seqüência metavulcanossedimentar cortada por rochas ortoderivadas e migmatitos, denominada de Complexo Caicó (Jardim de Sá, 1994 e 1995). Brito Neves (1975) reuniu estas unidades e as denominou de Maciço Rio Piranhas. Na porção a leste da Faixa Seridó, afloram rochas gnáissicas e migmatíticas do Maciço Caldas Brandão ou Maciço São José de Campestre (Brito Neves 1975 e 1983), cuja cobertura compreende uma seqüência de rochas supracrustais denominadas de Grupo Seridó as quais foram posteriormente divididas por Jardim de Sá e Salim (1980) em três unidades: Formação Jucurutu (basal), Formação Equador (intermediária) e Formação Seridó (topo).

Com relação à evolução tectono-metamórfica regional foram identificadas três fases de deformação denominadas D1, D2 e D3 por Jardim de Sá (1994). Sendo a evolução tectônica da região muito complexa há uma divergência de opinião de alguns autores. Existe um questionamento se a mesma não estaria ligada a um evento orogênico (policíclico) ou a uma evolução simples, com um único evento orogênico (monocíclico). Segundo Jardim de Sá (1980), a tectônica da área também é bastante complexa não somente na determinação das várias feições estruturais, mas também na impressão de suas formas as mais variadas nas diferentes litologias. Quartzitos e mármore formam feições geométricas bem distintas daquelas encontradas nos micaxistos, podendo entretanto, ter a mesma conotação genética.

Jardim de Sá (1994) cita essas rochas com idades Paleoproterozóicas (ca. 1.9 Ga) correlata ao Ciclo Transamazônico, já segundo Van Schumus et al (1996) a idade das mesmas seria Meso a Neoproterozóica (ca. 0,6-0,8 Ga). No caso da fase D3 existe um consenso entre os autores, correlacionando-a ao Ciclo Brasileiro ocorrido no Neoproterozóico (Trindade, 2000).

Segundo Trindade, (op. cit.) e Van Schumus et al (1995), a idade da Formação Jucurutu é de 1.6 a 1.5 Ga, pelo método Sm-Nd (modelo Tdm).

3.2 – ESTRATIGRAFIA

A primeira coluna estratigráfica de Pré-Cambriano da Região Seridó foi proposta por Crandall (1910) que reconheceu um Complexo Fundamental como embasamento, e a Série Ceará como supracrustal. A figura 3.1 mostra o Mapa da Faixa Seridó e Maciços Medianos, de Cavalcanti Neto e Barbosa (2007).

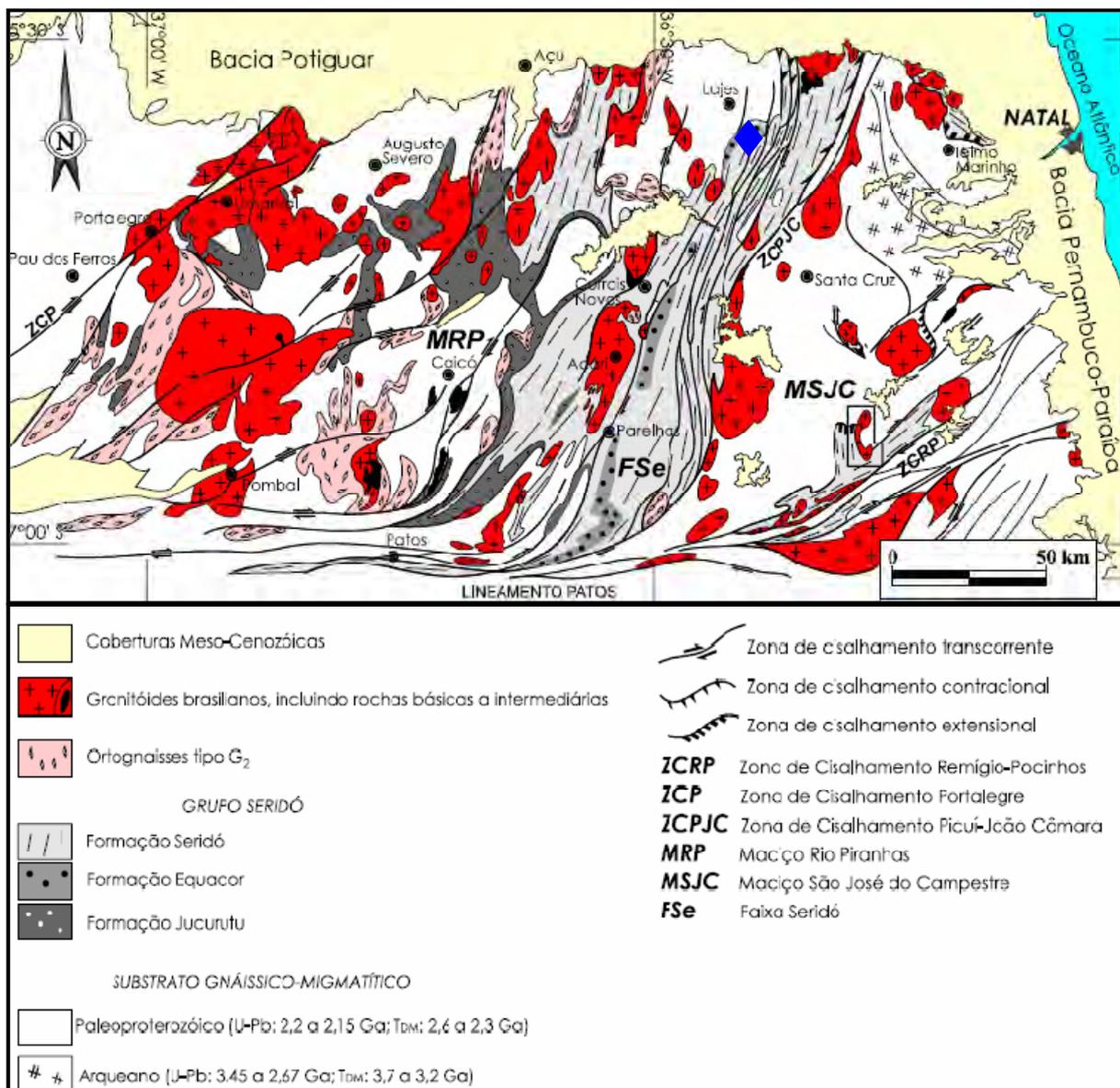


Figura 3.1 Mapa da Faixa Seridó e Maciços Medianos. (CAVALCANTI NETO e BARBOSA, 2007), adaptado de Jardim de Sá et al. (1995) e Dantas (1997). = Área estudada

3.2.1 COMPLEXO CAICÓ

Segundo Brito Neves (op. cit.), este Complexo é sub dividido em Complexo Gnáissico-Migmatítico, constituído por gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos, rochas graníticas e afins, gabros, intercalações de calcário, anfibólios e leptinitos. As outras litologias são representadas pelo Complexo Migmatítico-Granitóide, contendo migmatitos oftalmíticos e flebíticos com núcleos graníticos indiferenciados.

3.2.2 Supracrustais

Segundo Trindade, (op, cit.), essas rochas são metavulcanosedimentares intrudidas por granitóides. Seus contatos com o embasamento se fazem, na maior parte dos casos, através de zonas miloníticas transcorrentes ou tangenciais.

O Grupo Seridó, segundo Jardim de Sá e Salim (op cit.), é formado por três unidades: A basal, denominada de Formação Jucurutu, é constituída de paragnaisses quartzo-feldspáticos com pouca biotita, muscovita e epidoto. Em outros setores é constituída de litotipos alternantes em escala métrica a decamétrica, incluindo anfibolitos, mármore, quartzitos, micaxistos, calcissilicáticas e formações ferríferas que ocorrem intercalados com biotita gnaisses e gnaisses quartzo-feldspáticos. O corpo de fuchsite quartzito, objeto dos estudos aqui apresentados, é correlacionada à Formação Jucurutu. A unidade intermediária, denominada de Formação Equador, apresenta como principal litotipo os muscovita-quartzitos, com variações faciológicas para muscovita quartzo-xistos. Em alguns pontos ocorrem horizontes de quartzitos feldspáticos com bastante muscovita, quartzitos ferríferos, paragnaisses e intercalações de metaconglomerados, estes últimos mono a polimíticos. No topo encontra-se a Formação Seridó que é composta por micaxistos diversos, observando-se localmente níveis enriquecidos em aluminossilicatos com andaluzita, sillimanita e menos frequentemente cianita. Não é raro encontrar cordierita e também estauroлита associados aos aluminossilicatos. Ainda segundo Jardim de Sá e Salim (1980), os micaxistos da Formação Seridó também exibem intercalações subordinadas e localizadas de quartzitos, mármore, metavulcânicas, rochas calcissilicáticas e metaconglomerados.

3.3 FOLIAÇÃO MILONÍTICA

Segundo Jardim de Sá e Legrand (1980), a feição estrutural mais antiga é representada pela seqüência expressa por milonitos gnaisses que ocorrem na unidade inferior Jucurutu, tanto no lado oeste como a leste da Serra do Feiticeiro (feição geomorfológica nas proximidades da área estudada). Essas rochas, de composição quartzo-feldspática, apresentam tonalidade clara, estreita associação com calcissilicáticas e migmatitos na região da Mina do Feiticeiro, e com biotita gnaisses nas proximidades da Fazenda Itapoá. A foliação milonítica aparece geralmente horizontalizada. Na unidade intermediária (Formação Equador), também são observados registros desta fase milonítica.

3.4 – FASES DE DEFORMAÇÃO D1, D2 E D3.

Segundo Jardim de Sá e Legrand (1980), os metassedimentos da área mostram a fase de deformação D1 em formas distintas. O seu estilo é de dobras recumbentes apertadas a isoclinais, com plano axial em atitudes variadas devido à superposição da fase D2 que modificou a sua situação espacial. Aparecem adicionalmente a essas dobras, estruturas correlatas como *boudinage* de leitos competentes em matriz mais dúctil, rompimento de flancos em dobras intrafoliais ao longo da foliação de plano axial desenvolvida e ainda deformação de “rods” e “mullions”. Esta foliação de plano axial associada é marcada pelo desenvolvimento de micas, e localmente segregação de quartzo (em escala mesoscópica). Fica difícil diferenciar S0 de S1 em flancos de dobras, pelo próprio estilo de dobramentos, pois as mesmas podem estar sub paralelas.

Ainda segundo Jardim de Sá e Legrand (1980), além dos milonitos dobrados nesta fase, são descritos mármore e quartzitos mostrando o Comportamento de S0 x S1 em regiões de charneiras, através da interseção composicionalmente distintas de finos leitos com planos axiais definidos por minerais neles recristalizados. Já a fase deformativa D2 é representada por microdobras simétricas ou não, onde F2 dobra a fase anterior. De acordo com a unidade litológica onde ela se desenvolve observa-se ora uma crenulação em pacotes micáceos, ora ondulações em alternâncias mais competentes. Seus elementos lineares são coaxiais à direção anterior (NNE), com caimento ora para sul ora para norte. A última fase metamórfica

associada à deformação D3 é de características retrometamórficas na condição da fácies xisto-verde.

A superposição de microestruturas geradas em estado sólido e àquelas desenvolvidas durante a deformação regional, são indicativas de um tempo curto entre a história ígnea (diapirismo) e metamórfica (tectonismo) das rochas, caracterizando uma história tectono-magmática transamazônica progressiva (Hackspacher & Dantas, 1992).

3.5 - ROCHAS ORNAMENTAIS ASSOCIADAS

Além do quartzito verde, ocorrem outros tipos de quartzitos próximos à área que podem ser utilizados para fins ornamentais. Eles ocorrem em diversos níveis estratigráficos. São rochas de granulação fina a média, homogêneas, compactas e foliadas ou bandadas, que apresentam beleza estética para aplicação comercial. As composições mineralógicas envolvem apenas quartzo, ou também associações com feldspatos e micas (Carvalho, 1990).

Mesoscópicamente e microscópicamente os quartzitos são subdivididos em dois grupos: (i) Muscovita quartzito e (ii) Quartzitos com aluminossilicatos.

O muscovita quartzito varia de maciço a foliado, branco a creme e até amarelado quando intemperizado (quartzito ouro velho – já está sendo usado para a produção de ladrilhos). As variedades petrográficas destas rochas compreendem muscovita-biotita quartzito, muscovita quartzito feldspático, quartzito feldspático e ortoquartzito.

Os quartzitos com aluminossilicatos ocorrem como um pequeno corpo cisalhado, incluso em sienogranitos.

A área também apresenta pegmatitos com dimensões variadas, são geralmente tabulares, constituídos essencialmente de quartzo, feldspato, muscovita e biotita. Variam desde tipos homogêneos até os poucos diferenciados. Existe uma boa aceitação desses pegmatitos no mercado de rochas ornamentais pelo aspecto movimentado e brilho diferenciado dessas rochas.

CAPÍTULO 4: GEOLOGIA LOCAL

CAPÍTULO IV - GEOLOGIA LOCAL

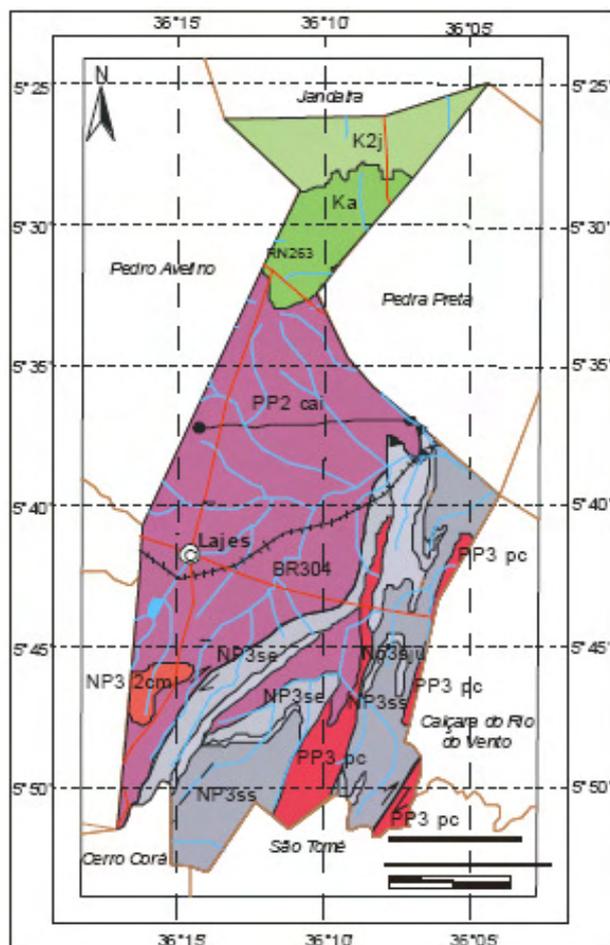
4.1 INTRODUÇÃO E LITOLOGIA

A área estudada está localizada na Folha Pedro Avelino (SB.24-X-D-VI) escala 1:100.000 e pertence à Formação Jucurutu, base do Grupo Seridó inserida na Província Borborema, Domínio das Supracrustais. Essa Formação é composta por biotita gnaisses, biotita xistos, mármore, quartzitos, calciossilicáticas, formações ferríferas e metavulcânicas máficas e félsicas, segundo Jardim de Sá (1984).

A área situa-se a sudeste da cidade de Lajes – RN (Figura 4.1). No mapeamento realizado na área de estudo, observou-se que o quartzito verde apresenta variações faciológicas, ocorrendo uma fácies 1 homogênea, contendo em geral 90% de quartzo e 10% de fucsita como minerais essenciais e como acessórios, turmalina, muscovita e rutilo. A textura é granoblástica. (Foto 4.1 e 4.2). A fácies 2 caracteriza-se pela presença de vênulos de quartzo leitoso e apresenta cor de oxidação avermelhada, provavelmente originada pela presença de rutilo em sua composição. Com relação à litologia das encaixantes, observou-se que compreendem biotita-muscovita xisto dobrado, com presença de dobras intrafoliais, quartzito-biotita xisto e muscovita-xisto.

Ainda no contexto geológico da área observou-se a presença de um dique pegmatítico que corta a estruturação regional, N45E. Este pegmatito ocorre transversal ao fucsita quartzito e apresenta apenas alguns pontos aflorantes em sua extremidade. Verifica-se ainda a presença de anfibolito, essas rochas, porém, não ocorrem em contato direto com o fucsita quartzito. O aspecto geral do fucsita quartzito é homogêneo e maciço, apresentando porém, fraturas com espaçamento variando entre 60cm a 80cm, limitando a possibilidade de extração apenas como bloquetes para talha-blocos e não de blocos para aparelhamento em teares convencionais multilâminas. (Mapa geológico do quartzito verde-esmeralda em anexo).

Figura 4.1 - Geologia local da região de Lajes -RN



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Mesozóico

- K2j** Formação Jandaíra: calcário, calcário bioclástico e vaporito (planície de maré e plataforma rasa carbonática)
- Ka** Formação Açu (aj): arenito, folhelho e argilito (leque aluvial, fluvial e costeiro)

Neoproterozóico

- NP3 2cm** Suíte calcialcalina de médio a alto potássio Itaporanga (cm): granito e granodiorito porfirítico associado a diorito (588 Ma U-Pb)
- NP3se** Formação Equador (se): quartzito e metaconglomerado
- NP3ju** Formação Juurutu (ju): gnaíse, mármore e rocha calcissilicática
- NP3ss** Formação Seridó (ss): biotita-xisto, metarritmito, clorita-seridó xisto (640 Ma U-Pb)

Paleoproterozóico

- PP3 pc** Suíte Poço da Cruz: augengnaíse granítico, leucocrtonaíse, quartzo monzonítico a granito (1900 Ma U-Pb)
- PP2 cai** Complexo Cabó (cai): ortognaíse diátrico a granítico com restos de supra-crustais (2300 Ma U-Pb)

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato geológico
- ↗↘ Falha ou Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- ↖↙ Falha ou Zona de Cisalhamento Contradirecional
- - - Lineamentos estruturais (Traços de Superfícies)
- Dique

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- ⊙ Sede Municipal
- Rodovias
- +++ Linha férrea
- Limites intermunicipais
- Rios e riachos
- ▲ Açude/barragem

Fonte: CPRM (2005)



Foto 4.1:
Afloramento do
Fucsite Quartzito
Fácies 1
(Aflor. EB-06)

Este afloramento EB-06 apresenta localmente maior concentração de fucsita, contendo lamelas de tamanhos bem maiores que em outros afloramentos. (Ver fotografia 4.6 na página 16 da amostra do mesmo afloramento)



Foto 4.2
Blocos do Fucsite
Quartzito Fácies-1
(Aflor. EB-03)

Afloramento contendo blocos do Fucsite Quartzito em uma extração de forma artesanal.

**Foto 4.3****Fucsite Quartzito****Fácies-1****(Aflor. EB-07)**

Afloramento do Fucsite Quartzito mostrando poucos fraturamentos, onde estes apresentam intervalos entre 60cm e 80cm.

**Foto 4.4****Amostra:EB-05****Fucsite Quartzito****Fácies 1**

Rocha de cor verde intenso, apresentando matriz contendo quartzo xenomórfico leitoso e disseminações de rutilo alterado, com feição homogênea e pontos de alteração.

**Foto 4.5****Amostra: EB-03****Fucsita Quartzito****Fácies1**

Este afloramento EB-03 está situado na subida da pequena serra do fucsita quartzito, sendo o local onde existia uma extração artesanal que foi interrompida com o início da pesquisa. Apresenta grandes lamelas de fucsita e uma alteração disseminada.

**Foto 4.6****Amostra: EB-06****Fucsita Quartzito****Fácies1**

Os afloramentos EB-06 e EB-07 ficam bem próximos constituindo um bom setor para retirada de bloquetes. Ponto que apresenta maior concentração de fucsita destacando-se também a sua homogeneidade.

**Foto 4.7**

Amostra: EB-07
Fucsita Quartzito
Fácies1

Rocha de cor verde intenso caracterizada pelo elevado teor de fucsita com tamanhos diferenciados dos outros afloramentos. Este aspecto da fucsita é pontual.

**Foto 4.8**

Amostra: EB-13
Fucsita Quartzito
Fácies-2

Este afloramento fica próximo à zona de contato do fucsita quartzito com o biotita-muscovita xisto encaixante, apresentando faixas mais puras em fucsita e faixas com mais quartzzo leitoso, tratando-se de uma fácies não representativa da área. O bandamento observado na foto gera um plano de fraqueza na rocha, podendo haver deslocamento, comum nos quartzitos e também, aumentar a absorção d' água.

**Foto 4.9****Fucsita Quartzito****Fácies-2****(Aflor. EB-05)**

Rocha de cor verde, apresentando manchas avermelhadas ao longo do plano de foliação, caracterizada pela presença de minerais micáceos e a presença do rutilo, mostrando o aspecto movimentado da rocha. Este afloramento EB-05 apresenta uma feição localizada de oxidação e acentuada disseminação do rutilo, pouco visto em outros afloramentos.

**Foto 4.10****Fucsita Quartzito****Fácies-2****(Aflor. EB-09)**

Afloramento evidenciando localmente representação de sinforme. Rocha bandada apresentando faixas com mais quartzo e faixas com mais fucsita, mostrando dobramento e algumas fraturas segundo a foliação.



Foto 4.11

Fucsita quartzito

Fácies-1

(Aflor. EB-10)

Este afloramento localiza-se na porção final NE da ocorrência do fucsita quartzito, próximo do riacho que corta a estrutura.



Foto 4.12

Fucsita Quartzito

Fácies-2

(Aflor.EB-05)

Nesta foto o fucsita quartzito apresenta-se bastante dobrado, onde se observa 2 fases de deformação (D1 e D2) que ocorrem na área, sendo este fato visto em poucos afloramentos.



Foto 4.13
Fucsita Quartzito
Fácies 2
(Aflor.próximo
ao EB-06)

Quartzito verde fácies 2 apresentando-se dobrado e com estrutura bandada foliada bem definida.



Foto 4.14
Transição da
muscovita para a
fucsita.
(Aflor. EB-11)

Neste afloramento é observada uma gradação muito clara da muscovita para a fucsita, onde pouco adiante, encontramos o fucsita quartzito, esta transição é pontual (EB-12).



Foto 4.15

Subida para a picada central do quartzito.

Nesta subida SW do serrote, observam-se blocos do fucsita quartzito, soltos ou “in situ”. No topo encontram-se os afloramentos: EB-01, EB-02 e EB-03.



Foto 4.16

**Muscovita xisto
(Aflor. ENC-16)**

Este afloramento corresponde a uma das encaixantes do fucsita quartzito e está situado na picada central, tendo o fucsita quartzito lateralmente. Rocha bastante alterada e dobrada.

**Foto 4.17****Biotita xisto
(Aflor. ENC-15)**

Afloramento do biotita xisto, encaixante do fucsita quartzito, situado próximo à picada central. A rocha encontra-se bastante dobrada.

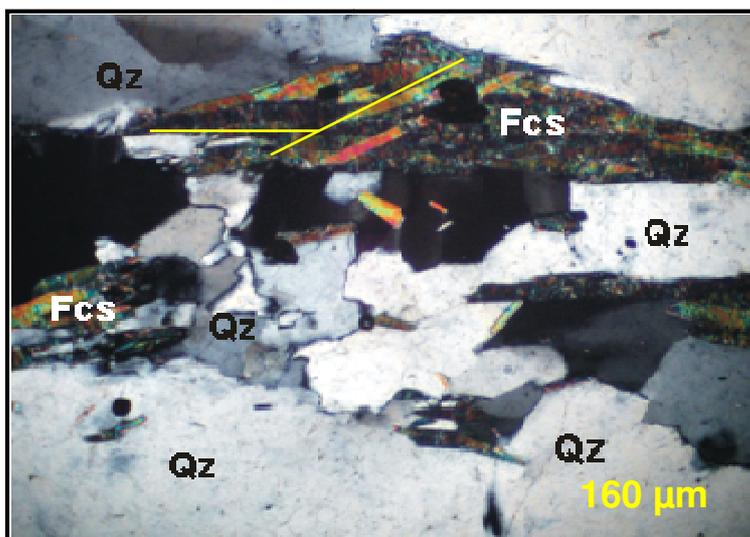
**Foto 4.18****Biotita-muscovita
xisto
(Aflor. ENC-17)**

Biotita-muscovita xisto bastante dobrado, situado na subida da serra para o fucsita quartzito.

4.2 ESTUDO PETROGRÁFICO

As rochas encaixantes do fucsita quartzito na área estudada, como já visto, compreendem principalmente biotita-muscovita xistos, os quais apresentam em lâminas delgadas pequenas variações de textura, com dominância lepidoblástica e muitas vezes evidências de esforços tectônicos.

Os quartzitos da área de estudo, apresentam variação no percentual dos seus minerais constituintes, sendo sua composição mineralógica bem representada nas lâminas delgadas. Como o fucsita quartzito é o objeto principal de estudo, são representadas a seguir fotomicrografias de lâminas desta rocha.



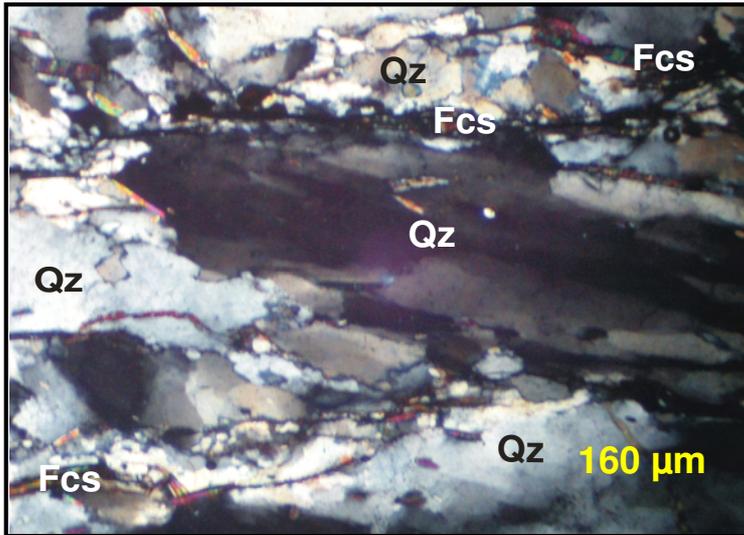
Fotomicrografia 4.19

Fucsita Quartzito

(Aflor.EB-05)

Constituída de: 90% de quartzo, 10% de fucsita.

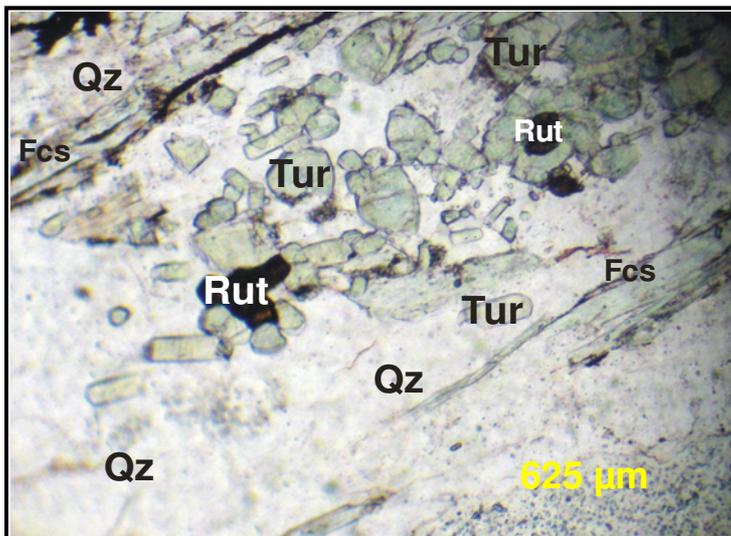
O quartzo encontra-se deformado e com extinção ondulante. Observam-se dois planos de foliação na fucsita (S1 e S2) gerados nas fases de deformações que afetaram esta área.



Fotomicrografia 4.20
Fucsita Quartzito
(Aflor. EB-05)

Constituída de:
 95% de quartzo
 5% de fucsita

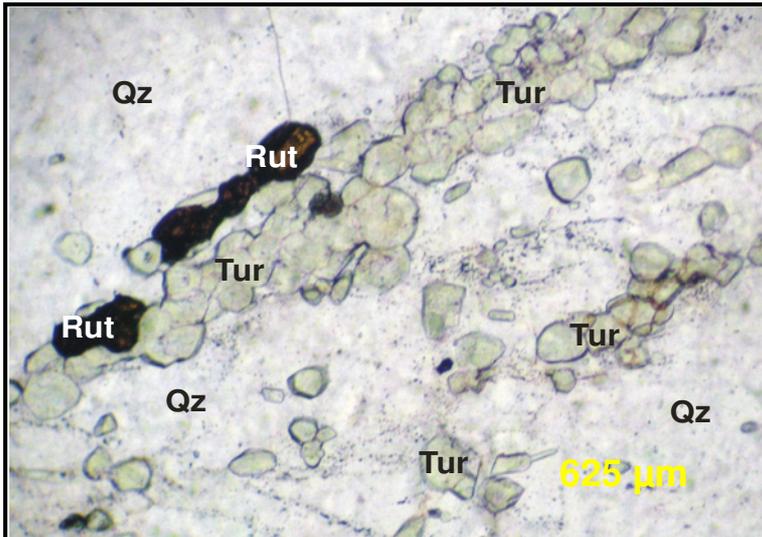
Apresenta textura granoblástica, mostrando bandas contendo grãos de quartzo com diferentes intensidades de recristalizações, em contato com a fucsita.



Fotomicrografia 4.21
Fucsita Quartzito
(Aflor. EB-06)

85% de quartzo
 15% de fucsita
 Rutilo e turmalina como
 acessórios.

Apresenta textura lepidoblástica, contendo rutilo com geminação em joelho. A deformação presente no quartzo é dúctil e quando encontra com a fucsita, essa deformação se concentra na mica, a qual ocorre em palhetas de até 2,0mm. A turmalina e o rutilo ocorrem isolados e às vezes alongados na direção da fucsita.



Fotomicrografia 4.22

Fucsite Quartzito

(Aflor. EB-08)

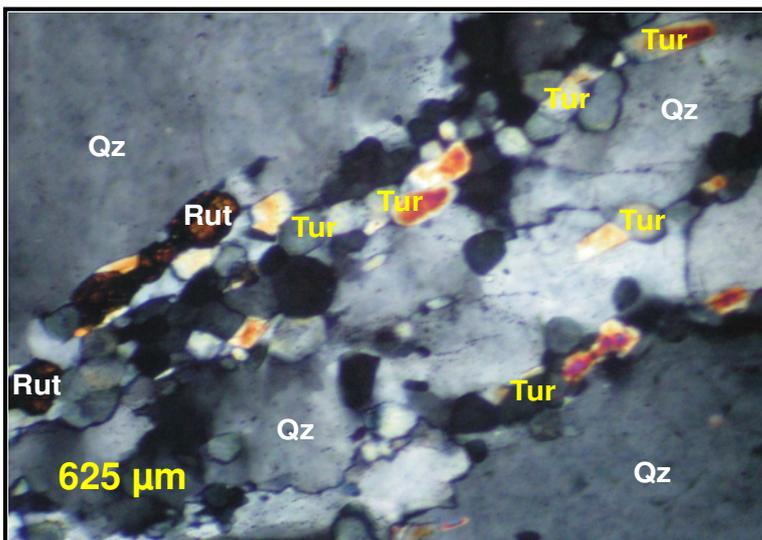
90% de quartzo

10% de fucsite

Turmalina e rutilo

como acessórios

Apresenta granulação média, textura granoblástica, com muitos sub grãos, constituída por cordões de turmalinas verdes no limite entre os grãos de quartzo.



Fotomicrografia 4.23

Fucsite Quartzito

(Aflor. EB-08)

Com nicóis cruzados.

Destaque para o
cordão de turmalinas.

A rocha não apresenta nenhuma transformação mineralógica evidente. A deformação é caracterizada pela orientação proeminente em uma direção e em alguns casos em duas direções das palhetas da fucsite e também de alongamento dos cristais de turmalina e do rutilo.

4.3 ENCAIXANTES

- Biotita-muscovita xisto – Com granulação grossa. Esta rocha ocorre como intercalações no fucsite quartzito. Apresenta-se dobrado mostrando em alguns

pontos dobras intrafoliares. Em outros pontos é composto por muito feldspato e quartzo.

- Muscovita-xisto – Encontra-se muito dobrado e ocorre apenas na picada central do fucsita quartzito.

- Quartzo-biotita xisto – Esta rocha aflora na subida para a picada central, na altura dos afloramentos EB-8 e EB-9. Com granulação grossa, contendo muito quartzo e feldspato.

4.4 CONDIÇÕES DE INFRA-ESTRUTURA

A área da pesquisa fica próxima à sede da Fazenda Palestina situada à margem esquerda da BR-304 na altura do Km 206, sentido Natal-Lajes. A ocorrência situa-se mais ao sul, a 5 km da sede da Fazenda por estrada carroçável recém-construída e em bom estado de conservação, que dá acesso também à mina Bonfim.

A propriedade de 758,00 há está localizada em posição privilegiada em relação à infra-estrutura regional, o que poderá influir na implantação de qualquer projeto de lavra de minério tais como facilidade de transporte e de abastecimento de combustíveis, materiais de construção, bem como proximidade com as principais cidades da região e com hotéis, escolas, comércio, serviços médicos, lazer e mão de obra treinada em diversos tipos e níveis de conhecimentos como mineração, construção civil, mecânica e elétrica. É servida por energia elétrica da COSERN e pela água do Sistema Adutor Lajes/Cabugi

Como apoio aos trabalhos de pesquisa mineral, testes de beneficiamento e da futura frente de lavra de minério, foram construídas duas casas para trabalhadores, uma estrada carroçável com 4 km de extensão, um almoxarifado, perfurados dois poços tubulares, um tanque de alvenaria para armazenamento de água e 2 km de canalizações ligando um dos poços ao jazimento mineral. Também está em fase de implantação do projeto de extensão da energia elétrica trifásica por 4 km, partindo da sede da Fazenda.

CAPÍTULO 5: CARACTERÍSTICAS DE ROCHAS COM FINS ORNAMENTAIS

CAPÍTULO V - CARACTERÍSTICAS DE ROCHAS COM FINS ORNAMENTAIS

5.1 CONSIDERAÇÕES

Desde tempos antigos o Homem vem fazendo uso dos recursos minerais, dentre estes a utilização de pedra natural e, em particular, das rochas ornamentais, que se destacaram como de fundamental importância. Estas rochas correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos ou chapas, podendo ser cortados sob diversas formas e beneficiados através de esquadreamento, polimento e lustre. O aumento de sua utilização ocorreu em diversos segmentos como arquitetura, construção civil, revestimentos de elementos urbanos, assim como em arte funerária. Para melhorar seu aproveitamento tornou-se necessário desenvolver tecnologias adequadas que ressaltassem as suas características e que, com base nelas, se pudessem indicar as utilizações mais adequadas. Essas tecnologias, para melhor caracterização e avaliação das rochas ornamentais foram estabelecidas e normalizadas pela entidade brasileira (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas) e por entidades internacionais (ASTM – *American Society for Testing and Materials*, AFNOR – *Association Française de Normalization*, DIN – *Deutsch Institut fir Normung*). Os ensaios tecnológicos procuram representar as diversas solicitações as quais a rocha estará submetida durante todo o processo industrial e na sua aplicação final.

Além disso, pode-se afirmar que as feições texturais, composicionais e mineralógicas serão sempre determinantes das condições de resistência, de tonalidade e no grau de alterabilidade destas rochas. A existência de bandamentos composicionais e a atuação de processos deformacionais, relacionados com diversos eventos tectônicos, poderão modificar significativamente as texturas destas rochas, propiciando o desenvolvimento de estruturas planares ou de foliações, as quais poderão comprometer um maior aproveitamento ou uma ampliação das possibilidades de aplicação desses litotipos com potencial para o setor de rochas ornamentais e de revestimento (Costa, 2005).

Sobretudo com relação aos parâmetros de qualidade, quanto menor for a presença e os teores de minerais alterados ou alteráveis (friáveis ou solúveis), tanto menores serão os índices de absorção d'água, porosidade, desgaste Amsler e o coeficiente de dilatação térmica e melhor será a qualidade da rocha ou o seu desempenho. Também será melhor esta qualidade, quanto maior for a resistência à

compressão uniaxial, o módulo de elasticidade, a resistência à flexão (módulo de ruptura) e a resistência ao congelamento (Vidal, 2002). Essas caracterizações, baseadas nas propriedades físico-mecânicas das rochas, junto com a caracterização mineralógica, são de fundamental importância para uma indicação mais adequada da aplicabilidade da matéria-prima analisada, recomendando-se o tipo de ambiente (se interno ou externo), variedade de corte, sempre com ênfase na maior durabilidade e beleza estética do produto. A Tabela 5.1 relaciona as normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas a normatização desses ensaios.

TABELA 5.1 – Normas Técnicas para Caracterização de Rochas Ornamentais

| Ensaio | NORMA ABNT | NORMA ASTM |
|--|-------------------|---------------------|
| Análise Petrográfica | ABNT NBR 12768 | ASTM C-295 |
| Índices Físicos | ABNT NBR 12766 | ASTM C-97 |
| Resistência à Flexão | ABNT NBR 12763 | ASTM C-99 / C-880 |
| Resistência ao Impacto de Corpo Duro | ABNT NBR 12764 | ASTM C-170 |
| Resistência à Compressão | ABNT NBR 12767 | ASTM D-2938 / C-170 |
| Coefficiente de Dilatação Térmica Linear | ABNT NBR 12765 | ASTM E-228 |
| Congelamento e Degelo Conjugado à Compressão | ABNT NBR 12769 | nd |
| Desgaste Amsler | ABNT NBR 6481 | ASTM C-241 |
| Módulo de Deformabilidade Estática | nd | ASTM C-3148 |
| Micro Dureza Knoop | nd | nd |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

5.2 FASES INICIAIS DE PLANEJAMENTO

Para se iniciar uma prospecção de rochas ornamentais é necessário seguir algumas fases que resultarão num conjunto de informações sobre a área estudada; desde a sua localização, amostragem para definição do tipo da rocha, textura, presença de elementos estruturais (fraturas, fissuras) e composição mineralógica. Isto envolve o mapeamento geológico delimitando o litotipo de interesse e suas encaixantes, o detalhamento topográfico com os desníveis na topografia, culminando com os cálculos de volume do material pesquisado. Paralelamente, podem ser realizados estudos para avaliação do potencial comercial, visando-se estabelecer o grau de aceitação de placas da rocha no mercado consumidor.

Segundo Melo & Oliveira (2005), para avaliação de uma ocorrência com fins ornamentais, é necessário uma pesquisa geológica de detalhe. Neste sentido faz-se necessário uma abordagem priorizando alguns itens importantes como: verificação do acervo cartográfico, fotográfico, de imagem, para melhor avaliação e escolha das áreas alvos, estudo da geometria estrutural para definição do “bloco de partição”. Ainda segundo Melo et al (op. cit.), é necessário um estudo comparativo entre o material pesquisado e os já comercializados, para subsidiar programas de ação inclusive “Marketing”.

No caso do fucsita quartzito, que se encontra em fase preliminar de projeto, apenas algumas das etapas da fase 1 foram realizadas em sua totalidade como, por exemplo: a amostragem, o mapeamento geológico e o detalhamento topográfico. A avaliação comercial e a campanha de sondagens estão projetadas para um futuro breve.

Na etapa de definição de reservas (fase II) utilizou-se o *software* SURFER, para cálculo do volume aproximado do fucsita quartzito, não se levando em conta algumas lentes do produto convencional contidas na rocha-minério.

Dentre as etapas da fase III, a definição de planos de corte naturais, a relação de recuperação de lavra, a análise de qualidade do produto e a definição do valor comercial, ainda não foram realizados. Porém, da fase IV de planejamento foram confeccionadas lâminas delgadas para estudos mineralógicos e foram feitas medidas de fraturamento na rocha-minério, além dos ensaios tecnológicos para a determinação das propriedades físicas deste produto. Na tabela 5.2 temos o resumo destas fases de planejamento.

| Tabela 5.2 FASES INICIAIS DO PLANEJAMENTO DE ROCHAS PARA FINS ORNAMENTAIS | | |
|---|---|--|
| Fase | Denominação | Descrição |
| I | Prospecção e Exploração (corte de uma área de 0,5m ² em afloramento para definição de cor, tipo de rocha, textura) | Amostragem |
| | | Avaliação do Potencial Comercial |
| | | Mapeamento Geológico Preliminar |
| | | Detalhamento Geológico e Topográfico |
| | | Avaliação Econômica e Ambiental |
| | | Execução de Campanha de Sondagem |
| II | Projetos e estimativas | Definição de Reservas e Recup. de Lavra |
| III | Testes de Materiais (corte de blocos com dimensões compatíveis com as exigências da indústria) | Definição de Planos de Corte Naturais |
| | | Relação de Recuperação de Lavra |
| | | Análise da Qualidade o Produto |
| | | Valor Comercial |
| IV | Método de Mineração | Definição de Parâmetros: mineralogia, planos naturais de partição e propriedades físicas da rocha. |

Fonte: Macedo (1998), adaptado por Carmona (2002).

5.3 CLASSIFICAÇÃO COMERCIAL DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Existe uma infinidade de tipos litológicos conhecidos como rochas ornamentais, chamados comercialmente de “granitos”. Entretanto, os diversos segmentos que deles fazem mercado já absorveram que existem tipos diferentes de rochas ornamentais e que suas respectivas aplicações podem variar conforme a composição mineralógica e a gênese destas matérias-primas. Assim, com base no conteúdo mineralógico e em critérios composicionais, as rochas ornamentais podem ser designadas como:

- “Granito”
- “Mármore”
- “Ardósia”
- “Basalto”

Segundo Vargas, et al.(2001), comercialmente, os “granitos” correspondem às rochas ígneas e metamórficas de textura grossa, compostas principalmente de minerais félsicos, como o quartzo e os feldspatos. Como estes silicatos apresentam dureza alta, os “granitos” necessitam de serras diamantadas para o corte. Fazem parte deste grupo: álcali feldspato granitos, granitos, quartzo monzonitos, granodioritos, quartzo dioritos, tonalitos, álcali sienitos, nefelina sienitos, sienitos, gnaisses facoidais, ortognaisses, paragnaisses, charnockitos. Esses “granitos” são fisicamente difíceis de serem explorados e beneficiados, entretanto, têm alto brilho no lustro e alta durabilidade mecânica. São produtos comercialmente mais importantes, principalmente os coloridos, sendo considerados como rochas ornamentais de qualidade máxima, pois além da sua beleza visual, são mais resistentes, podendo manter o brilho do lustro durante anos. Por isso, desde os tempos antigos os “granitos” são tratados como material de luxo na construção civil.

Os mármore são rochas metamórficas, constituídas principalmente de minerais carbonáticos, como calcita e dolomita. Porém, comercialmente, neste grupo estão incluídas as rochas carbonáticas sedimentares (calcários). Tais rochas, formadas por minerais carbonáticos, apresentam dureza baixa e não precisam de serra diamantada para o corte, envolvendo um beneficiamento também de baixos custos para o lustro. Entretanto, em comparação com os “granitos”, possuem

vulnerabilidade para o desgaste físico e químico diante do uso de produtos domésticos, ou quando submetidas aos efeitos do intemperismo.

As “ardósias” correspondem comercialmente a rochas sedimentares e metamórficas de natureza pelítica, apresentando clivagem ou laminação, desenvolvidas. Neste grupo se incluem os varvitos, folhelhos e até milonitos, estes últimos comercializados como um tipo especial de “ardósia”. Alguns tipos de muscovita xisto, quartzito e de gnaisses com clivagem ou bandamento bem desenvolvidos, são também comercializados como “ardósias”. A utilização dessas rochas, de uma maneira geral, se faz como produtos não polidos, para aplicação em pisos e paredes (Fernandes, 2003).

As rochas vulcânicas também são comercializadas sob forma polida, com destaque para alguns produtos como o basalto e riolito, comumente usados na construção civil.

5.4 MERCADO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO MUNDO E NO BRASIL

5.4.1 Oferta Mundial em 2006.

A produção mundial de rochas para ornamentação e revestimento atinge a ordem de 92,7 Mt/ano. A China, Índia, Itália, Brasil, Irã, Turquia e Espanha, despontam respectivamente como os principais produtores e expressivos exportadores mundiais. A China, que responde por quase 25% da produção mundial, é estimulada pelo vigoroso crescimento da construção de habitações decorrentes do seu processo de urbanização e da política agressiva de exportações. Em 2006 foram comercializadas no mundo, aproximadamente 41,4 Mt de rochas brutas e beneficiadas (Tabela 5.4).

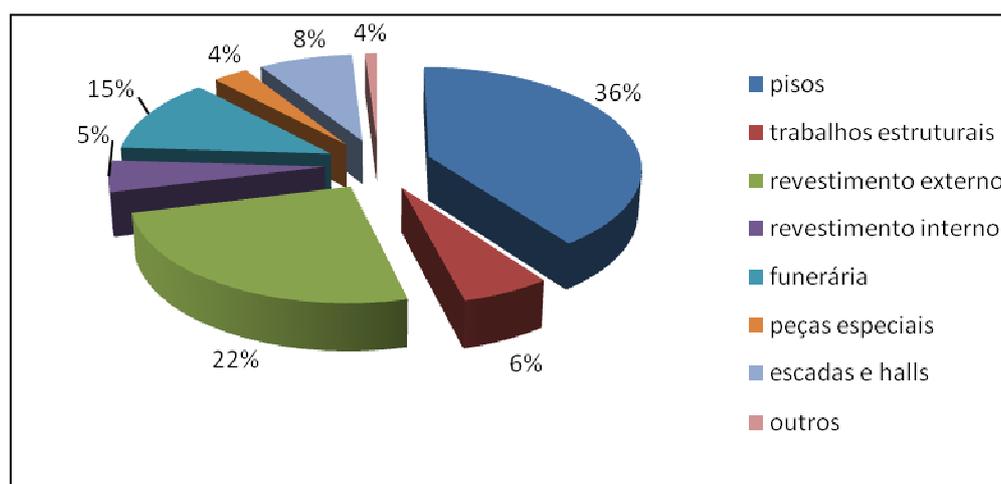
A utilização de rochas ornamentais, no Mundo, segue tendências para suas aplicações, predominando os usos em pisos e revestimentos externos, seguindo-se uma significativa aplicação em lápides e mausoléus de cemitérios (Gráfico 5.4).

Tabela 5.4: Produção e Exportação Mundial de granitos e mármore, em 2006

| Discriminação | Produção (10 ³ t) | % | Exportações Mundiais | | | |
|---------------|---------------------------------|------|----------------------|----------------------------------|------------------|--------|
| | | | Países | Rochas Processadas + Ardósias | Rochas Brutas | Total |
| Brasil | 7.521 | 8,6 | Brasil | 1.277 | 1.246 | 2.523 |
| China | 22.500 | 25,8 | China | 9.297 | 960 | 10.257 |
| Índia | 11.500 | 13,2 | Itália | 2.187 | 885 | 3.072 |
| Itália | 7.650 | 8,8 | Turquia | 1.646 | 2.335 | 3.981 |
| Irã | 6.450 | 7,4 | Índia | 1.415 | 3.107 | 4.522 |
| Turquia | 6.200 | 7,1 | Espanha | 1.255 | 1.137 | 2.392 |
| Espanha | 6.000 | 6,9 | Portugal | 747 | 583 | 1.330 |
| Egito | 3.500 | 4 | Bélgica | 542 | 156 | 698 |
| Portugal | 2.750 | 3,2 | Canadá | 340 | - | 340 |
| EUA | 2.250 | 2,6 | Egito | 228 | 855 | 1.083 |
| Grécia | 1.400 | 1,6 | África do Sul | - | 573 | 573 |
| Outros | 9.550 | 10,9 | Outros | 4.377 | 6.220 | 10.597 |
| Total | 87.271 | 100 | Total | 23.311 | 18.057 | 41.368 |

Fonte: DNPM, 2007

Gráfico 5.4 - Distribuição do Consumo Setorial de Mármore e Granitos no Mundo



Fonte: BNDES Setorial, 2003

5.4.2 Produção e oferta no mercado brasileiro.

Segundo os dados preliminares do Anuário Mineral Brasileiro 2006, o volume estimado de rochas ornamentais do Brasil alcança seis bilhões de metros cúbicos considerando-se as reservas recuperáveis (30% das reservas medidas). De acordo com os dados não oficiais da ABIROCHAS, observa-se uma variação positiva da produção em 2007 (6%), em relação a 2006, isto equivalente a 7,87 Mt. O setor da construção civil tem acelerado esse crescimento, calculado em 10,2% em 2007.

A geologia do território brasileiro apresenta condições muito favoráveis à existência de jazimentos de rochas ornamentais, o que evidencia uma ampla vantagem competitiva para o país, no mercado internacional, devido não só à excepcional diversidade dos tipos litológicos encontrados, como também pela grande variedade cromática e ocorrência de tipos de materiais raros e de alta cotação comercial. Mas, devido à informalidade na produção de rochas no Brasil (estimada em torno de 60% do total), os órgãos oficiais (DNPM e SECEX) informam apenas os quantitativos relativos à exportação e importação. Porém, a ABIROCHAS estima a produção nacional em 2007 na ordem de 7,5 Mt, fato que colocaria o Brasil em 4º lugar no *ranking* mundial.

O catálogo da Revista Rochas de Qualidade expressa esta geodiversidade ao apresentar uma amostragem de 455 variedades de rochas, sendo 353 somente de “granitos”. Na Vitória Stone Fair 2008, observou-se a continuidade da predominância dos materiais exóticos movimentados com destaque para o crescimento da exposição dos xistos vulcânicos, além dos granitos pegmatóides amarelados que se mantêm em alta. Os granitos amarelos e brancos ainda se sobressaem entre as rochas clássicas. Apresenta uma produção nacional menor que 90% e estão representadas em ordem decrescente pelos estados: ES, MG, CE, PR, RJ, GO, e PB. Os estados do Espírito Santo e Minas Gerais respondem por 70% a 75% dessa produção.

São 18 Arranjos Produtivos Locais (APL) ligados a rochas ornamentais em 10 estados. Segundo a ABIROCHAS estão em operação cerca de 7.000 marmorarias no Brasil, 2.200 empresas de beneficiamento, 1.600 teares e 1.000 empresas dedicadas à lavra com cerca de 1.800 frentes ativas de produção (num total de 400 municípios).

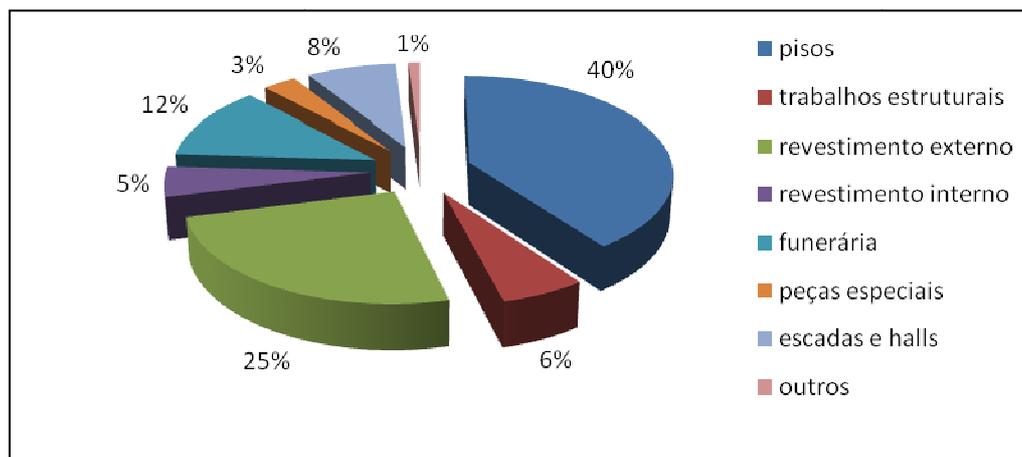
De acordo com MDIC – SECEX em 2007, as importações totais de mármore e granitos aumentaram 1,8% em peso, atingindo 121.281 t, contra 119.177 t em 2006. Em valor, atingiu US\$ FOB 40,38 milhões (40,3% a mais que em 2006). Com base em dados de importação da SECEX, a Turquia atingiu 39% do total seguido da Itália (33%), Espanha (27%) e Grécia (8%). Os bens manufaturados foram importados principalmente da Espanha (34%), Itália (29%), Grécia (23%) e China (8%).

As rochas processadas representaram em 2007 48,7% do valor total importado para atender o mercado imobiliário de alto padrão. Os mármore em bruto assumiram um percentual um pouco maior que 50% em valor e 70,2% em peso.

O consumo interno aparente no Brasil foi estimado em 5,582 Mt em 2007, representando um acréscimo de 10,6% em relação ao ano anterior (5,046 Mt), estimulado pelo expressivo crescimento do setor de construção civil, pela redução de taxas de juros e crescimento da oferta de crédito imobiliário. Estima-se que o consumo total foi de 72,36 milhões de metros quadrados, isto considerando que cada metro cúbico de rocha gera 35 metros quadrados e que o consumo equivalente para 2007 foi de 2,067 milhões de metros quadrados. Desse quantitativo, 39%, ou seja, 28,22 milhões de metros quadrados dos materiais foram granitos e conglomerados, 37,3% de ardósias, quartzitos maciços e folheados; 15% de mármore e travertinos; e 2,1% de importados. A região Sudeste responde por cerca de 70% a 75% do consumo nacional de rochas ornamentais.

A utilização de rochas ornamentais no Brasil segue, aproximadamente, as tendências mundiais para suas aplicações, predominando igualmente os usos em pisos e revestimentos externos, seguindo-se uma parcela significativa (porém menos expressiva que no resto do Mundo) para aplicação em lápides e mausoléus de cemitérios (Gráfico 5.4a).

Gráfico 5.4a - Distribuição do Consumo Setorial de Mármore e Granitos no Brasil



Fonte: BNDES Setorial, 2003

5.5 ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRAS DE COR VERDE

5.5.1 Considerações

No Brasil existe uma quantidade significativa de rochas ornamentais com tonalidades e padrões variados (tabelas 5.5.1), cujo cromatismo está diretamente associado com as respectivas composições mineralógicas e texturas. Dessa forma, as tonalidades, a litologia e a textura de uma rocha, permitem prever a qualidade e comportamento desses produtos quando da aplicação (Souza, 2005).

Rochas classificadas como “verdes” são na verdade constituídas por minerais com esta tonalidade e, em certos casos, sua presença pode não ser tão significativa. Por vezes, os minerais “verdes” podem ser de mais de um tipo. Um estudo petrográfico se faz sempre necessário, porque muitas vezes a cor verde pode ser apenas resultado de processos de alteração. Há exemplos de pedreiras que foram desativadas porque o material de melhor marketing era restrito à zona de influência supergênica, com restrita penetração em sub-superfície.

Segundo Melo & Oliveira (2005), a cor verde comumente está associada com epidotização e/ou saussuritização dos plagioclásios, bem como associação com diopsídio e hornblenda verde.

Tabela 5.5.1 Distribuição Segundo o Catálogo de Rochas Ornamentais e Outros*

| Classificação Petrográfica | Nome Comercial | Origem da Cor | Produtos Acabados | Estado Produtor | Empresa |
|--|--------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|--|
| Ardósia | Ardósia Verde | Clorita + ilita | Chapa Polida | MG | ARAR-Comércio e Indústria de Ardósias |
| Arenito Conglomerático | Verde Piranhas | Quartzo Verde | Bloco | GO | IMEX / SOSER |
| Conglomerado Polimítico | Caravaggio | Quartzo verde e feldspato | Bloco e Chapa Flameada | CE | GRANOS-Granitos do Nordeste S.A PEVAL S.A |
| Metaconglomerado polimítico | Marinace | Matriz epidotizada | Bloco e Chapa Polida | BA | Mineração Corcovado do Nordeste S.A PEVAL S.A |
| Metaconglomerado Polimítico | Tropical Gauquin | Matriz Epidotizada | Bloco | RN | ITA-ROCA Atlantis LTDA |
| Metaconglomerado Polimítico | Verde Marinace | Matriz Epidotizada | Bloco e Chapa Polida | BA | NORD Mineradora LTDA |
| Metaconglomerado | Verde Rey Imperial | Epidoto | Bloco | PB | Mineração Coto Comércio Importação e Exportação |
| Conglomerado Petromítico | Vesúvio Bahia | Matriz Epidotizada | Bloco e Chapa Polida | BA | PEVAL S.A |
| Milonito de composição sienogranítica | Green Galaxy | Clorita | Bloco e Chapa Flameada | CE | IMARF Granitos e Mineração S.A |
| Bt hornblenda Granito | Meruoca Clássico | Anfibólio | Bloco e Chapa Flameada | CE | GRANOS Granitos do Nordeste |
| Bt-Hornblenda Granito | Rain Forest | Anfibólio | Bloco e Chapa Flameada | CE | GRANOS Granitos do Nordeste |
| Metaconglomerado | Verde Álacre | Seixos de Quartzito | Bloco | GO | IMEX / SOSER |
| Gnaiss Charnockito | Verde Arara | Hornblenda + hiperstênio | Bloco | MG | Brasil Quarrier Imporacão e Exportação |
| Mangerito(?) | Verde Bahia | Hornblenda + hiperstênio | Chapa Polida e Ladrilho Polido | BA | MAG BAN Mármore e Granitos Aquidaban LTDA |
| Hornblenda Gnaiss Opdalítico | Verde Barroco | Hornblenda + Piroxênio | Chapa Serrada | RJ | IMIL Indústria de Mármore Itálva LTDA |
| Hiperstênio Quartzo-Monzonito c/ granada | Verde Butterey | Piroxênio | Chapa Polida Chapa Serrada | ES | Marbrasa Mármore e Granitos do Brasil LTDA |
| Gnaiss Opdalítico | Verde Candeias | Oligoclásio-Andesina | Bloco e Chapa Polida | MG | CAJUGRAN Granitos e Mármore do Brasil. |
| Biotita Granito | Verde Ceará | Plagioclásio Verde | Bloco e Chapa Flameada | CE | IMARF Granitos e Mineração S.A |

| | | | | | |
|--|-------------------|---|------------------------------------|----|---|
| Charnockito | Verde Dourato | Hiperstênio | Bloco | BA | PAN Mineração LTDA |
| Monzogranito | Verde Ecologia | Hornblenda | Chapa Flameada e Polida | ES | Jacigerá Mármores e Granitos LTDA |
| Leucognaisse Sienogranito c/ Granada, sillimanita e cordierita | Verde Eucalipto | Oligoclásio, sillimanita e cordierita ? | Bloco | ES | JN Granitos – João Neiva Granitos LTDA |
| Charnockito | Verde Fontein | Hiperstênio | Bloco e Chapa Polida | BA | PEVAL S.A |
| Hornblenda Gnaiss Monzogranito | Verde Fountain | Hornblenda | Chapa Polida Chapa Serrada | MG | MARBRASA Mármores e Granitos do Brasil LTDA |
| Hornblenda Gnaiss Opdalítico | Verde Imperial | Hornblenda e Hiperstênio | Chapa Polida Chapa Serrada | ES | Grupo Granobrás |
| Granito Gnaiss Granodiorito | Verde Imperial | Plagioclásio Piroxênio | Bloco | MG | Mineração Corcovado de Minas LTDA |
| Hiperstênio Hornblenda Biotita Quartzo Monzonito | Verde Labrador | Hornblenda e Ortopiroxênio | Chapa Polida Chapa Serrada | ES | MARBRASA Mármores e Granitos do Brasil LTDA |
| Gnaiss Monzogranítico | Verde Lavras | Anfibólio | Bloco Chapa Apicoada | MG | Granmacap – Granitos e Mármores Capixaba LTDA |
| Biotita Granito | Verde Meruoca | Quartzo Esverdeado | Blocos -Chapa Flameada | CE | SIGMA do Brasil LTDA |
| Monzogranito | Verde Monterrey | Plagioclásio Verde | Chapa Flameada e Polida | ES | JN Granitos - João Neiva Granitos LTDA |
| Charnockito com granada | Verde Pavão | Hiperstênio Andesina | Bloco e Chapa Apicoada | ES | MARMOREXPO RT Mineração e Exportação LTDA |
| Gnaiss Monzogranito | Verde São Francis | Plagioclásio ou quartzo | Bloco | MG | Mineração Corcovado de Minas LTDA |
| Gnaiss Monzogranito | Verde Savana | Plagioclásio ou quartzo | Blocos -Chapa Flameada | MG | Mineração Corcovado de Minas LTDA |
| Gnaiss Monzogranito | Verde Senna | Plagioclásio ou quartzo | Bloco | MG | Mineração Corcovado de Minas LTDA |
| Sienitos | Verde Tunas | Anfibólitos | Chapas polidas e Ladrilhos polidos | PR | Marmoraria Água Verde Ltda (MARVERDE) |
| Sienitos | Verde/Tunas Ligth | Anfibólitos Piroxênios | Chapas polidas e Ladrilhos polidos | PR | Marmoraria Água Verde Ltda (MARVERDE) |
| Sienitos | Verde Paraná | Anfibólitos Piroxênios | Chapas polidas e Ladrilhos polidos | | Marmoraria Água Verde Ltda (MARVERDE) |

| | | | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|--|----|--------------------------------------|
| Sienitos | Verde Leopardo | Anfibólios Piroxênios | Chapas polidas, Ladrilhos polidos e blocos | PR | MICA-Mineração Capuava Ltda |
| Sienitos | Jade Cristal | Anfibólios Piroxênios | Chapas polidas e Ladrilhos polidos | PR | Marmoraria Água Verde Ltda (MARVERDE |
| Muscovita Quartzito Verde | Quartzito Luminárias | Muscovita | Chapas polidas | MG | n.i |
| Muscovita Quartzito Verde | Quartzito Carrancas | Muscovita | Chapas polidas | MG | n.i |
| Muscovita Quartzito Verde | Quartzito Carranquinha | Muscovita | Chapas polidas | MG | n.i |
| Fucsita Quartzito | Q. Verde Esmeralda | Fucsita | Em pesquisa | RN | Mineração Palestina em andamento |

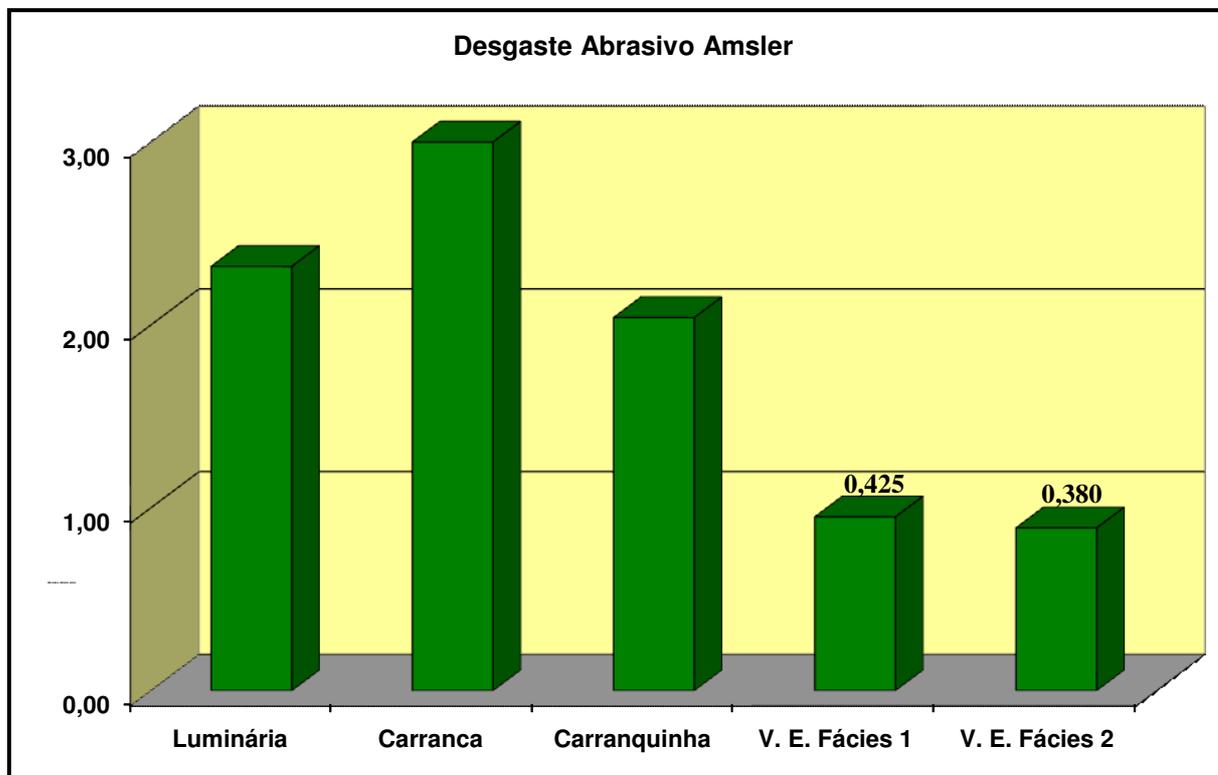
Catálogo de Rochas Ornamentais 2003

*Outros: *In* Fernandes *et al.* (2003)

5.5.2 ANÁLISE COMPARATIVA: QUARTZITOS SÃO TOMÉ DAS LETRAS - MG X QUARTZITO VERDE ESMERALDA (V.E.) – RN.

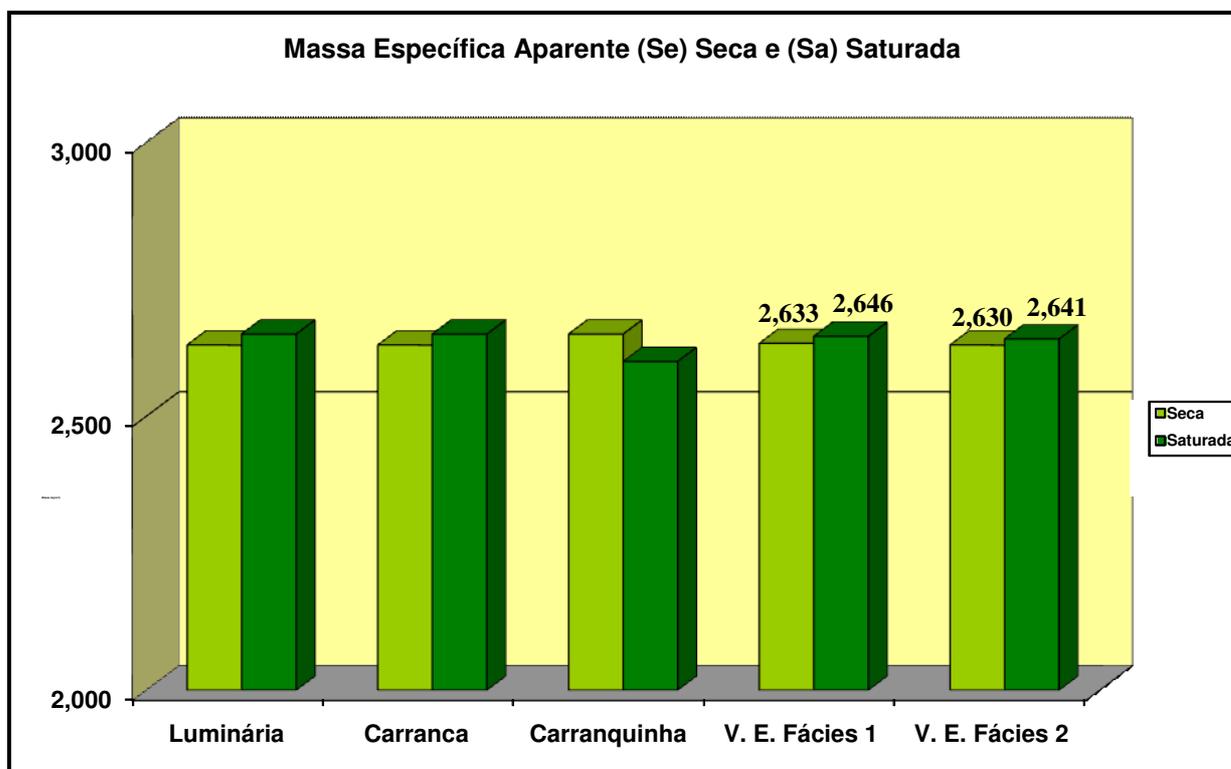
Produtos de tonalidade verde similares ao quartzito Verde Esmeralda ocorrem no Município de São Tomé das Letras – MG, denominados comercialmente de quartzitos Luminária, Carranca e Carranquinha. Esses produtos são muscovita-quartzitos (25 a 30% de muscovita em rocha total) com padrões altos de desgaste abrasivo (Fernandes, 2003), muito maiores que aqueles registrados para as duas fácies do quartzito Verde Esmeralda (Gráfico 5.5.2 a). Os teores mais elevados em quartzo do quartzito Verde Esmeralda respondem por sua maior resistência ao desgaste abrasivo, indicando essa rocha ser mais adequada para níveis de pisoteio intensos, em relação à rocha de Minas Gerais.

Gráfico 5.5.2 a - Comparação de desgaste abrasivo entre os quartzitos de São Tomé das Letras – MG e o quartzito Verde Esmeralda, Lajes-RN.



Quando são comparadas as massas específicas secas e saturadas dos quartzitos mineiros e do quartzito Verde Esmeralda, observa-se que esses produtos apresentam padrões semelhantes, em torno de 2.600 Kg/m^3 , exceto a massa específica aparente saturada do quartzito Carranquinha, com valor um pouco abaixo da média (Tabela 5.5.2 b). Segundo a norma ABNT NBR 12766, rochas quartzíticas para aplicação como revestimentos de exteriores devem apresentar densidade ou massa específica aparente mínima de $2,560 \text{ Kg/m}^3$.

Gráfico 5.5.2 b - Comparação de massa específica aparente seca e saturada entre os quartzitos de São Tomé das Letras – MG e o quartzito Verde Esmeralda, Lajes-RN.



Em relação à porosidade aparente (gráfico 5.5.2 c), tanto os quartzitos mineiros como o quartzito V.E. apresentam padrões relativamente altos, acima da média para esse tipo de litologia, principalmente o quartzito Carranca (1,9%), fazendo exceção o quartzito Carranquinha que exhibe valor mais baixo (0,8%). Em consequência, a absorção d'água do quartzito V.E. é comparável com aquela do quartzito Luminária, encontrando-se essa característica mais agravada no quartzito Carranca e mais amenizada no quartzito Carranquinha (Gráfico 5.5.2 d). Dessa forma, o conjunto desses padrões recomenda apenas utilização desses produtos em ambientes internos e a sua impermeabilização completa para aplicações em ambientes úmidos ou expostos ao meio exterior.

Gráfico 5.5.2 c - Comparação da Porosidade Aparente entre os quartzitos de São Tomé das Letras – MG e o quartzito Verde Esmeralda, Lajes-RN.

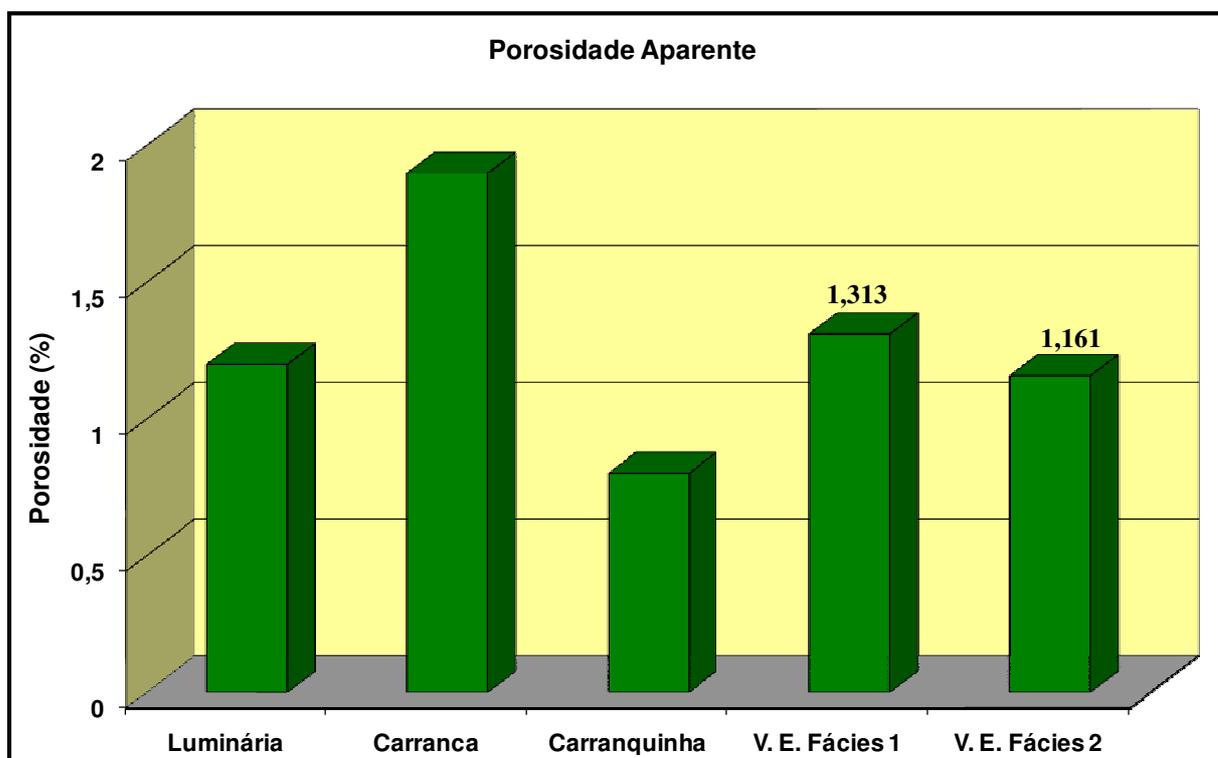
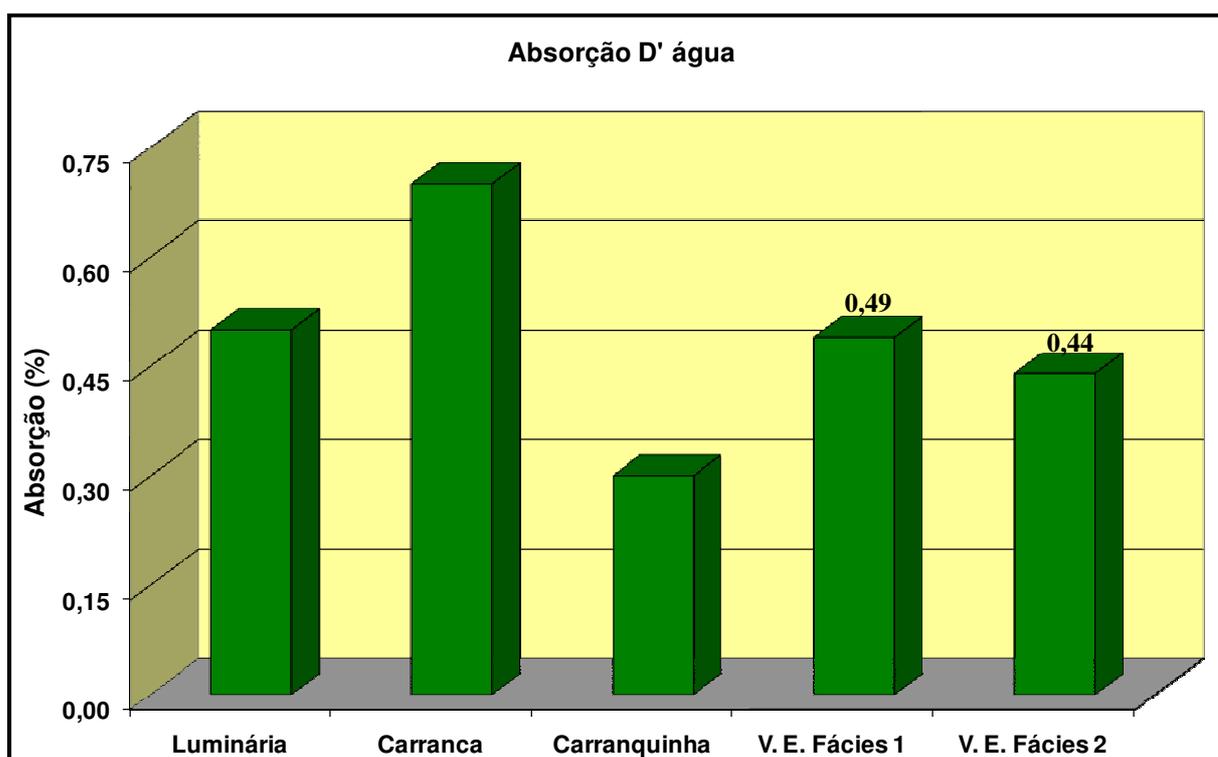


Gráfico 5.5.2 d - Comparação da Absorção d'Água entre os quartzitos de São Tomé das Letras – MG e o quartzito Verde Esmeralda, Lajes-RN.



Na tabela 5.5.1 são apresentados os valores obtidos nos ensaios tecnológicos de amostras dos quartzitos mineiros e quartzito verde Esmeralda, onde se percebe grande similaridade entre ambos, com exceção do desgaste Amsler, cujos resultados indicam que o quartzito verde Esmeralda possui melhor qualidade, podendo ser utilizado em ambientes de pisoteio intenso.

Tabela 5.5.1 Resumo dos Ensaios Comparativos dos Quartzitos Luminária (Lu), Carranca (Ca), Carranquinha (Cq) e V.E (fácies 1 e 2)

| Ensaio Tecnológico | | Lu * | Ca * | Cq * | V.E Fácies 1 | V.E. Fácies 2 |
|---|----------------------|-------|-------|-------|-----------------|------------------|
| Massa Específica Ap. Seca (ABNT-NBR 12.766/92) | (Kg/m ³) | 2.630 | 2.630 | 2.650 | 2.633 | 2.630 |
| Massa Esp.Ap. Saturada (ABNT-NBR12.766/92) | (Kg/m ³) | 2.650 | 2.650 | 2.660 | 2.646 | 2.641 |
| Porosidade Aparente (ABNT-NBR12.766/92) | (%) | 1.2 | 1.9 | 0.8 | 1.313 | 1.161 |
| Absorção D`água (ABNT-NBR 12.766/92) | (%) | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.49 | 0.44 |
| Resistência à Tração por Flexão (ABNT-NBR 12.763) | (MPa) | 18,44 | 10,53 | 7,52 | 11,82 | 12.79 |
| Desgaste Amsler | mm | 2,32 | 3,01 | 2,04 | 0,425 | 0,380 |

*Fonte: Fernandes *et al.*, 2003)

CAPÍTULO 6: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO QUARTZITO VERDE

CAPÍTULO VI – CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DO QUARTZITO VERDE

6.1 RESULTADOS DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS DO QUARTZITO (FÁCIES 1 E FÁCIES 2)

6.1.1 *Análises Petrográficas – ABNT. NBR 12768*

Foram analisadas as fácies 1 e 2 do quartzito Verde Esmeralda, que nesta rocha ocorrem como variação gradacional, desde um tipo bastante homogêneo (fácies 1), até uma variedade contendo vênulos de quartzo e grãos de rutilo, com tonalidade avermelhada (fácies 2). Este estudo foi realizado no microscópio óptico (Foto 6.1.1), com utilização de luz transmitida através de seções delgadas da rocha.



Fotografia 6.1.1
Análises
Petrográficas

Microscópio
eletrônico -
modelo: LEITZ
LABORLUX – 11
POL S

Na fácies 1 do quartzito o aspecto macroscópico do produto é de uma rocha metamórfica, relativamente bem preservada, com textura média-fina, essencialmente

constituída por quartzo, e subordinadamente por mica cromífera (fucsita). A foliação, bem definida, é caracterizada por listras milimétricas com concentração de minerais esverdeados (fucsita), sobre uma matriz gelo formada essencialmente por quartzo. Foram observados fraturamentos e microfissuramentos em afloramentos (Foto 6.1.1a)

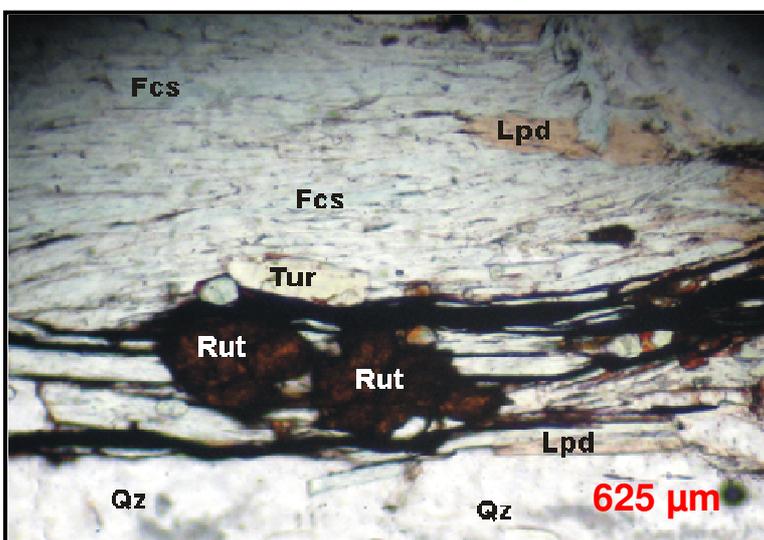


Foto: 6.1.1a

**Amostra do Fucsita
Quartzito Fácies1
homogênea.**

Rocha homogênea com maior percentual de fucsita. Observa-se plano de fratura sub vertical e poucos sinais de oxidação intempérica.

Em lâmina delgada, a rocha apresenta uma trama de minerais xenomórficos, constituídos essencialmente por quartzo, fucsita, com turmalina verde e rutilo como acessórios, resultando em um quartzito de aspecto listrado. A presença de minerais micáceos não cromíferos (muscovita e lepidolita) é acessória. Os cristais xenomórficos de quartzo estão imbricados entre si, permeados de cristais ripiformes de fucsita (Foto 6.1.1b).



Fotomicrografia

**6.1.1b Fucsita
Quartzito com
lepidolita**

Fcs – fucsita

Lpd – lepidolita

Tur – turmalina

Rut – rutilo

Qz - quartzo

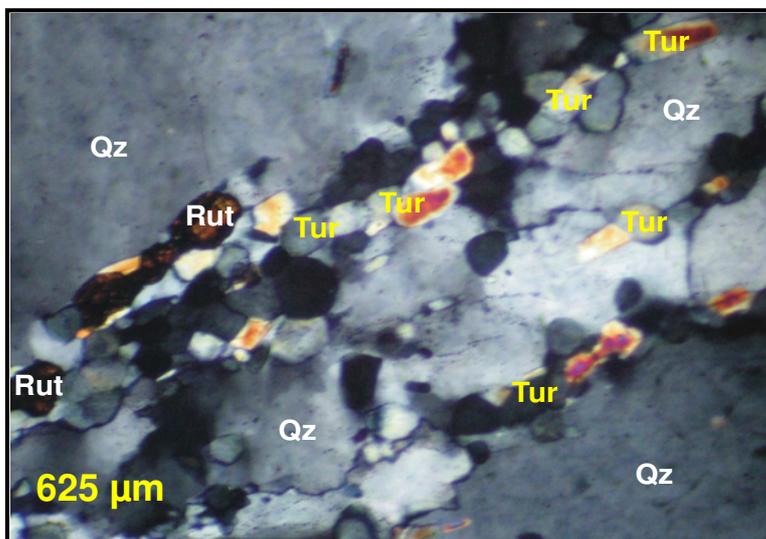
Na fácies 2 do quartzito, o aspecto macroscópico é de uma rocha metamórfica, de textura média-fina, essencialmente constituída por quartzo e fucsita. A foliação, bem definida, é caracterizada por listras sub-milimétricas incluindo concentrações de minerais esverdeados (fucsita), ocasionalmente com disseminação avermelhada, estando o conjunto imerso em uma matriz gelo formada essencialmente por quartzo. O padrão estético da rocha é marcado por “*patches*” esverdeados alongados (fucsita), finos, descontínuos, mais ou menos paralelos, distribuídos nessa matriz. As “linhas” avermelhadas são transversais à orientação das linhas esverdeadas. Ocorrem fraturamentos e foram constatados microfissuramentos transversais à foliação metamórfica. Considerando-se a regionalidade, trata-se de um mesmo corpo litossomático para-metamórfico, resultante de um processo sedimentar eminentemente arenoso e quartzoso, com variações composicionais do tipo ABAB, porém abrigando um padrão de fraturamentos transversais, selados, de tonalidade avermelhada (Foto 6.1.1c).



**Foto: 6.1.1c Fucsita
Quartzito Fácies 2**
Observar bandamento
com tonalidades
avermelhada e
esverdeada.

Em lâmina delgada a rocha apresenta uma trama de minerais xenomórficos, constituídos essencialmente por quartzo, fucsita com turmalina verde e rutilo como acessórios. Trata-se na realidade de um quartzito, cujos elementos de quartzo xenomórfico estão imbricados entre si mostrando, ocasionalmente, alguma extinção ondulante. A fucsita apresenta-se como disseminações concentradas, lineares, irregulares, descontínuas, formando a fina listragem da rocha. A trama envolve ainda fissuramentos irregulares e transversais de cor avermelhada, compostos por rutilo

(Foto 6.1.1d). Acessoriamente observa-se ainda a presença de muscovita e lepidolita.



Fotomicrografia
6.1.1d Fucsita
Quartzito Fácies 2
 Fcs – fucsita
 Tur – turmalina
 Rut – rutilo
 Qz - quartzo

6.1.2 Ensaios de Resistência à Compressão Simples – ABNT NBR 12767.

Este ensaio determina a tensão capaz de provocar a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar sua resistência quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física. A resistência à compressão depende muito da estrutura, textura, grau de alteração e da presença de microfissuras, para um mesmo tipo petrográfico. A resistência na direção perpendicular à foliação de uma rocha é, normalmente, maior que aquela verificada na direção paralela, e sensivelmente maior do que na direção inclinada (Vidal, 2005). Os valores determinados fornecem informações da resistência do material ao esforço mecânico compressivo, mostrando o valor máximo da tensão que a rocha pode suportar antes da ruptura.

Para a realização deste ensaio, foram confeccionados corpos de prova cúbicos com 7 cm de aresta, que são colocados em uma prensa (Foto 6.1.2). Caso o produto apresente acamamento, este ensaio é realizado para cada direção da rocha, paralela e perpendicular à sua foliação ou lineação. As amostras são submetidas a cargas que são aplicadas de maneira contínua e progressiva a uma taxa em torno de 0,6 MPa/s até que ocorra a ruptura. Sendo assim, anota-se o valor

da força de ruptura máxima registrada e tira-se a média aritmética para as 3 amostras (Costa, 2003).



Foto 6.1.2
Prensa hidráulica
de 100 ton WPM

Os resultados obtidos para as fácies 1 e 2 do fucsita quartzito mostram resistência à compressão simples de padrão mediano a alto (Tabela 6.1.2a), sem restrições para a utilização como material ornamental (Rolim Filho e Souza, 2007)

Tabela 6.1.2 a. Resultados dos ensaios de resistência à compressão simples, em amostras do Fucsita Quartzito de Lajes, RN.

| Resistência à Compressão Simples (Mpa) | Fucsita Quartzito, fácies 1 | Fucsita Quartzito, fácies 2 | Valores Sugeridos por FRAZÃO & FARJALLAT |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--|
| | 125,01 | 116,43 | ≥ 100,0 |

6.1.3 Ensaio de Resistência à Tração por Flexão – ABNT. NBR 12763

Este ensaio visa determinar a tensão mínima que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. Os valores determinados indicam a tensão máxima de flexão que a rocha suporta e influenciam diretamente no dimensionamento das placas externas (Foto 6.1.3). De acordo com a ASTM C 615 valores abaixo de 10,34 Mpa, para granitos, são considerados restritivos, exigindo placas de espessuras maiores e áreas menores, a fim de suportarem as solicitações de flexão produzida pela ação do vento, cargas, etc, em edificações. Devido a estes fatores, este ensaio tem relevância para dimensionamento de materiais rochosos utilizados em revestimentos externos. A textura grossa influencia na resistência da rocha, ocasionando problemas na fixação das placas (Vidal, 2005)

Segundo Rolim Filho e Souza (2007), as fácies 1 e 2 do quartzito verde possuem resistência à tração por flexão de padrão médio a alto (tabela 6.1.3 a), sem restrições para utilização como material ornamental.



Foto 6.1.3
Ensaio Tração
por Flexão

Tabela 6.1.3 a Resistência à Tração por Flexão em amostras das fácies 1 e 2 do Fucsita-quartzito de Lajes, RN

| RESISTÊNCIA TRAÇÃO POR FLEXÃO | Fucsita Quartzito Fácies 1 | Fucsita Quartzito Fácies 2 | Valores Sugeridos por FRAZÃO & FARJALLAT |
|---|----------------------------|----------------------------|--|
| Esforço normal ao plano de fraqueza (MPa) | 11,82 | 12,79 | ≥ 10,0 |

6.1.4 Índices Físicos – ABNT. NBR 12766

A determinação dos índices físicos das rochas engloba a avaliação de parâmetros como: massa específica aparente ou densidade, porosidade aparente e absorção de água aparente.

A massa específica aparente reflete o estado de sanidade da rocha, porque a rocha alterada possui massa específica menor quando comparada com a mesma rocha no estado são.

A porosidade e a massa específica aparentes são índices físicos inversamente proporcionais, de forma que quanto maior a porosidade, menor a massa específica.

O coeficiente de absorção de água está relacionado à porosidade efetiva da rocha, e é de grande importância para os materiais que serão expostos às intempéries, estão em contato com água ou com a umidade do solo (Costa, 2003).

As propriedades de densidade, porosidade e absorção d' água fornecem indicações relativas à fissuras, poros e vazios, sendo estes fatores determinantes para a resistência e durabilidade, na avaliação comparativa de um conjunto de rochas. Assim, a determinação desses fatores é útil para explicar as diferenças de absorção de água entre vários tipos de rochas ornamentais ou dados comparativos para rochas do mesmo tipo permitindo uma especificação mais corretos dos materiais.

Ressalta-se que grande parte das patologias (manchas, eflorescências e descamação, entre outras) observadas em rochas de revestimento está associada à

percolação e/ou acumulação de soluções nos ladrilhos e placas de rocha (Frasca, 1999)

Os valores dos índices físicos nas rochas são de notável interesse, especialmente se as mesmas foram expostas a ambientes úmidos, uma vez que funcionam como indicadores de maior susceptibilidade à alteração, determinando a expectativa de vida útil para o produto.

O metamorfismo influencia de forma positiva, melhorando as características físicas (porosidade e absorção d'água) das rochas, quando ocorre recristalização metamórfica, uma vez que promove maior interação entre os minerais. Por outro lado, a deformação pode dar origem à orientação mineral o que, muitas vezes, ocorre segundo planos, o que facilita a percolação de água e resulta no aumento dos índices de porosidade. Assim ocorrendo, favorece-se um aumento na absorção d'água e a possibilidade de alteração mais precoce para os minerais, além da formação de planos de fraqueza favoráveis ao rompimento das rochas (Carmona, 2002).

Os valores obtidos para o fucsita quartzito indicam que os resultados de índices físicos apresentam valores de massa específica adequados para utilização desse produto como material ornamental (tabela 6.1.4a). Os índices de porosidade e absorção d'água do quartzito verde Esmeralda, segundo Rolim Filho e Souza (2007), variaram desde padrões medianos a altos.

Tabela 6.1.4 a Resultados dos Índices Físicos de amostras das fácies 1 e 2 do Fucsita-quartzito de Lajes, RN.

| ÍNDICES FÍSICOS | Fucsita Quartzito Fácies 1 | Fucsita Quartzito Fácies 2 | Valores Sugeridos por FRAZÃO & FARJALLAT |
|---|----------------------------|----------------------------|--|
| Massa específica seca (Kg/cm ³) | 2,633 | 2,630 | ≥ 2,550 |
| Massa específica saturada (Kg/cm ³) | 2,646 | 2,641 | ≥ 2,650 |
| Porosidade (%) | 1,313 | 1,161 | ≤ 1,0 |
| Absorção (%) | 0,49 | 0,44 | ≤ 0,40 |

6.1.5 Ensaio de Desgaste por Abrasão Amsler – ABNT . NBR 3.379

A resistência ao desgaste abrasivo, também conhecido como índice de desgaste Amsler, está intrinsecamente relacionado a resistência da rocha a esforços abrasivos e à coesão dos seus minerais constituintes. Este ensaio mede a resistência do material à abrasão, principalmente quando utilizado em pisos e locais de tráfego intenso, e indica a redução da espessura (mm) da amostra através da desagregação superficial e remoção de partículas, após um percurso simulado de 500m e de 1.000m, na máquina Amsler (Foto 6.1.5 a).



Foto 6.1.5 a

Máquina de Desgaste
Amsler. Fabricante:
SCHAFFHAUSEN

A preparação das amostras é realizada através da confecção de duas placas com 75 mm x 75 mm x 25 mm. Essas amostras são colocadas em sapatas, na máquina de desgaste Amsler, as quais devem mantê-las sobre material abrasivo (areia seca número 50 ou de 0,3 mm), enquanto um contador mede o número de voltas que a amostra percorre sobre a pista (Costa; Souza; Curi 2005)

Para os fácies 1 e 2 do fucsita quartzito, os valores obtidos indicaram que esses produtos possuem uma resistência ao desgaste abrasivo apropriada para níveis de pisoteio mediano a moderado (Tabela 6.1.5 a), havendo apenas restrição para sua utilização em ambientes de pisoteio intenso.

Tabela 6.1.5 a Resultados do Ensaio Desgaste Amsler de amostras das fácies 1 e 2 do Fucsita-quartzito de Lajes, RN

| DESGASTE AMSLER | Fucsita Quartzito – Fácies 1 | Fucsita Quartzito – Fácies 2 | Valores Sugeridos por FRAZÃO & FARJALLAT |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Desgaste Amsler a 500m (mm) | 0,425 | 0,380 | ≤ 1,0 |
| Desgaste Amsler a 1000m (mm) | 0,950 | 0,890 | n.i |

Finalmente, o conjunto dos resultados demonstra que os padrões físicos do quartzito Verde Esmeralda (ou fucsita-quartzito) atendem a maioria dos pré-requisitos determinados pelas normas ASTM e valores sugeridos em rochas brasileiras por Frazão e Farjallat, exceto para suas propriedades de porosidade e absorção d'água (Tabela 6.1.5 b). Com efeito, os valores constatados nos ensaios para estas duas propriedades ultrapassam um pouco os limites normativos destas entidades, indicando a necessidade de impermeabilização do material previamente à sua aplicação.

Tabela 6.1.5 b. Padrões físicos do fucsita-quartzito de Lajes - RN, comparados com os valores normativos ASTM e de testes em rochas brasileiras.

| Propriedades | ASTM C-615 | Resultados Brasileiros | | Valor Adotado | Fucsita-Quartzito Fácies 1 | Fucsita-Quartzito Fácies 2 |
|--|------------|------------------------|-------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Classe | Frequênc. % | | | |
| Massa Espec. Aparente (Kg/m ³) | ≥ 2,560 | 2,550 / 2,600 | 99,4 | ≥ 2,550 | 2,633 | 2,630 |
| Porosidade Aparente (%) | n.e | 0,8 / 1,0 | 91,1 | ≤ 1,0 | 1,313 | 1,161 |
| Absorção de Água (%) | | 0,3 / 0,4 | 93,3 | ≤ 0,4 | 0,49 | 0,442 |
| Desgaste de Amsler (mm) | n.e | 0,8 / 1,0 | 90,4 | ≤ 1,0 | 0,950 | 0,890 |
| Compressão Simples (MPa) | ≥ 130 | 100 / 125 | 97,5 | ≥ 100 | 125,01 | 116,43 |
| Resistência à Flexão (MPa) | ≥ 10,34 | 10 / 15 | 96,2 | ≥ 10,00 | 11,82 | 12,79 |

n.e = não especificado

Fonte: Frazão *et al.* (1996)

Adaptação de: Carmona (2002)

Para cada tipo de fase e uso na aplicação de rochas ornamentais, é necessário a realização de ensaios específicos adequados à utilização do produto (Tabela 6.1.5 c.), para uma melhor especificação e durabilidade do material aplicado. Dessa forma pode-se determinar qual ensaio é necessário em função da aplicação prevista e comparar os valores obtidos nos ensaios com os padrões pré-estabelecidos (valores normativos, tabela 6.1.5.b).

Tabela 6.1.5 c. Ensaio de Caracterização Tecnológica Fase/Uso

| Fase/Uso | Ensaio | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|
| | Petrografia | Índices Físicos | Resistência ao Desgaste | Resistência ao Impacto | Resistência à Compressão | Resistência à Flexão | Módulo de Deformação Estática | Dilatação Térmica Linear | Alterabilidade |
| Extração | | | | | | | | | |
| Beneficiamento | | | | | | | | | |
| Revestimento Externo | | | | | | | | | |
| Revestimento Interno | | | | | | | | | |
| Pisos | | | | | | | | | |
| Colunas e Pilares | | | | | | | | | |
| Pedestais | | | | | | | | | |
| Tampos de mesas e balcões | | | | | | | | | |
| Pias | | | | | | | | | |
| Soleiras | | | | | | | | | |
| Esculturas | | | | | | | | | |
| Cilindros(granitos)* | | | | | | | | | |
| Mesas e aparelhos de desempenho | | | | | | | | | |

*Usados nas indústrias de papel, alimentos.

Fonte: IPT-1990, Catálogo de Rochas para Fins Ornamentais, São Paulo.

(Adaptado de Carmona, 2002)

CAPÍTULO 7: ANÁLISES QUÍMICAS

CAPÍTULO VII – ANÁLISES QUÍMICAS

7.1 CONSIDERAÇÕES

Análises químicas da fácies 1 do fucsita quartzito foram realizadas com finalidade de reconhecimento de suas características geoquímicas e mineralógicas. Os resultados analíticos (Tabelas 7.1 a, b, c) em anexo mostram, como esperado, o predomínio quase absoluto de silicatos, traduzidos por teores elevados em SiO_2 (> 91%) e padrões relativamente baixos em Al_2O_3 (< 5%), confirmando a natureza essencialmente quartzosa do quartzito, com presença micácea bastante subordinada, estequiometricamente inferior a 15%. Apesar da participação micácea reduzida, esta fração mineral, que é cromífera (fucsita), é suficiente para emprestar o predomínio da tonalidade verde sob observação macroscópica. Os teores em cromo variam, aproximadamente, entre $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0.07$ a 0.15%, correspondentes a valores entre 460 e 1.000 ppm, mais elevados que o padrão de Cr = 80 a 200 ppm, referenciado por Rankama e Sahama (1962) como concentrações habituais em quartzitos. De toda forma, a variação de teores em cromo encontrada nas amostras analisadas ultrapassa significativamente a média crustal de 100 ppm (Rose *et al.*, 1979), sendo apenas superado pelo padrão de rochas ultrabásicas: 1600 ppm (Turekian & Wedepohl, 1961).

Altos teores em cromo em rochas quartzíticas são sempre reportados à presença de fucsita, uma variedade de muscovita cromífera, e sempre são objeto de discussões quanto à origem desta espécie química em uma rocha para-metamórfica, de origem detrítica. Na associação de meta-conglomerados e quartzitos supracrustais de Karnataka – Índia, ocorrem concentrações inabituais em cromo (Chatterjee & Das, 2004). Entretanto, neste caso, se faz referência à presença de grãos de cromita, relacionados à proximidade de corpos isolados de rochas ultramáficas. No caso específico do quartzito verde de Lajes-RN, descarta-se a presença de cromita detrítica, uma vez que a análise petrográfica não assinalou a presença de opacos, nem os resultados por difratometria de RX. De fato, pontuações metálicas também não foram observadas a olho nu, na fácies 1. As análises químicas, a propósito, apresentam teores muito baixos em Fe_2O_3 e em TiO_2 , sempre inferiores a 1% e, mais comumente, abaixo de 0,5%. Na fácies 2 do

fucsita quartzito, reporta-se a presença de rutilo, relacionados com as tonalidades avermelhadas da litologia, porém em discreta disseminação.

Considerando-se a origem para-metamórfica do fucsita quartzito, os teores em cromo ultrapassam em muito o padrão médio para rochas detríticas sedimentares (arenitos): 35 ppm (Turekian & Wedepohl, *op. cit*), e explica a permanente curiosidade que esse tipo de mineral desperta em estudos petrológicos. Teores muito mais altos ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 3.7\%$) em litologias com fucsita têm sido reportadas na literatura, como nos casos de horizontes vulcano-sedimentares em *greenstone belts* da África do Sul (Schreyer *et al.*, 1981). Em geral, autores têm reportado a presença de cromo em quartzitos micáceos, e outras rochas micáceas, à presença vicinal de litologias magmáticas enriquecidas nesta espécie química. Nesta via, Schreyer (1982) explica a presença de micas cromíferas nos xistos ultramáficos de O'Brien – Zimbabwe, vicinais a komatiitos ultramáficos. A procedência de cromo a partir de rochas ultramáficas também é reportada por Grapes & Palmer (1996) para as fucsitas de Westland – Nova Zelândia.

Estudos relativamente recentes mostram que o Cr^{3+} pode ser integrado em estruturas filossilicáticas substituindo o Al^{3+} , tanto no caso de argilominerais (Balan *et al.*, 2002), como no caso das muscovitas (Brigatti *et al.*, 2001). Estes estudos, embora explicando que a fucsita, de fato, é hospedeira do cromo e por isso possui um cromatismo verde, sugerem a presença de corpos ultramáficos nas proximidades do jazimento de Lajes-RN.

Chamam também atenção os teores em Zr, W, e Co, todos acima das médias habituais para litologias quartzosas, sedimentares ou parametamórficas. O Zircônio, todavia, costuma acompanhar estatisticamente os teores em silício. O Cobalto é uma espécie química que costuma se associar a Cr-Ni em rochas ultramáficas. O wolfrâmio está habitualmente associado à presença de quantidades residuais de scheelita, minério de muitos jazimentos existentes na região.

CAPÍTULO 8: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAVRA

CAPÍTULO VIII – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA LAVRA

8.1 – REGIME DE EXTRAÇÃO

O regime operacional da jazida será condizente com a produção anual, sendo todo processo de exploração realizado neste período. A pedreira irá operar segundo um regime de um turno diário, totalizando oito horas de duração com duas horas de descanso, durante os cinco dias da semana.

O minério de fucsita quartzito será lavrado a céu aberto através de desmonte mecânico usando uma escavadeira hidráulica para descobertura e exposição do corpo de minério; trator de esteiras para construção e manutenção das vias de acesso e bota-fora e martelos manuais tipo “sinker” para execução de furação primária e secundária visando a obtenção das plaquetas e blocos de rocha ornamental. As bancadas, com altura média de 3,0 m e talude de 60°, permitem a utilização dos equipamentos de desmonte e transporte em cada nível de operação. Tal geometria de cava poderá variar de acordo com a espessura da camada de minério no jazimento.

As operações de emparelhamento dos produtos finais serão realizadas através de processos manuais, com utilização de perfuração e aplicação de cunhas e pixotes com percussão manual através de marretas de 5 kg. Todo o processo previsto será executado de forma essencialmente manual, com a aplicação mínima de explosivos lentos (pólvora e cordel detonante NP 3) visando ao máximo a preservação da integridade do maciço rochoso.

A produção média desejada é de cerca de 50 m³/mês de produto destinado à confecção de plaquetas para revestimento, com preço médio de venda em torno de 450 R\$/m³ e 30 m³/mês de blocos canteirados, com preço médio de venda de 1.300 R\$/m³. Dessa forma espera-se um faturamento médio de cerca de 61.500 R\$/mês.

8.2 – QUANTIFICAÇÃO DO MINÉRIO

O objetivo principal de uma classificação de reserva mineral é o grau de segurança oferecido pelos cálculos, capazes de prognosticar lucro ou desfavor às inversões de capital e investimento.

Dentro das conceituações existentes entre o melhor método a ser utilizado para a quantificação dos minérios prospectados, destaca-se como de grande importância a organização dos dados, que devem ser obtidos, conferidos e apresentados de uma forma sistemática. O conhecimento da tipologia, somado aos fatores econômicos que estão relacionadas à tecnologia de exploração, localização geográfica, infra-estrutura, mercado, etc., conduzirá à apreciação da viabilidade econômica do depósito.

A avaliação quantitativa da reserva da jazida contemplou unicamente a área abrangida pelo corpo de fucsita quartzito verde, delimitado pelo mapeamento geológico de detalhe realizado na área. A partir dessa base geológica foram desenvolvidos os modelos e cálculos que serviram para definição e cubagem da jazida mineral na área.

8.3 – MÉTODO DE CUBAGEM

8.3.1 – Metodologia

Aplicações do Datamine Studio:

- i. **EXPLORAÇÃO** (entrada de dados, estatística, edição de sondagens, modelamento geológico): O Datamine proporciona um conjunto de comandos para entrada e manipulação de dados associados há um amplo nível de capacidades estatísticas, gráficas e de processamento, especialmente projetados para dados geológicos e de mineração. Sondagem em qualquer orientação e com variações de azimute e de inclinação, são facilmente manejados, podendo combinar dados com diferentes intervalos da amostra (Datamine,2002);
- ii. **GEOESTATÍSTICA, MODELAMENTO DE BLOCOS, AVALIAÇÃO DE RESERVAS**: O Datamine usa uma combinação de modelamento “Wireframes” (para superfícies e estruturas, etc.) e modelos de blocos para representar com exatidão estruturas geológicas e as variações de teores em uma jazida. As ferramentas para o modelamento de wireframes incluem um conjunto de algoritmos e operações booleanas que permitem combinar e dividir grupos de wireframes. Uma vez modeladas as estruturas, o Datamine pode converter as wireframes em modelo de bloco. O Datamine proporciona um amplo número de métodos de interpolação, tanto estatístico, como geoestatístico, incluindo técnicas para o desdobramento de estruturas complexas.(Datamine, 2002);
- iii. **PLANEJAMENTO DE MINA A CÉU ABERTO** (Otimização de pits, Planejamento a longo prazo, Projeto do pit com acessos): A otimização e planejamento de longo prazo consiste em tomar um modelo de jazida e convertê-lo em uma série de pits, complementemente planejados, que maximizam o valor presente do lucro líquido da mina

(NPV), ao longo de sua vida útil, levando em conta os requerimentos e restrições da produção. (Datamine, 2002)

8.3.2 – *Elaboração do modelo geológico tridimensional*

A elaboração do modelo geológico tridimensional da jazida obedeceu à seqüência abaixo:

- Interpretação vertical das litologias nos perfis geológicos: a modelagem da jazida foi baseada na interpretação das seções verticais norte/sul e leste-oeste, plotando-se em cada seção a ocorrência de quartzito e estéril (pegmatito, xisto e anfibolito) (figura 3a e 3b);

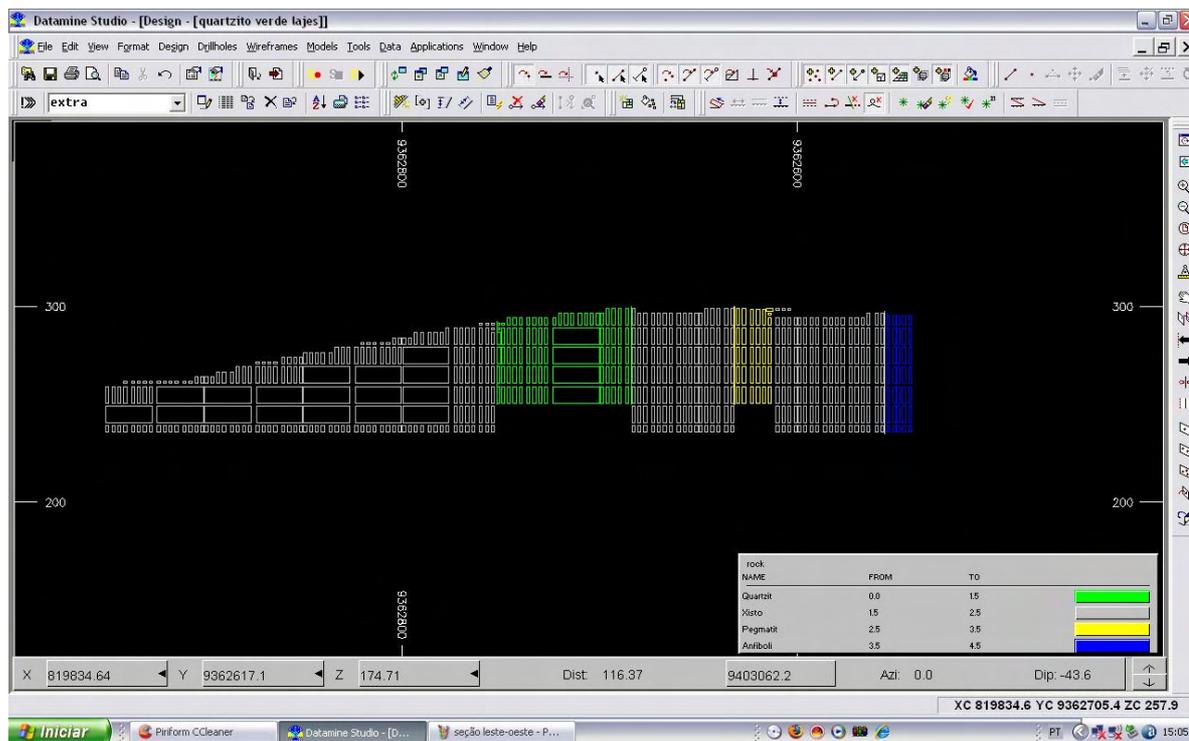


Figura 8.1 a: Seção vertical norte-sul da área de ocorrência do fucsita quartzito.

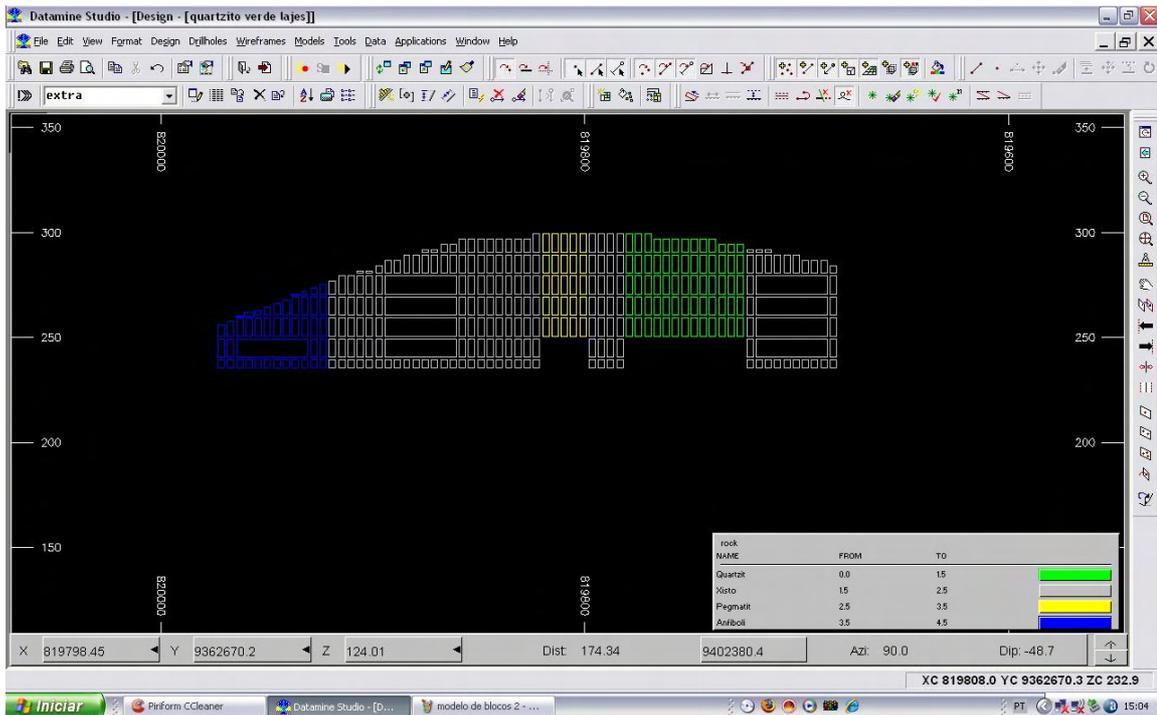


Figura 8.1 b: Seção vertical leste-oeste da área de ocorrência do fucsita quartzito.

- Criação de sólidos geométricos (“strings” e “wireframes”) através da integração das seções e representação espacial da ocorrência de vermiculita e estéril a partir de interpretações verticais das “strings” de cada seção geológica desenhada (figura 4).

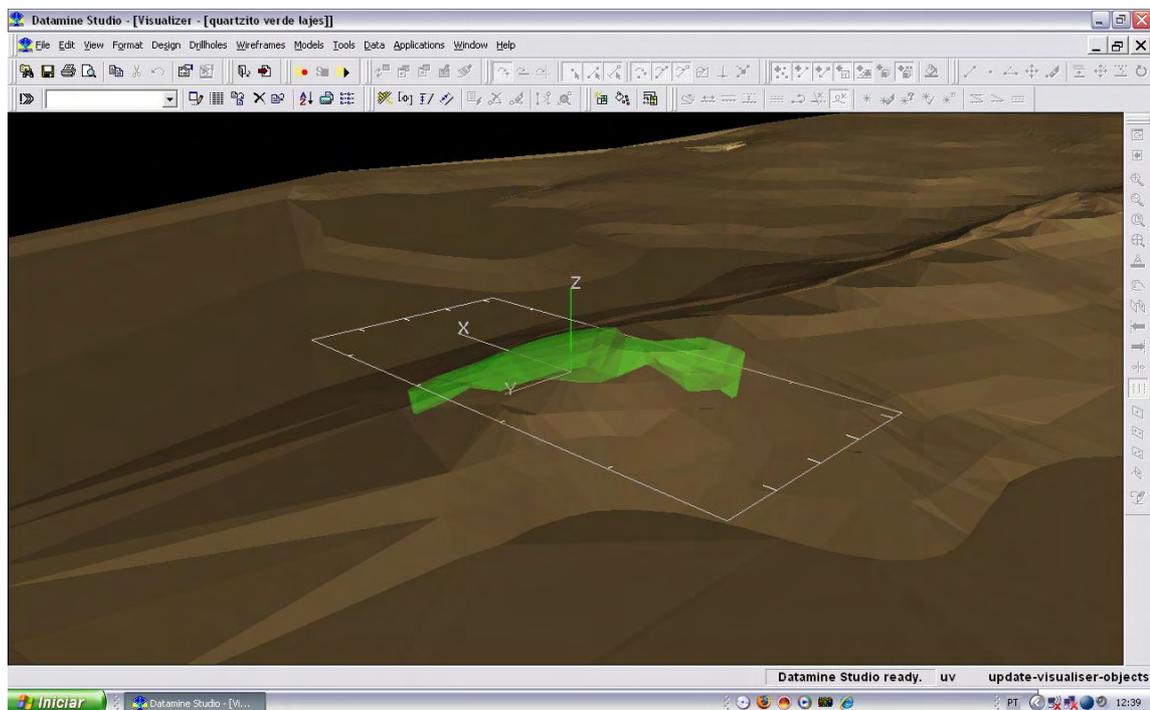


Figura 8.2: Sólido geométrico representando a “wireframe” do fucsita quartzito (verde).

8.3.3 – Interpretação geológica

Foram elaboradas “strings” contendo informações sobre o corpo de fucsita quartzito e “strings” contendo informações sobre as encaixantes, baseadas em seções verticais norte-sul e leste-oeste. Essas poligonais foram usadas para a confecção da malha triangulada (“wireframe”), base para elaboração do modelo geológico da jazida.

8.3.4 – Modelagem do sólido

A superfície envolvente de uma jazida pode ser modelada como uma malha triangulada de pontos. O termo técnico usado para definir esse tipo de modelo chama-se “wireframe”. A partir da interpretação geológica em cada seção vertical, que resultou na criação das poligonais (“strings”), partiu-se para a criação das malhas trianguladas (“wireframe”) utilizando-se os comandos “link strings” e “end link” do software Datamine Studio 2.0.

Dessa forma tem-se a representação espacial de um sólido geométrico, correspondente ao volume de fucsita quartzito e estéril, com suas características litológicas.

As “wireframes” das encaixantes e do fucsita quartzito foram construídas a partir da interpretação das “strings” desenvolvidas anteriormente, que são ligadas através de um algoritmo de triangulação automática de poligonais. A figura 5 abaixo apresenta a visão espacial da “wireframe” correspondente ao corpo de minério de fucsita quartzito.

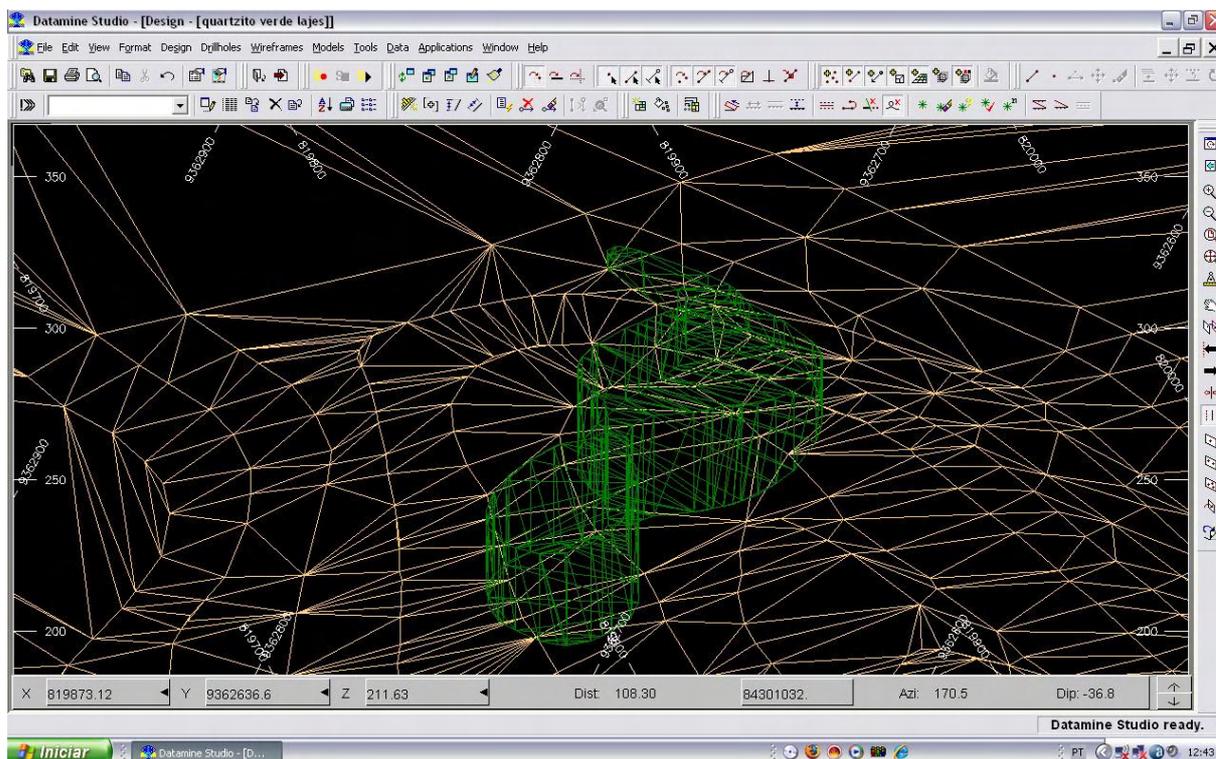


Figura 8.3: Modelamento do corpo de minério feito através da geração da “wireframe”.

A partir da “wireframe”, o volume definido pelo contorno pode ser calculado com precisão. O modelo de “wireframe” representa a forma geométrica dos corpos e também permite a criação de modelo de blocos.

Após determinação do sólido geométrico correspondente ao corpo de minério o mesmo é utilizado para gerar o modelo de blocos que servirá de base para modelagem geológica e cálculo de reservas.

As Figuras 6, 7, 8 e 9 indicam o processo utilizado para delimitação da jazida em modelo de blocos tridimensional com indicação das litologias presentes na área mineralizada.

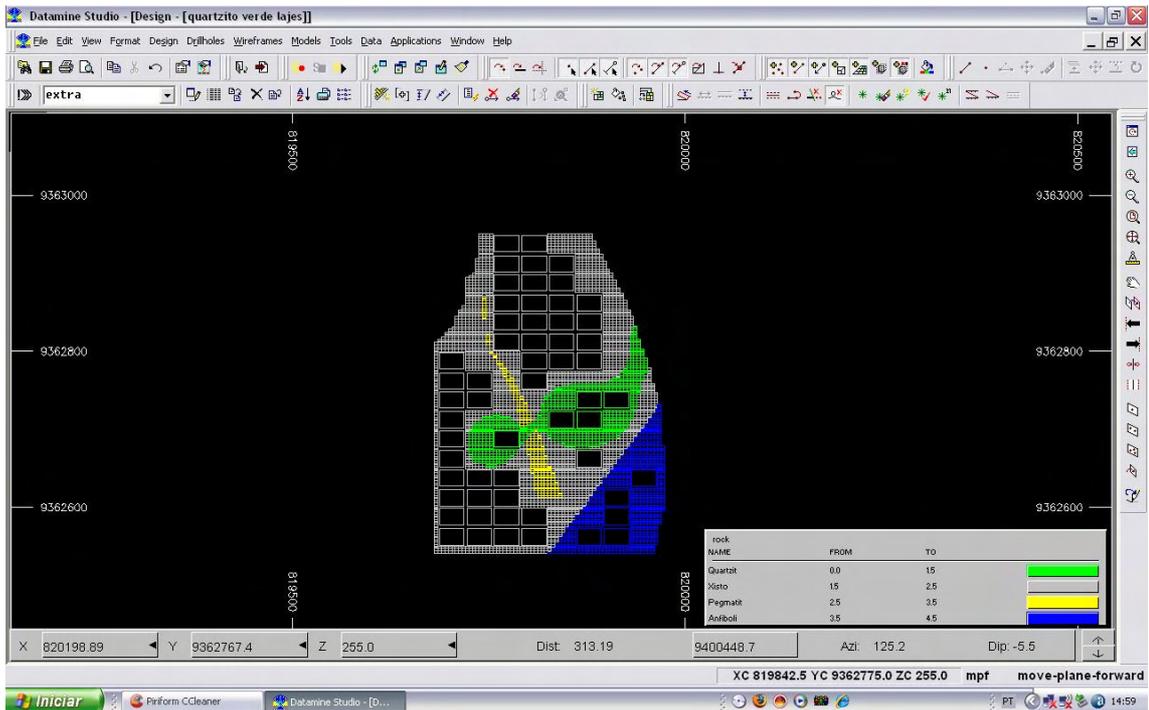


Figura 8.4: modelo de bloco em planta, correspondente a cota z = 265 m

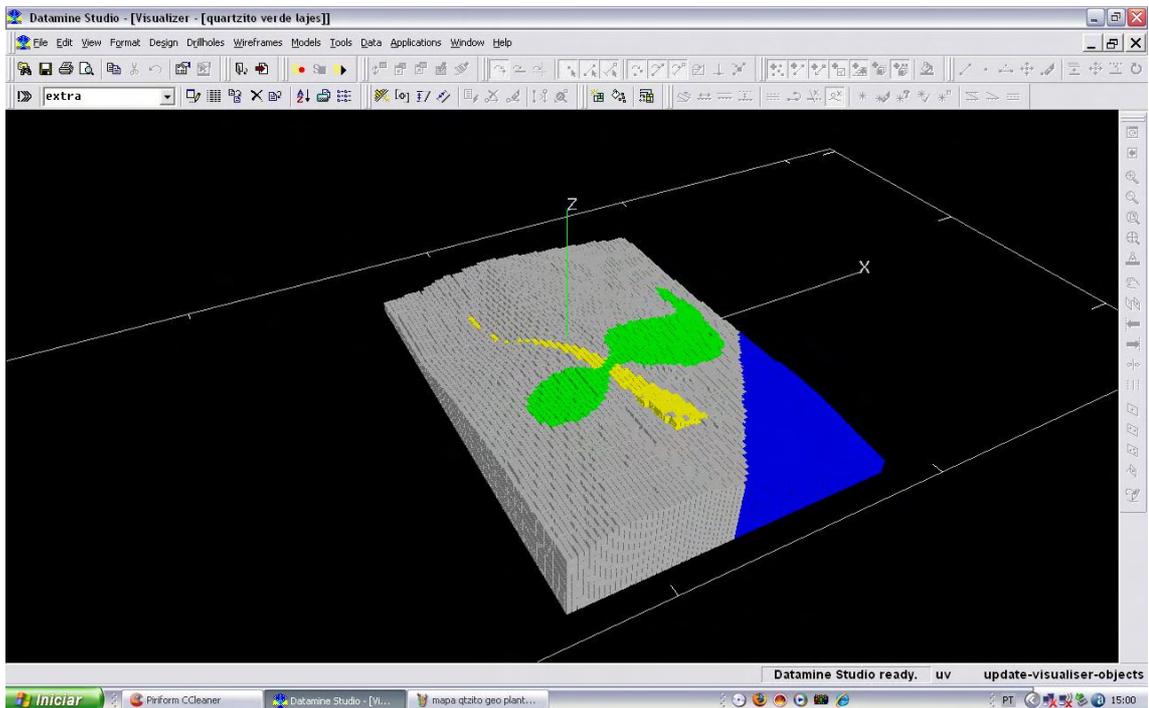


Figura 8.5: Modelo de bloco tridimensional mostrando as litologias presentes na área de estudo e o corpo de fucsita quartzito (verde).

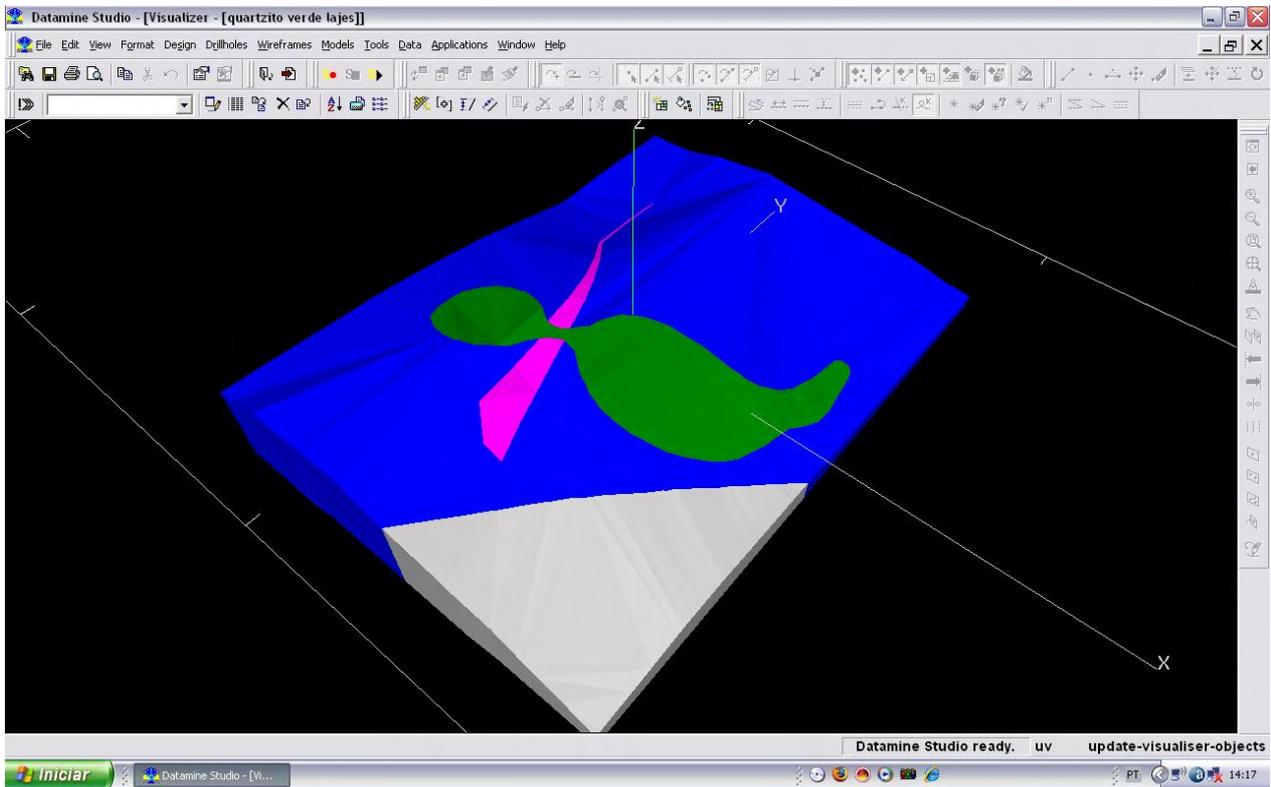


Figura 8.6: Modelamento das wireframes em 3D com indicação do corpo de fucsita quartzito (verde).

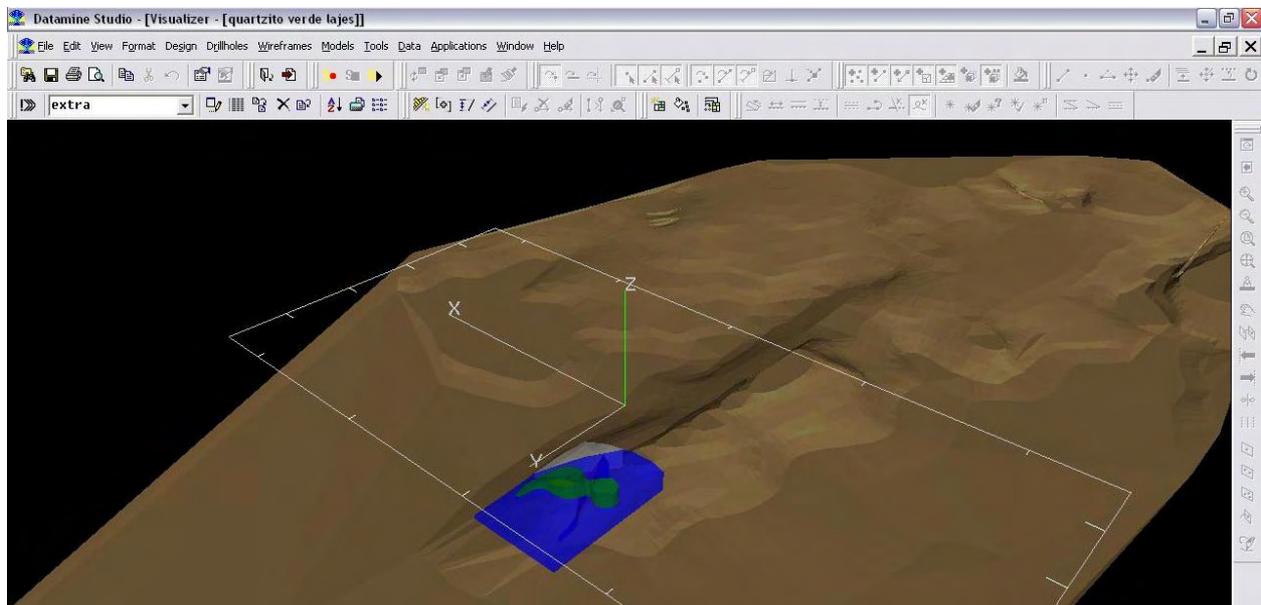


Figura 8.7: Representação tridimensional da área pesquisada da jazida mostrando a topografia da região e o corpo de fucsita quartzito (verde).

O uso do software DATAMINE para o modelamento da jazida em questão tem-se mostrado de grande valia para a moderna avaliação de jazidas minerais. Com sua utilização e desenvolvendo-se os modelos geológicos da jazida, pode-se concluir que a jazida apresenta as seguintes reservas:

Recurso geológico total: 1.200.000 m³

Reserva indicada: 500.000 m³

Reserva medida: 350.000 m³

Considerando uma recuperação média na jazida da ordem de 40% (média dos depósitos de rocha ornamental) tem-se uma expectativa de reservas da ordem de 140.000 m³. Levando-se em consideração o ritmo de produção desejado para a área de fucsita quartzito ornamental tem-se uma vida útil para a jazida estimada em:

$$140.000 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3 = 700 \text{ meses} \Rightarrow 58,33 \text{ anos}$$

8.4 – CÁLCULO DE RESERVAS

Para o cálculo de reservas é preciso considerar o capeamento, a perda direta na lavra e as irregularidades naturais geradas nas seis faces dos blocos produzidos, permitindo-se definir os volumes a serem mobilizados e as relações de recuperação efetiva da lavra. Ao se ter um bom conhecimento da reservas, tal como forma e volume disponíveis, qualidade do material, dimensões dos blocos a serem lavrados, como também suas características geológicas e petrográficas, devem-se passar ao estudo de planejamento da lavra da pedreira definindo sua metodologia de extração e recuperação ambiental.

No caso de maciços rochosos, efetua-se o cálculo de volume através do seu ajuste com o volume de figuras geométricas. Subtrai-se até 50% do volume calculado, dependendo do grau de fraturamento, variações litológicas, presença de veios, enclaves e xenólitos, relativos a perdas presumíveis na exploração, estimando-se assim a reserva potencial teoricamente explotável (Chiodi Filho, 1994, 1995).

O potencial econômico de uma reserva de granito depende do rendimento da lavra, sendo as dimensões dos blocos a serem extraídos não inferiores aos padrões industriais, ou seja, dimensões padrões de blocos para aparelhamento em teares ou de bloquetes para talha-blocos. A produção da pedreira é diretamente influenciada pelo estado de fraturamento do jazimento e pela qualidade das rochas que ele contém. É necessário identificar, mapear e dimensionar essas estruturas contidas no corpo do jazimento a ser explorado porque os volumes de partição podem ter distribuição e frequência diversas segundo a geometria de seus posicionamentos em relação à geotectônica.

No caso de rochas com lineação ou com xistosidade é de extrema importância individualizar a direção preferencial de orientação dos cristais e do plano de melhor clivagem, os quais são necessários para definir a orientação ótima para frentes de avanço da lavra, bem como dos planos para as subdivisões sucessivas. É fundamental o conhecimento prévio das características de uma determinada formação rochosa para correta definição da metodologia de lavra a ser adotada.

O cálculo da reserva medida foi obtido avaliando-se o modelo geológico elaborado através do método descrito acima. Em primeiro lugar foi gerada uma “wireframe” acompanhando em profundidade a configuração geométrica dos afloramentos mapeados em superfície até uma profundidade média de 30 metros na vertical. Os resultados dessa interpretação podem ser observados na tabela 8.1 e serviram de base para definição do recurso mineral total da área da jazida, de cerca de 1.200.000 m³.

A tabela 8.1 apresenta o cálculo realizado no software DATAMINE Studio 2.0 da “wireframe” referente ao esboço geológico desenvolvido para representação da reserva indicada, definida a partir da projeção do corpo de minério em superfície até a cota 250 metros, que indicou uma reserva aproximada de cerca de 505.000 m³. Esse valor considerou-se como reserva do recurso mineral de fucsita quartzito na área de pesquisa.

| SKIPPING SID VALUES CHECK - RECOMMENDED FOR DTMS ONLY | |
|---|---------------------|
| >>> NO PERIMETER FILE | |
| >>> SUMMARY OF WIREFRAME PROPERTIES <<< | |
| ===== | |
| Total volume (above 235.2) = | 1.200.036,74 |
| Volume above 200.0 = | 2188844.78 |
| Projected lower area = | 0.00 |
| Projected upper area = | 28124.59 |
| Projected vertical area = | 0.00 |
| Total surface area = | 40603.68 |
| Minimum elevation = | 235.16 |
| Maximum elevation = | 302.41 |
| Minimum X co-ord. = | 819723.19 |
| Maximum X co-ord. = | 819951.81 |
| Minimum Y co-ord. = | 9362655.00 |
| Maximum Y co-ord. = | 9362831.00 |
| Minimum surface dip = | 0.44 |
| Maximum surface dip = | 89.95 |
| Number of triangles = | 215 |
| >>> TRIVOL Complete <<< | |

Tabela 8.1 – Resultados do cálculo de volume para o modelo representativo do recurso mineral total da área de pesquisa.

| SKIPPING SID VALUES CHECK - RECOMMENDED FOR DTMS ONLY | |
|---|-------------------|
| >>> NO PERIMETER FILE | |
| >>> SUMMARY OF WIREFRAME PROPERTIES <<< | |
| ===== | |
| Total volume (above 250.0) = | 505.040,30 |
| Volume above 250.0 = | 505.032,64 |
| Projected lower area = | 0.00 |
| Projected upper area = | 27852.38 |
| Projected vertical area = | 0.00 |
| Total surface area = | 52457.08 |
| Minimum elevation = | 250.00 |
| Maximum elevation = | 303.09 |
| Minimum X co-ord. = | 819724.12 |
| Maximum X co-ord. = | 819952.25 |
| Minimum Y co-ord. = | 9362654.00 |
| Maximum Y co-ord. = | 9362831.00 |
| Minimum surface dip = | -90.00 |
| Maximum surface dip = | 89.98 |
| Number of triangles = | 368 |
| >>> TRIVOL Complete <<< | |

Tabela 8.2 – Resultados do cálculo de volume para o modelo representativo da reserva indicada da área de pesquisa.

A definição das reservas medidas foi desenvolvida através do método das seções homogêneas, com a utilização de 12 seções geológicas distantes 20 metros uma das outras e apresentadas de forma completa nos anexos, juntamente com a memória de cálculo da reserva medida.

A figura 8.8 abaixo apresenta a configuração espacial das seções geológicas utilizadas para cálculo das reservas medidas do recurso mineral presente na área de pesquisa, relativo ao corpo de fucsita quartzito ornamental.

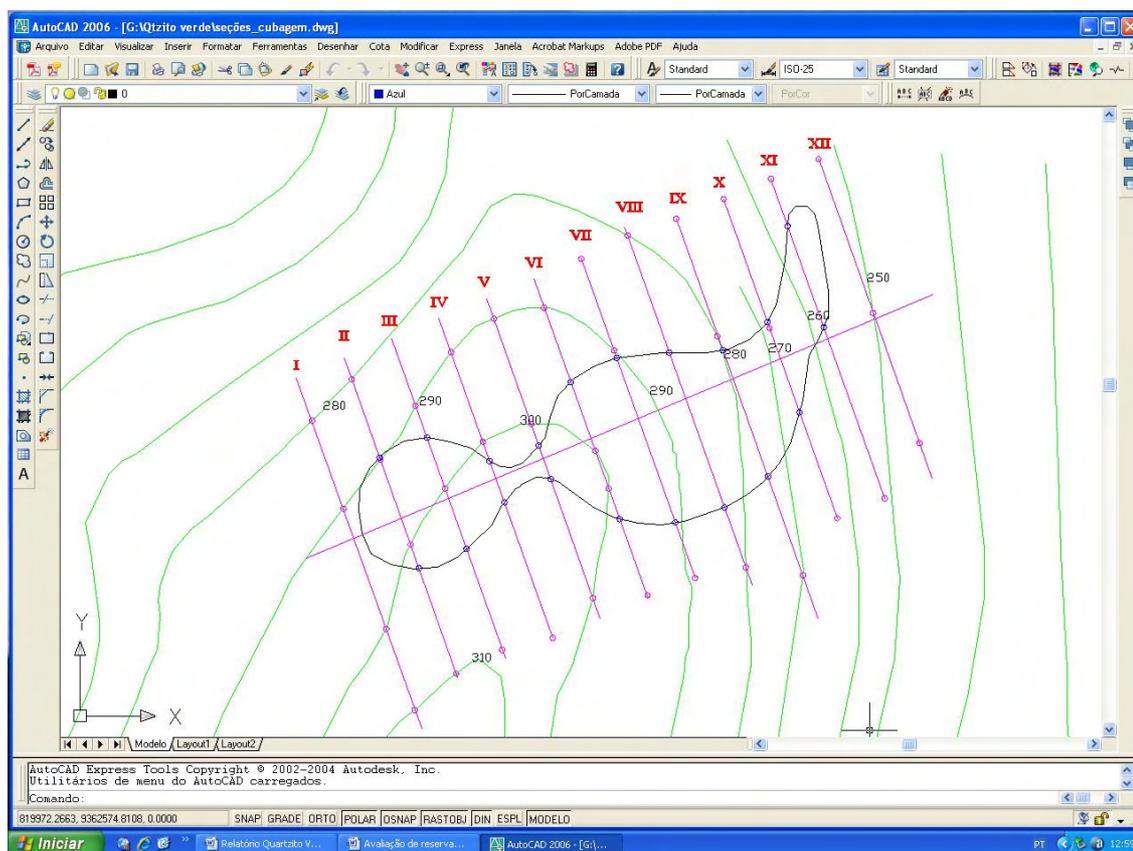


Figura 8.8: Seções geológicas verticais utilizadas na definição das reservas medidas através do método das seções homogêneas

A partir dos cálculos para determinação das reservas medidas, através do método das seções homogêneas (apresentado em anexo), chegou-se a uma reserva medida final de cerca de 350.000 m³, valor esse utilizado no cálculo da vida útil da jazida.

8.5 – VIDA ÚTIL DA JAZIDA

O cálculo para a vida útil da mina foi baseado na produção prevista e no valor da reserva medida obtida através do método das seções homogêneas. O cálculo para definição da vida útil da jazida, a partir da reserva disponível para lavra de fucsita quartzito verde para fins ornamentais, foi realizado como indicado a seguir, considerando uma produção anual de 960 m³ de fucsita quartzito verde, correspondendo a produção de 80 m³ de minério bruto, com recuperação de 40% da massa explotada, chegando-se a uma produção anual de 2.400 m³ de minério.

Vida útil da mina (Vu):

$$Vu = \frac{Rm \times Ft}{Pv} = \frac{235.000 \times 0,60}{2.400} = 58,75 \text{ anos}$$

Onde: Rm = reserva medida

Ft = recuperação na lavra

Pv = produção anual de minério

8.6 – MÉTODO DE DESCOBERTURA

De acordo com o modelo geológico descrito bem como das características topográficas e geológicas a área de descobertura vegetal será feita através da utilização de uma escavadeira hidráulica modelo PC 100 ou similar, estimando-se cerca de 250 horas de operação para execução da descobertura de uma área horizontal de aproximadamente 12.500 m². O material estéril da cobertura será armazenado numa pilha separada para que possa ser usada mais tarde na recuperação ambiental da área minerada. Durante toda a vida útil do projeto a estimativa de total de estéril retirado da cobertura do depósito de fucsita quartzito será de aproximadamente 18.750 m³ (considerando uma espessura média de cobertura de 1,5 m). Tem-se, portanto uma estimativa de relação estéril-minério de cerca de 0,05 m³/m³ de fucsita quartzito, bastante favorável para a operação prevista.

Devido à baixíssima produção de estéril na mina tanto pela produção média projetada como pela baixa relação estéril-minério, esta operação não terá equipamentos mobilizados para este trabalho. Os equipamentos que serão utilizados para a remoção do estéril deverão ser terceirizados e utilizados de acordo com o avanço previsto na lavra.

8.7 – DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE LAVRA

Para o dimensionamento dos equipamentos de produção, foi levado em conta o tipo de sistema de lavra escolhido, baseado numa produção seletiva de bloquetes e blocos comerciais de rocha ornamental, através de processos de corte semi0mecanizados. Os equipamentos relacionados referem aqueles efetivamente necessários a operação de lavra, não estando computados aqueles equipamentos que serão terceirizados nas fases de descobertura e abertura de acessos à área de lavra.

A metodologia de lavra consiste de uma série de operações unitárias visando a separação do maciço rochoso de pequenos bloquetes de fucsita quartzito que serão posteriormente desdobrados em plaquetas para uso em revestimento de edificações. As porções maiores e mais íntegras do maciço, que permitem a obtenção de blocos maiores, com volumes a partir de 7 m³, que serão destinados ao desdobramento em teares multilâminas e obtenção de chapas polidas de material ornamental.

Para a obtenção dos bloquetes serão utilizados martelotes manuais e furos raiados preenchidos com pólvora para destacamento de pequenas porções do maciço que serão posteriormente desdobrados com utilização de perfuração e aplicação de cunhas com percussão mecânica através de marretas, de forma manual.

Os blocos comerciais serão obtidos através da compartimentação do maciço com perfuração em linha de furos espaçados em 25 cm através de “quarry bar” (coluna de perfuração acoplada a binário estacionário), aplicação de argamassa expansiva nos cortes primários, posterior derrubada de pranchas de cerca de 20 m³

cada, e posterior desdobramento das pranchas derrubadas com aplicação de perfuração coplanar com furos eqüidistantes em 20 cm e aplicação de cunhas com percussão manual.

8.7.1 – Carregamento e transporte

O carregamento e transporte de bloquetes se dará por meios manuais utilizando-se carrinhos de mão até a cancha de emparelhamento onde os mesmos serão classificados e separados em lotes para comercialização.

O carregamento e transporte de blocos comerciais será realizado através do arraste dos blocos por meio de guinchos até a cancha de emparelhamento onde os mesmos, após o canteiramento, serão carregados em caminhões através de pau de carga para expedição e comercialização.

Considerando que cada carrinho de mão tracionado manualmente tem a capacidade de transporte de cerca de 150 kg, correspondendo a aproximadamente 0,075 m³, estima-se a necessidade de aproximadamente 4 carrinhos conforme cálculo abaixo:

Distância à cancha de emparelhamento: 300 m

Velocidade de transporte: 3 km/h

Tempo de transporte (ida e volta): $300 \text{ m} / 3.000 \text{ m/h} \times 2 \times 60 = 12'$

Carga e descarga dos carrinhos: $5'' \times 2 = 10'$

Tempo de ciclo dos carrinhos: $22' \times 1,2 = 26,4'$

Capacidade horária de produção: $60 / 26,4 \times 0,075 = 0,17 \text{ m}^3$

Capacidade diária de produção: $0,17 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 6 \text{ h} = 0,82 \text{ m}^3$

Produção diária visada: $50 \text{ m}^3/\text{mês} / 0,4 / 20 / 6 = 1,05 \text{ m}^3$

Número de carrinhos: $1,05 / 0,82 = 1,28 \Rightarrow 2 \text{ carrinhos} + 2 \text{ reserva}$

Para o carregamento dos blocos comerciais será utilizado um guincho com capacidade de arraste de 30 ton, a ser instalado próximo à cancha de emparelhamento, onde os blocos lavrados serão canteirados em medidas comerciais para desdobramento em teares multilâminas a granalha, com volume mínimo de 7 m³.

8.7.2 – Transporte

O transporte das plaquetas e blocos comerciais será realizado através de caminhões caçamba, trucados ou não, e será de responsabilidade dos compradores. Na cancha de emparelhamento será instalado um pau de carga, com capacidade de 30 ton que servirá tanto para a elevação de blocos comerciais como de lotes de plaquetas.

8.8 – EQUIPAMENTOS DE APOIO

Os equipamentos de apoio são essenciais para a manutenção das condições ambientais, desenvolvimento da mina, produtividade e manutenção do empreendimento mineiro. Os equipamentos a serem adquiridos são:

- Trator de esteira D4;
- Compressor a diesel com capacidade de 375 cfm e pressão de trabalho de 100 psi;
- Camionete para supervisão e transporte de materiais;
- Motobomba a diesel;

A mina terá, pelo menos, uma unidade de cada um destes equipamentos. O dimensionamento destes equipamentos não será abordado, pois não se tratam de equipamentos de produção direta.

8.9 – HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Tratando-se de uma mina a céu aberto, a higiene não representa um problema em potencial. Sendo assim, será construído para os funcionários da unidade de mineração um vestiário dotado de banheiros com fossa séptica.

Seguindo normas de trabalho, serão disponibilizados para todos os funcionários os equipamentos de proteção individual (EPI):

- Botas de proteção com biqueira frontal de aço;
- Capacete com jugular;
- Luvas de baqueta;
- Protetores auriculares;
- Óculos de proteção;

8.10 – RECEITA

O preço proposto para a venda dos bens minerais a serem produzidos estão embasados no valor praticado atualmente pelo mercado de rochas ornamentais. Na tabela 8.3 a seguir encontra-se o preço estimado e o faturamento previsto para a venda de toda produção planejada pela empresa cessionária.

Tabela 8.3: ESTIMATIVA DE RECEITA

| MINÉRIO | Preço Unitário R\$/m ³ | Produção | Faturamento R\$/mês |
|-----------------------------|---|------------------------|-------------------------------|
| Plaquetas | 450,00 | 50 m ³ /mês | 22.500 |
| Blocos comerciais | 1.300,00 | 30 m ³ /mês | 39.000 |
| Total projetado | - | 80 m ³ /mês | 61.500 |
| Preço de venda médio | 768,75 | | |

O transporte ficará a cargo do cliente, ou seja, o preço comercializado é FOB mina.

8.11 - CUSTOS

Neste item são apresentados os custos que deverão incidir direta e indiretamente para a obtenção da produção prevista. Os mesmos referem às despesas com pesquisa geológica, licenciamento operacional e ambiental da área, investimento inicial em equipamentos e infra-estrutura, custos operacionais com insumos e mão-de-obra direta, custos administrativos, despesas indiretas e tributação,

8.11.1 - Extração

Os custos com extração do fucsita quartzito está implicitamente relacionado com os valores de gastos com mão-de-obra, material de consumo, manutenções preventivas e corretivas e os custos administrativos envolvidos no projeto. A tabela 8.4 a seguir apresenta a estimativa de custos com insumos operacionais.

| Item de custo | Custo mensal (R\$) | Custo anual (R\$) |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Brocas de perfuração (0,60 – 3,20 m) | 2.500,00 | 30.000,00 |
| Cordel detonante NP3 e NP5 | 1.250,00 | 15.000,00 |
| Pólvora | 750,00 | 9.000,00 |
| Óleo diesel | 2.000,00 | 24.000,00 |
| Comissões sobre emparelhamento | 900,00 | 10.800,00 |
| Argamassa expansiva | 4.500,00 | 54.000,00 |
| Total | 11.900,00 | 142.800,00 |

Tabela 8.4: Estimativa de custo anual de insumos diretos

O valor de manutenção preventiva e corretiva foi estimado em 5% do valor de aquisição dos equipamentos principais da pedreira e corresponde a um total de R\$ 9.925,00 por ano, conforme apresentado no cálculo abaixo:

$$\text{Manutenção} = 198.500 \times 5\% = \text{R\$ } 9.925,00 \text{ /ano}$$

A tabela 8.5 a seguir apresenta a estimativa de custo relacionada aos gastos com pessoal diretamente empregado nas atividades de lavra na pedreira.

| Função | Quantidade | Salário/mês/Função | Enc. Sociais 110% | Total/ano (R\$) |
|---------------------|------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Encarregado | 01 | 1.500,00 | 1.650,00 | 37.800,00 |
| Marteleiteiro | 04 | 600,00 | 660,00 | 60.480,00 |
| Auxiliar produção | 10 | 400,00 | 440,00 | 100.800,00 |
| Operador de máquina | 01 | 800,00 | 880,00 | 20.160,00 |
| Total | 16 | 8.700,00 | 9.570,00 | 219.240,00 |

Tabela 8.5: Folha de pagamento do pessoal direto

A tabela 8.6 a seguir apresenta a estimativa de custos indiretos e administrativos relacionados ao projeto de implantação da pedreira de fucsita quartzito em Lajes – RN.

| Item de custo | Custo mensal (R\$) | Custo anual (R\$) |
|----------------------------|--------------------|-------------------|
| Mão-de-obra administrativa | 5.000,00 | 60.000,00 |
| Energia elétrica | 200,00 | 2.400,00 |
| Material de consumo | 500,00 | 6.000,00 |
| Telefonia | 300,00 | 3.600,00 |
| Manutenção instalações | 500,00 | 6.000,00 |
| Comissões sobre vendas | 1.500,00 | 18.000,00 |
| Total | 8.000,00 | 96.000,00 |

Tabela 8.6: Estimativa de custos indiretos e administrativos da mina

Contabilizando-se os custos diretos e indiretos envolvidos no processo de produção de bloquetes e blocos comerciais de fucsita quartzito é estimado em 100 R\$/m³, conforme demonstrado no cálculo abaixo:

$$\text{Valor por m}^3 \text{ desmontado} = \frac{\text{R\$ } 467.965,00}{960 \text{ m}^3} = \text{R\$ } 487,46 / \text{m}^3$$

Nestes custos já se encontra gastos com combustível e manutenção de equipamentos e toda a parte administrativa do projeto, apenas não se considerando ainda os gastos com impostos e tributação, que serão apresentados a seguir.

8.11.2 – *Royalty*

Não estão previstas despesas com pagamento de “royalties” pois a área de lavra encontra-se em propriedade do próprio minerador.

8.11.3 – *Encargos fiscais*

A alíquota do ICMS é de 17%, porém existe a recuperação de ICMS pago na aquisição de materiais que incidem diretamente na produção, desta forma a base de cálculo será de 10%.

O valor da CFEM é de 2%, segundo a Lei Nº 7.990 de 28/12/89, modificada pela Lei Nº 8.001 de 13/03/90, incidente sobre o valor da receita após ser deduzido os impostos, seguros e o transporte.

O COFINS e o PIS perfazem 7,6%, e 1,65% respectivamente, porém existe crédito pela aquisição de materiais para a produção do minério, logo a base de cálculo será reduzida em 40%.

A Contribuição Social será de 8% sobre o lucro operacional após a dedução do valor da exaustão, sendo o resultado integralmente deduzido do lucro sujeito a tributação do IR.

A alíquota do imposto de renda será de 15% incidente sobre a base de cálculo apurada na forma do lucro real.

Na tabela 8.7 abaixo, encontra-se a totalização dos impostos a serem pagos anualmente, antes do imposto de renda.

| TABELA 8.7: IMPOSTOS E TRIBUTAÇÃO | | |
|--|-----------|---------------------|
| Referência | Alíquota% | Valor R\$ |
| ICMS* | 10,00 | 1.615.000,00 |
| PIS* | 1,00 | 161.500,00 |
| CONFINS* | 4,56 | 736.440,00 |
| CFEM | 2,00 | 272.741,20 |
| TOTAL ** | | 2.785.681,20 |
| * Diferença entre crédito e débito | | |
| * * Valor anual | | |

8.11.4 – *Investimento inicial*

Haverá a necessidade de abertura de vias de acesso no interior da mina, com o objetivo de melhorar o escoamento do minério, bem como de

investimento em equipamentos e infra-estrutura de apoio a atividade mineral. A tabela 8.8 apresenta as estimativas de investimento inicial em equipamentos e infra-estrutura para a pedreira de fucsita quartzito em Lajes - RN.

| INVESTIMENTO INICIAL PREVISTO (Valores em reais) | | | | |
|---|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ESPECIFICAÇÕES | INVESTIMENTOS | % TAXA DEP. | VL.DEP/ANO. | CLASS/CUSTO |
| Pesquisa geológica | 15.000,00 | - | - | Operacional |
| Legalização da área | 8.000,00 | - | - | Operacional |
| Descobertura da área | 15.000,00 | - | - | Operacional |
| Abertura dos acessos | 8.000,00 | - | - | Operacional |
| Veículos | 60.000,00 | 20 | 12.000,00 | Operacional |
| Pau de carga | 15.000,00 | 5 | 750,00 | Operacional |
| Guincho de 30 ton | 10.000,00 | 5 | 500,00 | Operacional |
| Trator D4 (usado) | 60.000,00 | 10 | 6.000,00 | Operacional |
| Quarry-bar (2 unidades) | 5.000,00 | 20 | 1.000,00 | Operacional |
| Compressor 375 cfm | 25.000,00 | 10 | 2.500,00 | Operacional |
| Marteletes (4 unidades) | 12.000,00 | 20 | 2.400,00 | Operacional |
| Afiador de brocas | 3.500,00 | 10 | 350,00 | Operacional |
| Ferramentaria | 3.000,00 | 20 | 600,00 | Operacional |
| Prédio administrativo | 15.000,00 | 5 | 750,00 | Administração |
| Instalações hidro-sanitárias, elétricas e telefônicas | 5.000,00 | 5 | 250,00 | Administração |
| Capital de giro | 50.000,00 | - | - | Administração |
| Total do investimento | 309.500,00,00 | | | |
| Depreciação | | | | |
| Operacional | | | 26.100,00 | |
| Administração | | | 1.000,00 | |
| Total da depreciação | | | 27.100,00 | |

Tabela 8.8: Estimativa de investimento inicial em infra-estrutura da mina

Foram gastos R\$ 15.000,00 com a pesquisa geológica de toda a área mapeada, R\$ 4.000,00 na legalização da mineradora junto ao DNPM e R\$ 4.000,00 com o licenciamento ambiental somando a montante de R\$ 23.000,00 de despesas em pré-investimento.

8.11.5 – Capital de giro

O capital de giro estimado para a condução do projeto mineiro é da ordem de R\$ 50.000,00, este valor é equivalente ao custo operacional e administrativo apurados para a produção durante aproximadamente 1,5 meses.

No fluxo de caixa foi feita uma previsão do aporte deste recurso no primeiro ano de vida do empreendimento.

O capital de giro não deverá ser amortizado e sim ressarcido no final do décimo ano de exploração da jazida.

8.12 – FLUXO DE CAIXA DO EMPREENDIMENTO

Na confecção do fluxo de caixa utilizou-se como modelo temporal o período de quinze anos para o seu cálculo. A partir do fluxo de caixa do projeto foram calculados os indicadores financeiros de lucratividade tempo de pagamento, valor atual líquido e taxa interna de retorno a fim de verificar a viabilidade econômica do empreendimento.

8.13 – TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE

Em geral nos projetos de mineração, as taxas de retorno variam em função do risco do empreendimento, sendo que normalmente são escolhidos valores entre 10 e 25% de taxa de atração anual.

Considerando que existem opções de investimentos em títulos oficiais que rendem até 12% ao ano sem oferecer qualquer risco, indicamos como viável uma taxa de 15% ao ano para o cálculo do valor atual líquido do projeto para um período de 15 anos.

8.14 – VALOR ATUAL DO EMPREENDIMENTO

Como capital imobilizado tem-se a avaliação da jazida que será procedida com base no Método da Renda empregando-se a fórmula de Hoskold, utilizada para jazidas com reserva mineral abundante:

$$V = \frac{A}{\frac{a}{R^n - 1} + r} = \frac{270.000,00}{\frac{(0,02680965)}{(1,02680696)^{58} - 1} + 0,15} = 1.223.109,55$$

Onde:

V – valor da jazida;

A – lucro anual (valor médio aproximado de R\$ 270.000,00)

a – taxa de amortização = $1 / n$ ($a = 0,02680965$)

n – número de anos lucrativos previstos (n = 58 anos)

r – juros anuais em decimais (r = 0.15)

R = 1 + a. (assim temos $R = 1 + 0,02680965 \Rightarrow R = 1,0268096$).

Efetuada as operações encontramos o valor atual imobilizado da jazida de R\$ 1.223.109,55. Isto mostra que o investimento inicial proposto por este relatório mostra-se viável do ponto de vista financeiro.

A tabela 8.9 em anexo apresenta o fluxo de caixa estabelecido para a operação mineradora que serviu para a determinação dos critérios e avaliação econômica do empreendimento.

8.15 – ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA (VPL, TIR, PAYBACK)

O valor atual líquido foi calculado tomando como base os primeiros 15 anos de produção na data focal (ano um) do ano início da produção (2010), utilizando uma taxa de atratividade de 15% ao ano.

Como se pode observar na tabela 8.9, o valor atual líquido do empreendimento no final foi calculado em R\$ 300.569,00; indicando a viabilidade econômica do empreendimento.

Desta forma podemos dizer que a Taxa Interna de Retorno TIR é igual a taxa que satisfaz a seguinte equação:

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Como uma ferramenta de decisão, a TIR é utilizada para avaliar investimentos alternativos. A alternativa de investimento com a TIR mais elevada é normalmente a preferida; também deve se levar em consideração que colocar o investimento em um banco é sempre uma alternativa. Assim, se nenhuma das alternativas de investimento atingir a taxa de rendimento bancária ou a Taxa Mínima de Atratividade

(TMA), este investimento não deve ser realizado. Com isso o valor calculado para a TIR é de 33,26% a.a.; que é maior que a taxa mínima de atratividade que é de 15% ao ano mostrando que o projeto em questão é viável.

O período de pagamento do investimento inicial (“payback”) é de 2,97 anos o que confirma a lucratividade do empreendimento, visto que o capital retorna ao investidor em cerca de 3 anos de operação.

CAPÍTULO 9: POSSIBILIDADES DE USO E APLICAÇÃO PARA O FUCSITA QUARTZITO

CAPÍTULO IX - POSSIBILIDADES DE USO E APLICAÇÃO PARA O FUCSITA QUARTZITO

O jazimento do fucsita quartzito apresenta possibilidades de aproveitamento econômico, considerando-se inicialmente o seu razoável volume, estimado em 252.000 m³, desde que em regime de produção de bloquetes, uma vez que a presença de fraturamentos não permitiria uma lavra econômica com produção de blocos para aparelhamento em teares. Assim, em primeira instância, poder-se-ia cogitar a comercialização de lajotas (30x30cm a 30x40cm), como forma de produzir *cash* suficiente para os custos operacionais básicos da mineração. Entretanto, o melhor aproveitamento da reserva deverá incluir a tentativa de agregar valor aos volumes extraídos através de aplicações mais nobres (vide figuras 8.2.1 e 8.2.2), inclusive o mercado de artesanato mineral e joalheria (vide figura 8.2.3).

Os resultados dos ensaios tecnológicos mostraram que lajotas do fucsita quartzito poderão ser aplicadas preferencialmente em pisos e revestimentos internos, uma vez que os resultados de absorção d'água mostraram-se um pouco elevados, o que resultaria em custos adicionais de impermeabilização prévia para aplicações externas.

Figura 9.1 PISOS E REVESTIMENTOS**pisos em quartzito****pedra antiderrapante de vários tamanhos****Tamanhos diversos (estilo veneziano)****Resistência****Ladrilhos para pisos e paredes****Retalhos/filetes**

Figura 9.2 LAJES E LAJOTAS EM TAMANHOS E FORMAS DIVERSAS



Fonte: Pedreira Santa Marta - GO

Figura 9.3 JOALHEIRIA E DECORAÇÃO

Fonte: Pedras Brasileiras

CAPÍTULO 10: CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

FINAIS

CAPÍTULO X - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jazimento de fucsita-quartzito, aqui denominado de quartzito Verde Esmeralda, situado nas proximidades de Lajes-RN, corresponde a uma fácies de uma rocha parametamórfica quartzosa. Sua tonalidade verde é, sobretudo, assegurada pela presença de um percentual significativo de fucsita, uma muscovita cromífera, em proporções de aproximadamente 15 a 20% em rocha total. Considerou-se para efeitos de cubagem o valor de 235.000 m³ como reserva medida do corpo mineral de fucsita quartzito.

O regime de produção sugerido seria o de bloquetes para talha-blocos, tentando-se uma produção de ladrilhos para sustentação apenas do empreendimento, em termos de seus custos operacionais. Neste caso, conforme resultado dos ensaios físicos feitos com amostragem desta matéria-prima, é possível que os ladrilhos necessitem de impermeabilização preventiva, face aos seus índices limitantes de absorção d'água e porosidade aparentes.

Recomenda-se que estudos de marketing possam ser empreendidos, no sentido de produção artesanal para o quartzito Verde Esmeralda, inclusive como peças de adorno em joalheria, a fim de se estimular um valor agregado à produção.

Neste caso, a lavra seria seletiva aproveitando-se, preferencialmente, a sua denominada "fácies 1" e, inclusive, a previsão de sua separação, por catação, no âmbito do minério *run-off mine*. A qualidade cromática do produto é decididamente competitiva em relação a outros produtos similares encontrados no mercado, como aqueles com cromatismo verde da aventurina.

Com relação à determinação de reservas minerais e da viabilidade econômica lavra, esse projeto foi elaborado tendo como o objetivo principal apresentar as técnicas modernas de avaliação de reservas com a utilização de ferramentas computacionais e o desenvolvimento da metodologia de avaliação econômica de projetos minerais relativo a uma jazida de fucsita quartzito para fins ornamentais existente em Lajes – RN.

Podemos concluir que o projeto de lavra de fucsita quartzito em Lajes - RN é viável economicamente gerando um valor líquido presente de cerca de R\$ 300.000,00; uma taxa interna de retorno de 33,26% a.a. e possui um tempo de retorno do investimento de cerca de 3 anos.

O investimento inicial no valor de R\$ 309.500,00 refere-se ao valor total gasto em pesquisa e legalização da área, aquisição dos equipamentos básicos de mineração e implantação da infra-estrutura necessária as operações na pedreira, além dos equipamentos de apoio e capital de giro para o desenvolvimento do projeto. De acordo com o fluxo de caixa esse valor é recuperado em 3 anos de operação.

Os resultados encontrados indicam a viabilidade técnica e econômica do empreendimento e justificam o investimento a ser realizado na abertura da pedreira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992a. NBR 12.766/92: rochas para revestimento; determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Rochas para revestimento. Análise petrográfica. Norma ABNT-NBR 12.768, 1992, p2.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Norma ABNT-NBR 12.766, 1992, p2.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. Norma ABNT-NBR 12.764, 1992. 2p.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992b, NBR 12767: Rochas para Revestimento – Determinação da Resistência à Compressão Uniaxial
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao ataque químico. ABNT-NBR 13.818, Na. H, 1997, 3p.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992d, NBR 12763: Rochas para Revestimento – Determinação da Resistência à Flexão.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao Manchamento. ABNT-NBR 13.818, An. G, 1997, 3p.

- AMERICAN SOCIETY for testing and Materials. ASTM – C 615. Standard Specification for Granite Dimension Stone. Philadelphia, USA. 1992.
- ARTUR, A.C.; MEYER, A.P.; WERNICK, E. 2002. Características tecnológicas de granitos ornamentais: a influência da mineralogia, textura e estrutura da rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2002. Salvador-BA. Ed. CETEM/MCT - Rio de Janeiro, p. 13-19.
- BALAN, E., ALLARD, T., MORIN, G. and CALAS, G., 2002. Incorporation of Cr 3^+ in dickite: a spectroscopic study. *Phys. Chem. Minerals*, **29(4)**: 273-279.
- BARBOSA, A.J. & PAIVA, I.P. 1998. Sistemática metodológica baseada em fatores físicos das rochas e na infra-estrutura, para uso em mapa da atratividade econômico-geológico de rochas para fins ornamentais, CPRM, relatório 12p.
- BENAVENTE, D.; GARCÍA DEL CURA, M.A. BERNABÉU, A.; ORDÓÑEZ, S. 2001. Quantification of salt weathering in porous stones using an experimental continuous partial immersion method. *Engineering Geology*, 59:313-325.
- BEZERRA DE MELO, E & COSTA, F. M.O. 2002. Escolha de tipos texturais de rochas e sua aplicação ornamental. In: Simp. Rochas Ornamentais do Nordeste, 3, Recife, Anais, 3:9p.
- BEZERRA, J.E. 2003. Alterabilidade de rochas com aplicação ornamental: procedimentos analíticos para sua avaliação. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 117p.
- BRAZ PEREIRA, E.; AMARAL, M. Situação atual do setor de rochas ornamentais do NE. Fortaleza: Inst. Euvaldo Lodi, 1997. v.5, 149p.

- BRIGATTI, M.F., GALLI, E., MEDICI, L., POPPI, L., CIBIN, G., MARCELLI, A. and MOTTANA, A., 2001. Chromium-containing muscovite. *Europ. Journ, Mineral.*, **13(2)**: 377-389.
- BRITO NEVES, B. B.; KAWASHTA, K. & PESSOA, D.R. – 1976 – A posição estratigráfica do complexo Caicó. Atas VII Simp. Geol. Nordeste/SBG, 5:289-298.
- CARANASSIOS, A., STELLIN JR., A., AYRES DA SILVA, L.A. 1994. Considerações acerca do estado de tensões dos maciços na lavra de rochas ornamentais. In: II CONGRESSO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS. Anais Verona 1994, p. 283-285.
- CARANASSIOS, A.; DE TOMI, G.; SILVA, N.S. Utilização de Software de Mineração no Planejamento de Lavra de Rochas Ornamentais 1º Seminário de Rochas Ornamentais do NE, p. 150-156. Olinda-PE, 1998.
- CARDOSO, J.J.R.F. & CASTRO, C. 1979. Aspectos geológicos do quartzito de Garanhuns (PE) e seu capeamento. In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 9, Natal. Resumos Expandidos, 343-348.
- CARMONA, L.C.M, 2002. Geologia, Geoquímica e Avaliação Econômica do Migmatito “Rosa Imperial”, Domínio Meridional da Província Borborema, Ne Brasil. Dissertação de Mestrado, UFPE, 175p.
- CARRISO, R. C.C.; COSTA, M.S.V.; CARVALHO, M.R.S.; VIDAL, F.W.H. 2005. Avaliação de granitos ornamentais do sudeste através de suas características tecnológicas. *Revista Rochas de Qualidade*, 38(184):129-130.
- CARVALHO, O. O. - 1986 – Projeto Ouro, Lajes/RN – Relatório Parcial de pesquisa. Relatório interno, CDM/RN, 63 p.
- CHATERJEE, R.S. & DAS, S., 2004. Tattékere conglomerate-quartzite association: Origin and stratigraphic position of a disputed Archean formation in the

supracrustals of Karnataka, India. *Journ. Asian Sci.*, **23(2)**: 247-261.

CHIODI FILHO, C.A., 1994. Pesquisa Geológica: O Primeiro Passo. *Rochas de Qualidade*, São Paulo, V. 25, nº 117, p. 58-71.

CHIODI FILHO, C.A. 1995. Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: MCT, CNPq E CETEM. Série Estudos e Documentos, 28:75p.

CHIODI FILHO, C.A., 2001, Termo de Referência Setorial da Indústria de Rochas Ornamentais do Brasil. In: Encontro Rio Grande do Sul – Itália do Setor de Rochas Ornamentais. Porto Alegre, APEX/ABIROCHAS/SIMAG/FIERGS/CCI-RS. 17p.

CHIODI, C.F. & RODRIGUES, E.P. 1997. Indicadores de alterabilidade para rochas silicáticas e carbonáticas em revestimentos. *Rocha e Equipamentos*, 48:70-84.

COSTA A.P.L.; NOGUEIRA NETO, J.A.; CAIATY, A.A.; LIMA, M.A.B.; TORQUATO, M.F.P.; VERÍSSIMO, C.U.V. 2000. Granulitos de Chorozinho (NE do Estado do Ceará): Caracterização tecnológica de alguns litotipos, voltada ao aproveitamento como rochas ornamentais. In: XVIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. RESUMOS. Boletim Nº 16, Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Nordeste. Recife-PE, 2000. Página 155.

COSTA, A.P.L., 2003, Caracterização Geológica e Tecnológica dos Granulitos da Região de Chorozinho (Nordeste do Ceará). Dissertação de Mestrado, UFC, 104p.

COSTA, J.I ; SOUZA, W.T & CURI, A. 2005. Caracterização Tecnológica de uma Jazida de Serpentinó como Rocha Ornamental. In: V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, págs 37-46. Recife-PE

COSTA, V.M., PAIVA, I.P., SILVA FILHO, AF, SICOLI, J.C., SANTOS, E.J., GUIMARÃES, I.P., SIQUEIRA, D.V. E BRASIL, E.B., 2002. Condicionamento

Geológico das Ocorrências de Rochas Ornamentais das Folhas Garanhuns e Belém do São Francisco, escala 1:250.000. In: Anais do Simp. de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, pp. 1-10.

CPRM/MME, Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Diagnóstico do Município de Lajes – RN (2005).

DNPM, Roteiro Básico para Pesquisa de Rocha Ornamental, 2006-2007. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia em Aracaju-SE (2006) e no III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais – Natal –RN (2007).

DIB,P.P.;FRASCÁ, M.H.O.B.; BETTENCOURT, J.S. 1999. Propriedades Tecnológicas e petrográficas do Granito Rosa Itupeva ao longo dos estágios de extração e beneficiamento, In: Simp. Geol. Sudeste, 6, São Pedro, SBG/UNESP. Boletim de Resumos. P.154.

FERREIRA, C. A. SILVA, S. M. P. & HORIKAWA, Y. – 1977 – Projeto cadastramento dos recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Convênio Governo do Estado do RN/CPRM, vol. 1:1

FERNANDES, T.M.G, GODOY,A.M, FERNANDES, N.H – 2003 – Aspectos Geológicos e Tecnológicos dos Quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG)

FRANÇA, V. M. Q. – 1989 – Mapeamento geológico de uma área a Norte de São Tomé. Rel. Grad, Dep. Geol. UFRN:173 p.

FRASCA, M.H.B.O. 2001. Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: Simp. Brás. de Rochas Ornamentais, 2, Salvador, Anais, 128-135.

FRAZÃO, E, B.; FARJALLAT, J.E.S, 1996. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENG., 8., 1996, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABGE. v. 1, p. 369-380.

- FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S., 1995 Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. I Congresso Internacional da Pedra Natural. Lisboa. 1995. 47-58p.
- FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. Características Tecnológicas de Rochas Silicáticas Brás. de Revestimento. Rochas de Qualidade, São Paulo, edição 128, p. 56-60, 1996.
- FRAZÃO, E.B. FARJALLAT, J.E.S. 1995. Seleção de pedras para revestimentos e prioridades requeridas. Ver. Rochas de Qualidade, São Paulo, 124(4):80-93.
- FRAZÃO, E.B.; Farjallat, J.E.S. 1996. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRAS. DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., 1996, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro: ABGE. v.1, p. 369-380.
- GONZÁLEZ MESSONES, F.L. 2002. La interpretation de los ensayos de caracterización de la piedra natural, em el marco de la neuva normativa europea. In: Curso de rochas ornamentais. Recife. CD-ROM.
- GRAPES, R. & PALMER, K., 1996. (Ruby-Sapphire)-Chromian mica-Tourmaline rocks from Westland, New Zealand. *Journ. Petrol.*, **37(2)**: 293-315.
- HACKSPACHER, P. C.; JARDIM DE SÁ, E. F. & LEGRAND, J. M. – 1980 – Organização estrutural e evolução policíclica na região Sudeste da Serra do Feiticeiro, Lajes – RN Anais XXXI Congr. Bras. Geol., 5:2616-2625.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) 1990. Ensaios de Caracterização Tecnológica Brasileiras. Catálogo de rochas para fins ornamentais, São Paulo.
- JARDIM DE SÁ, E. F. – 1978a – Revisão preliminar sobre “Faixa dobrada Seridó” e eventuais correlatos no Nordeste. Rev. Ciência, UFRN, 1:77-83.

- JARDIM DE SÁ, E. F. – 1984 – Geológica da Região Seridó: reavaliação de dados. Atas XI Simp. Geol. Nordeste/SBG, 2:278-296.
- JARDIM DE SÁ, E. F.; LEGRAND, J. M. & MCREATH, I. – 1981 – Estratigrafia das rochas granitóides na região do Seridó (RN-PB), com base em critérios estruturais. SBG, Rev. Bras. Geoc. ,11(1):50-57.
- JARDIM DE SÁ, E.F. 1984. Geologia da região de Seridó: reavaliação das idades. In: ATAS DO SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11:278-316.
- JARDIM DE SÁ, E.F. 1994. A faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasiliana-Panafricana. Tese de Doutorado Inst. De Geociências da Universidade de Brasília, 804p.
- JORDT-EVANGELISTA, H., MENDES, J.C. 2001A. Estados petrográficos comparativos entre os quartzitos ornamentais da região de Ouro Preto/Mariana, São Tomé das Letras e Luminárias, MG. In: Simp. Geol. Minas Gerais, 11, Boletim de Resumos.
- LIMA, E. A. M. et al. – 1980 – Projeto Scheelita do Seridó. Relatório Final e Mapas. Conv. DNPM/CPRM, 25 vol. (inédito).
- LOMBARDERO, M.B. 2001. Critérios para la determinación de la oxidabilidad de rocas graníticas. In: Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental. Série de Rochas e Minerais industriais, CETEM. Rio de Janeiro, 85-92.
- LOPES, E. P. – 1982 – Geologia e Prospecção aluvionar da área da Serra de São Francisco, a Norte da Mina Bonfim – Lages/RN. Rel. Grad., Dep. Geol. UFRN:117 p.
- LÓPEZ JIMENO, C. (ed.) 1996. Rocas Ornamentales – Prospección, explotación, elaboracion y colocacion, Madrid: Entorno Gráfico S.L. 696p.

- MACÊDO, A.J. 1998. Análise empírica de maciços rochosos para rochas com fins ornamentais. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas na Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande / PB, 218P.
- MEDEIROS, T.J.L.; OLIVEIRA, F.M.; MELO, E.; BARROS, M.L. 2000a. As texturas minerais nas chapas polidas das rochas ornamentais. Resultados preliminares. In: XVIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. RESUMOS. Boletim Nº 16, Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Nordeste. Recife-PE, 2000. Página 166.
- MEDEIROS, T.J.L.; OLIVEIRA, F.M.; MELO, E.; BARROS, M.L. 2000b. Parâmetros físicos versus dados texturais-mineralógicos em chapas de rochas ornamentais. Resultados preliminares. In: XVIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. RESUMOS. Boletim Nº 16. Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Nordeste. Recife-PE, 2000. Página 164.
- MELO, E.B. & OLIVEIRA, F.M.C (2005) Pesquisa Geológica de Detalhe em Jazidas de Rochas Ornamentais. In: V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, págs 230-243. Recife-PE
- MENDES, F.N.B. 1999. Mármore ornamentais de Minas Gerais, novas técnicas de caracterização e prospecção, Pedreira do Cumbi, Cachoeira do Campo. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 123p;
- MESQUITA, M.P.S. Composição, Estruturas, Propriedades Tecnológicas e Alterabilidade dos Granitos Ornamentais do Stock Morrinho, Santa Quitéria (CE). 2002. 171f. Tese (Doutorado em Geologia Regional). IGGE, Univers. Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.
- MEYER, A.P. A influência da Petrografia no Comportamento Tecnológico de Rochas Ornamentais do Complexo Socorro (SP) e Maciço Pedra Branca (MG). 2003. 117f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). IGGE, Univers. Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

- MEYER, A.P; Artur; A.C.; Cabanas, F.N. 2003. Principais fatores petrográficos condicionantes da resistência ao ataque químico em rochas de revestimento. In.: Simp. Rochas Ornamentais do Nordeste, Fortaleza-Ceará, Anais, 4:153-164.
- MORAIS, J.O. et al 2003. Rochas industriais: Pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, Fortaleza: SECITEC/FUNCAP, 514p.
- NAVARRO, F.C., & ARTUR, A.C. 2002. Caracterização petrográfica como ferramenta para a previsão do comportamento físico e mecânico de granitos ornamentais: uma discussão. Anais III Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2002. Recife-PE. Ed. CETEM/UFPE – Rio de Janeiro, p:2-9.
- PEITER, C.C. et a./ Rochas Ornamentais no Séc. XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ABIROCHAS, 2001. 160p.
- PÉREZ, B.C. (2001) – As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 37p... Série Rochas e Minerais Industriais, 3.
- PÉREZ, B.C. (2001) – Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental. Benjamin C. Pérez e Mario M. Sánchez (eds.). Rio de Janeiro. CETEM/MCT. Série Rochas e Minerais Industriais, 4, 200 p...
- PFALTZGRAFF, P.A.S. 2000. Mapas geológicos voltados para pesquisa de rochas ornamentais. In: XVIII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. Resumos. Boletim nº 16, Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo Nordeste. Recife-PE, 2000. Página 178.
- RADAMBRASIL. 1983. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Ministério de Minas e Energia, Secretaria Geral, Rio de Janeiro, 775p.
- HANKAMA, K. and SAHAMA, Th.G., 1962. Geoquímica. Málaga, Ed. Aguilar, 747 p.

- RODRIGUES, E. de P.; CHIODI FILHO; COUTINHO, J.J.M. 1997. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. *Rochas & Equipamentos*. Lisboa-Portugal. V: 47, 2p.
- RODRIGUES, E. DE P.; COUTINHO, J.M.V. e CHIODI FILHO, C. 1996. Petrografia microscópica: uma visão do passado, presente e futuro da rocha ornamental. *Revista Rochas de Qualidade*. São Paulo. nº 127:80-84.
- ROLIM FILHO, J.L. 1996. Caracterização de rochas ornamentais (Determinação de índices físicos). Relatório de resultados de teste geomecânicos. Área Fazendas Lagoa de Dentro e Barriguda, Alagoinha-PE. Associação Tecnológica do Estado de Pernambuco (ATEPE).
- ROLIM FILHO, J.L. e SOUZA, J.C. 2007. Quartzito verde esmeralda – Parecer Técnico sobre ensaios tecnológicos. Recife, Univ. Fed. Pernambuco, DEMINAS, *Rel. Técn.*, 11p (inédito).
- ROLIM FILHO, J.L.; SOUZA, J.C.; BARBOSA, B.L.; BARROS, M.C.; OLIVEIRA, F.M.C. 2002. Avaliação dos procedimentos de ensaios para caracterização de rochas ornamentais. In: Simp. Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife, Anais 3:79-83.
- ROSE, A.W., HAWKES, H.E. and WEBB, J.S., 1979. Geochemistry in mineral exploration. New York, *Academic Press*, 657 p. (2nd Ed.).
- SÁ, J. M. – 1982 – Estudo Petrológico-estrutural de uma área a Norte de São Tomé – RN. Tese de mestrado/UFPE, col. Textos acad., UFRN, 267, 151 p.
- SALIM, J. – 1979 – Geologia e controles de mineralizações scheelitíferas da região da Serra do Feiticeiro e Bonfim, Lages-RN. Tese de Mestrado, DG/UnB, 106 p. (inédito).

- SALIM, J.; LEGRAND, J. M. & DARDENNE, M. A. – 1979 – Sucessão de fases de metamorfismo nos metassedimentos da Região de Lages (RN). Atas IX Simp. Geol. Nordeste/SBG, 7:56-63.
- SCHREYER, W., 1982. Fuchsite-aluminium silicate rocks in archaean greenstone belts: Are they metamorphosed alunite deposits? Berlin, *Intern. Journ. Earth Sci.*, **71(1)**: 347-360.
- SCHREYER, W., WERDING, G. and ABRAHAM, K., 1981. Corundum-fuchsite rocks In Greenstone Belts of Southern Africa: Petrology, Geochemistry, and possible origin. *Journ. Petrol.*, 22(2): 191-231.
- SOUZA, G.G.; SANTOS, M.R.C.; COSTA, A.G. Quartzitos da região de São Tomé das Letras: Caracterização Tecnológica e Análise Ambiental. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, 1999, v. 6, p. 2605-2614.
- SOUZA, L. C. – 1987 – Geologia e Petroquímica de uma área ao Norte de Equador. Tese de Mestrado, UFPE, 318 p.
- SOUZA, Z. S.; ARAÚJO, J. G. & CARVALHO, O. O. – 1985 – Geologia e controle de mineralização aurífera entre Lajes e São Tomé, Região Seridó/RN – Tópicos Preliminares. Atas XII Simp. Geol. Nordeste, 10:169-182.
- TORQUATO, J. R. & MCREATH, I. – 1982 – Precambriano Médio: idade provável para a Formação Jurucutu do Grupo Seridó – RN. Revista Ciências da Terra, 7:16-17.
- TORQUATO, M.F.B. 2004: Rochas Ornamentais do Nordeste de Ceará (Brasil). Propriedades tecnológicas, Alteração e Alterabilidade dos Granitos Vermelho Filomena, Meruoca Clássico e Verde Ceará. Tese de Doutorado. IST. Lisboa, 274p.
- TRINDADE, I. R (2000). Estudo geoquímico e geocronológico Rb-Sr e Sm-Nd em zonas de cisalhamento mineralizadas em ouro e suas relações com as rochas

encaixantes e geocronológico Sm-Nd em mineralização de scheelita na faixa Seridó. Dissertação de Mestrado nº 18 PPGG. Natal-RN.

TUTORIAL DO DATAMINE 2.0 Datamine Latino América, 2005.

VARGAS, T; MOTOKI, A & NEVES, J.L.P (2001). Rochas ornamentais do Brasil, seu modo de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres de construção. Revista de Geociências, 2-2, 119-132. Instituto de Geociências – UFF

VIDAL, F.W.H.; ROBERTO, F.A. COSTA, 1998. Rochas ornamentais do Ceará: geologia e caracterização tecnológica. In: SEM. DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NE. 1.,

VIDAL, F.W.H., 2002, Rochas ornamentais do NE. – Brasil. III Simp. De Rochas Ornamentais do NE, Recife, Resumo.

VIDAL, F.W.H.; PEREIRA, T.A, 1998. Avaliação das Atividades de Produção das Rochas Ornamentais e sua aplicação como revestimento através da caracterização. XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Águas de São Pedro/SP, 23/26, p. 173-186.

VIDAL, F.W.H.; Pereira, T.A. Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas. Série tecnologia ornamental, 74, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999, 30p.

VIDAL, F.W.H.; PEREIRA, T.A. Avaliação de granitos ornamentais do NE através de suas características tecnológicas. III Simp. De Rochas Ornamentais do NE, Recife/PE, 26/29 novembro 2002, p. 67-74.

ANEXOS

Anexo 01 (7.1a.) Análise química de amostras da fácies 1 do fucsita quartzito de Lajes – RN.

| CERTIFICATE OF ANALYSIS | | GOI08000357.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| Method | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | 4A&4B | | | |
| Analyte | SiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | MgO | CaO | Na2O | K2O | TiO2 | P2O5 | MnO | Cr2O3 | Ni | Sc | LOI | Sum | Ba | Be | Co | Cs | Ga |
| Unit | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | ppm | ppm | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| MDL | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.001 | 0.01 | 0.002 | 20 | 1 | -5.1 | 0.01 | 1 | 1 | 0.2 | 0.1 | 0.5 |
| E-01 | 94.56 | 2.77 | 0.12 | 0.11 | 0.02 | 0.05 | 0.85 | 0.39 | 0.024 | <0.01 | 0.113 | <20 | 5 | 0.8 | 99.80 | 101 | <1 | 74.8 | 0.3 | 2.9 |
| E-06 | 91.06 | 4.55 | 0.82 | 0.17 | 0.03 | 0.09 | 1.44 | 0.55 | 0.033 | <0.01 | 0.146 | <20 | 8 | 0.9 | 99.76 | 134 | <1 | 61.7 | 0.4 | 5.4 |
| E-08 | 96.73 | 1.17 | 0.64 | 0.14 | 0.04 | 0.04 | 0.26 | 0.15 | 0.008 | <0.01 | 0.067 | <20 | 3 | 0.5 | 99.74 | 84 | <1 | 214.2 | 0.1 | 1.8 |

CUBAGEM DA JAZIDA ATRAVÉS DO MÉTODO DAS SEÇÕES HOMOGÊNEAS

INTRODUÇÃO

A partir dos dados geológicos levantados a partir do levantamento de detalhe da área de pesquisa, foram elaboradas 11 (onze) seções verticais ao longo do corpo de minério, conforme apresentado na figura abaixo, e a partir dessas seções foram calculadas as áreas referentes ao corpo de fucsita quartzito, conforme apresentado nas figuras referentes a cada seção plotada.

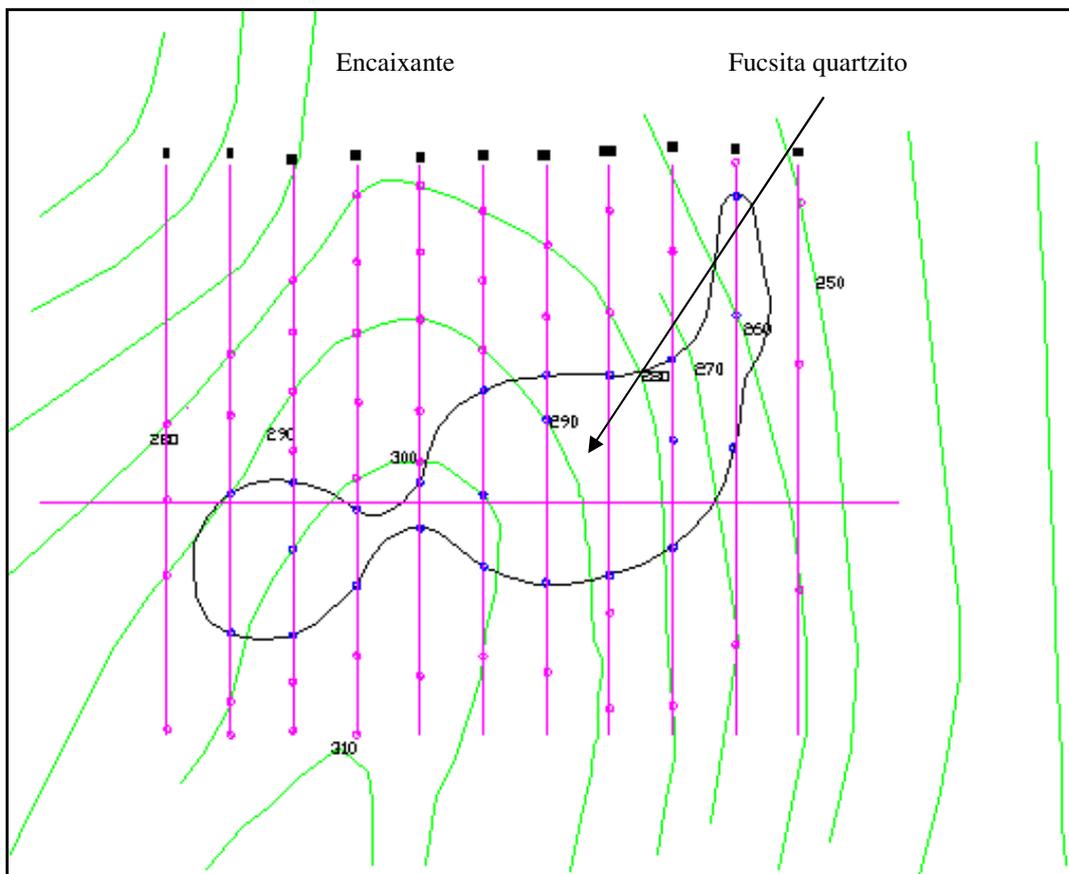


Figura 8 I) Base geológica utilizada para desenvolver seções verticais

A partir das áreas de cada seção foi determinado o volume total da jazida, considerado como reserva medida, usando-se um distância entre seções de 25 m, de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{Volume} = \sum_{I=1}^{11} A_i \times d$$

A seguir são apresentadas as 11 seções elaboradas para avaliação da reserva medida:

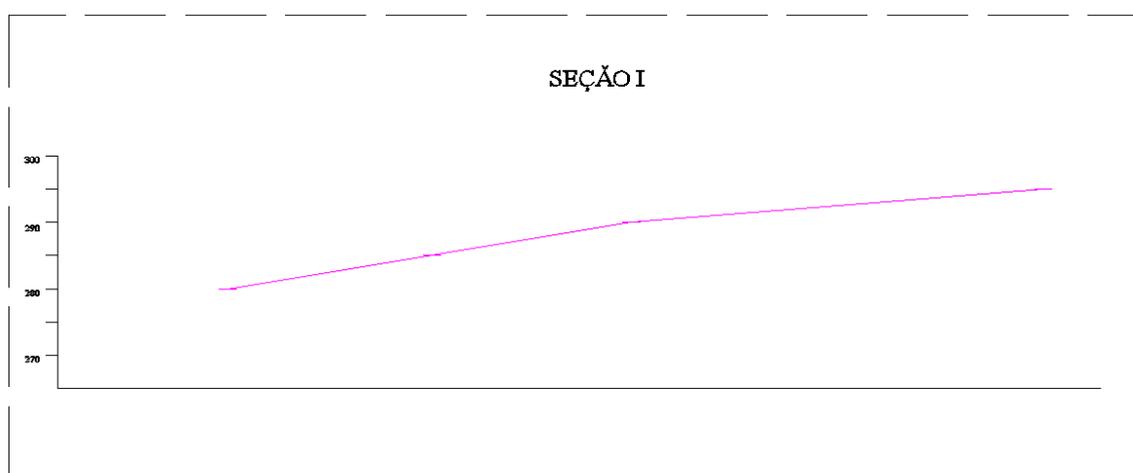


Figura 8.II) Seção 1 (ainda sem ocorrência de fucsita quartzito)

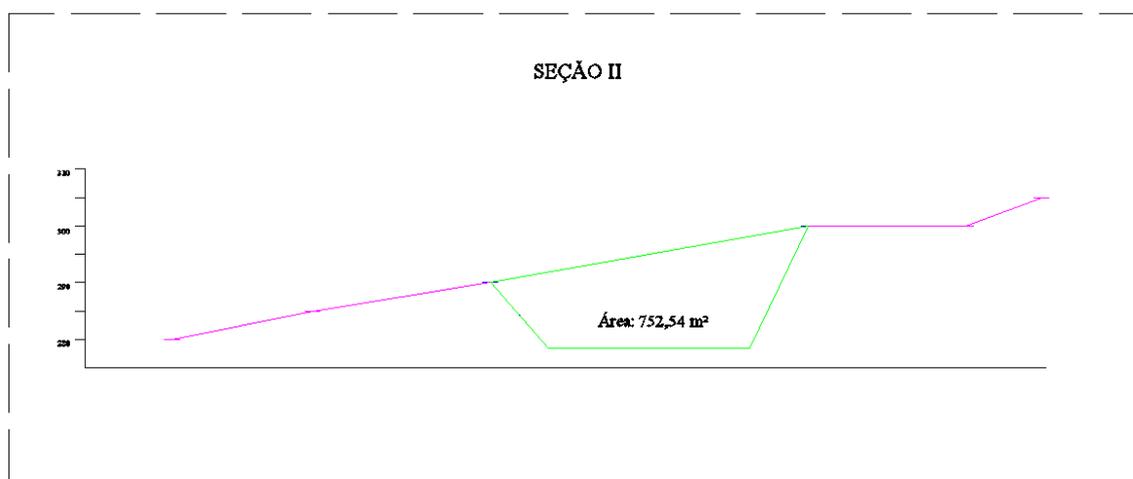


Figura 8.III) Seção 2 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

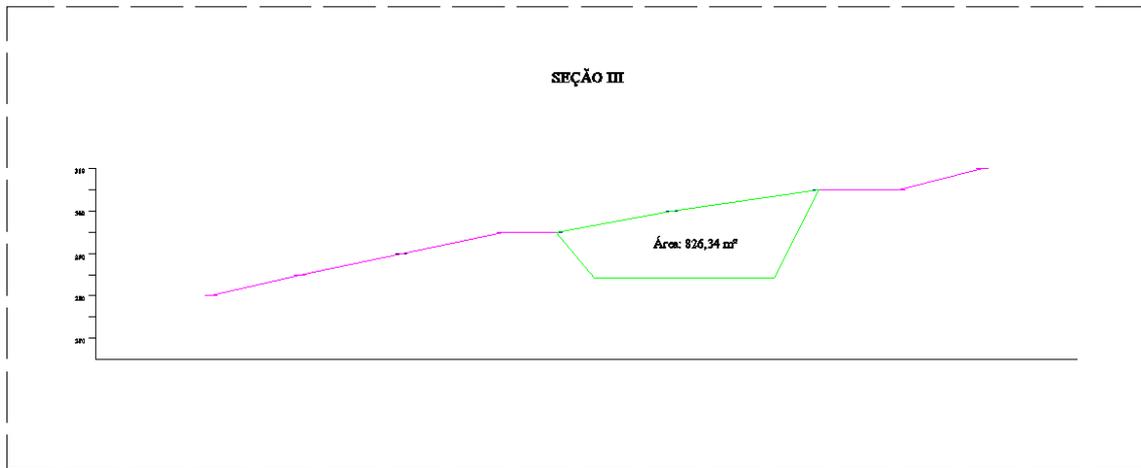


Figura 8.IV) Seção 3 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

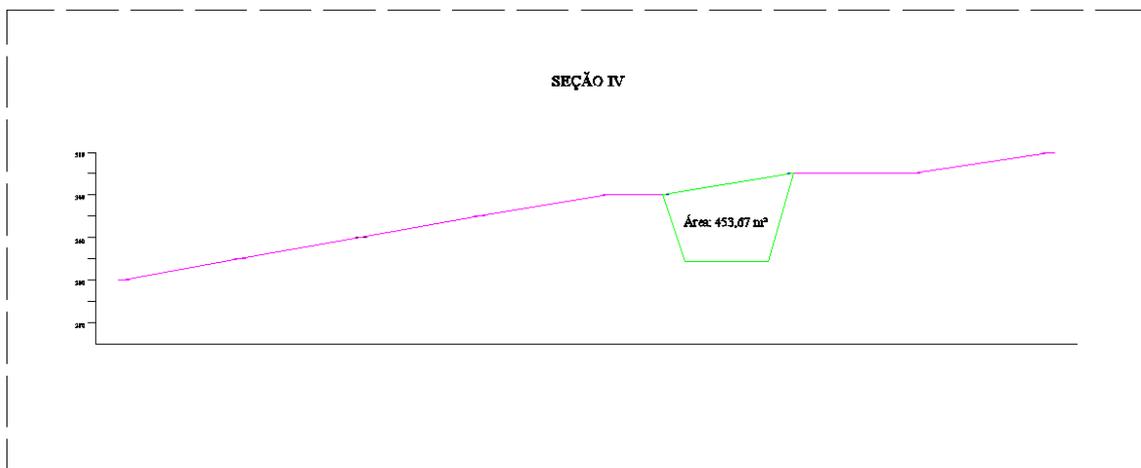


Figura 8.V) Seção 4 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

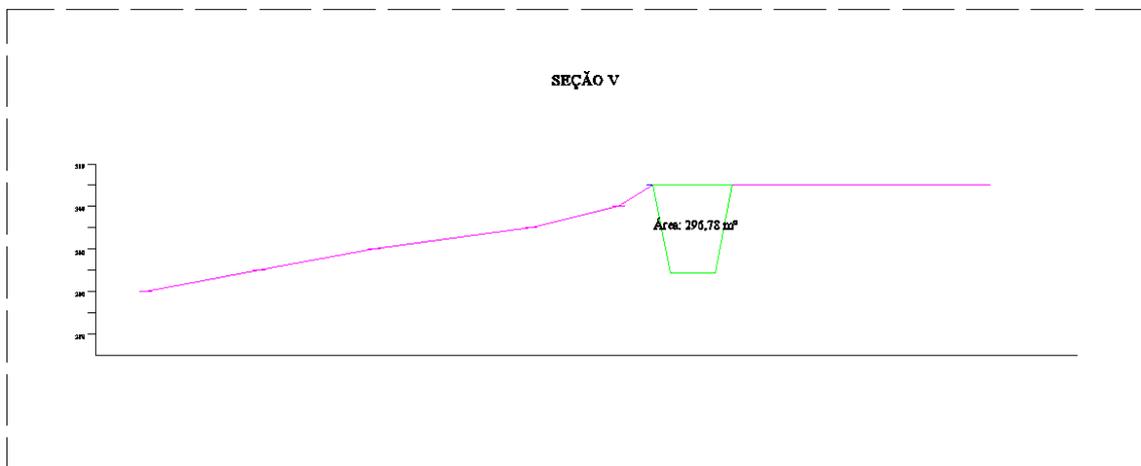


Figura 8.VI) Seção 5 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

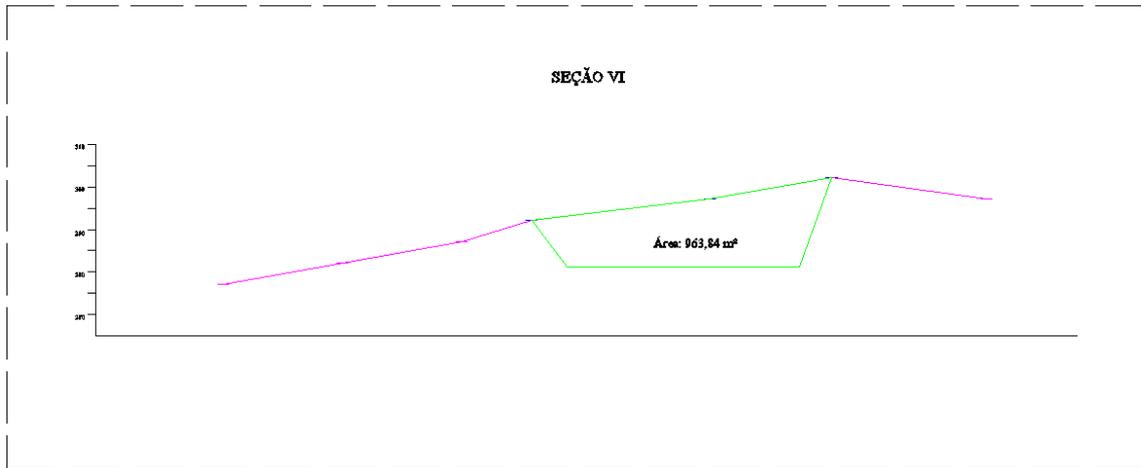


Figura 8.VII) Seção 6 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

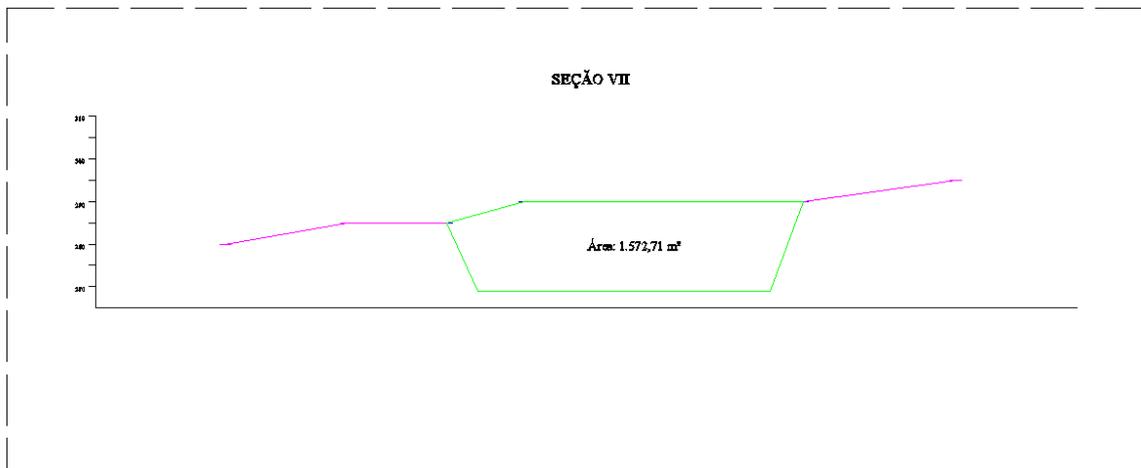


Figura 8.VIII) Seção 7 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

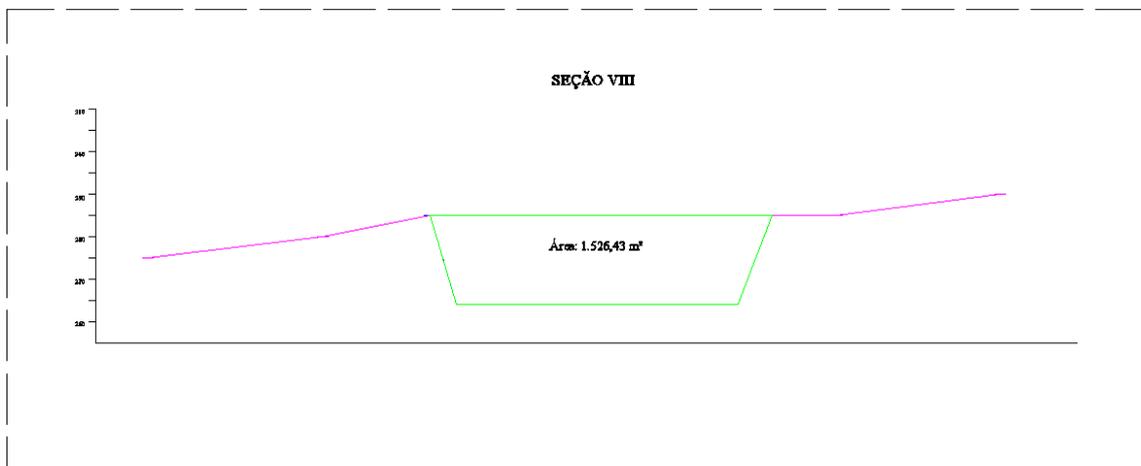


Figura 8.IX) Seção 8 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

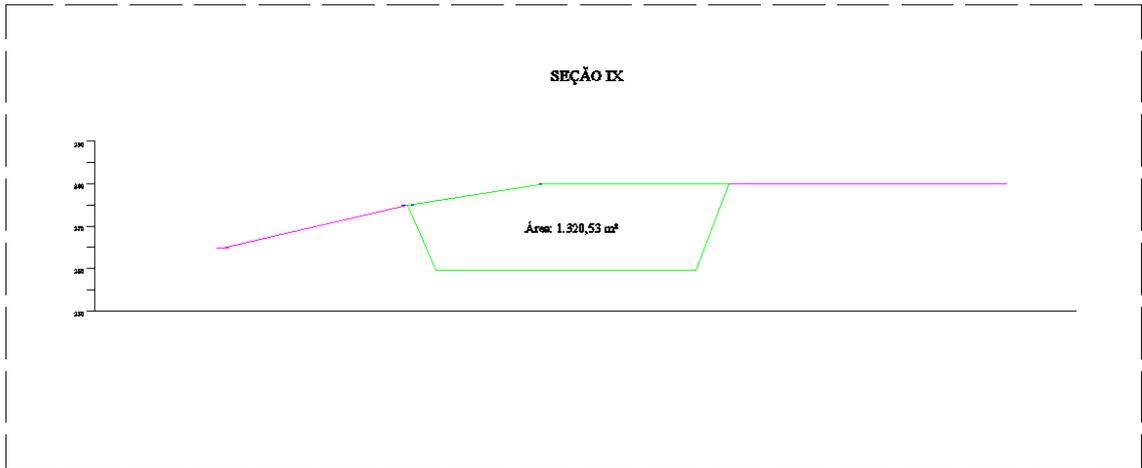


Figura 8.X) Seção 9 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

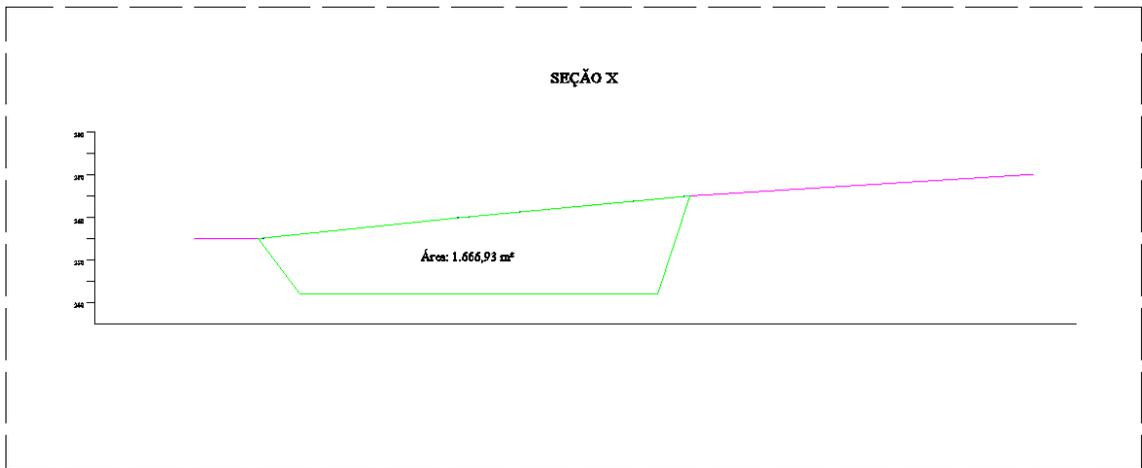


Figura 8.XI) Seção 10 (ocorrência de fucsita quartzito em verde)

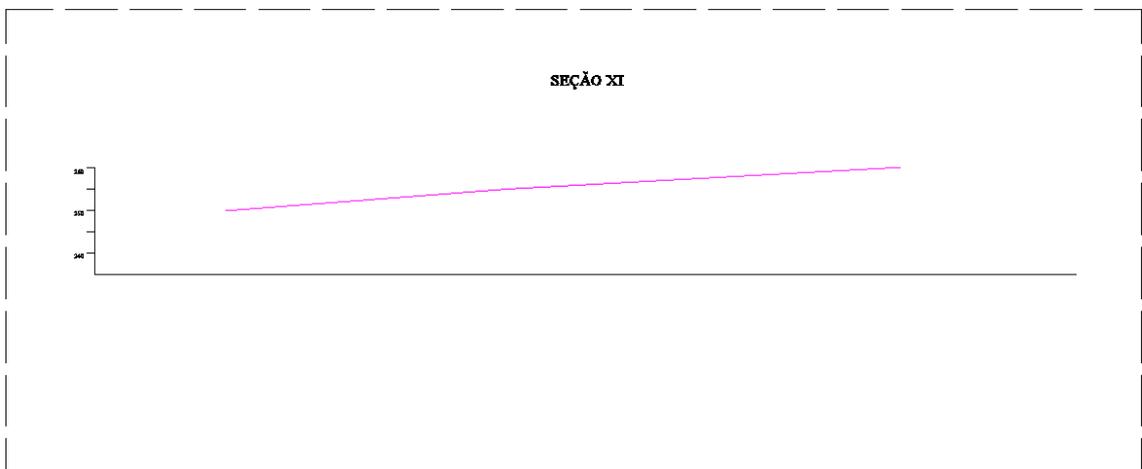


Figura 8XII) Seção 11 (final da ocorrência de fucsita quartzito)

A partir das áreas das seções elaboradas e considerando a distância entre seções de 25 m, tem-se o seguinte desenvolvimento no cálculo do volume total da jazida de fucsita quartzito na área de pesquisa da Mineração palestina Ltda em Lajes – RN:

$$\text{Reserva} = (0 + 752,54 \text{ m}^2 + 826,34 \text{ m}^2 + 453,67 \text{ m}^2 + 296,78 \text{ m}^2 + 963,84 \text{ m}^2 + 1.572,71 \text{ m}^2 + 1.526,71 \text{ m}^2 + 1.320,53 \text{ m}^2 + 1.666,93 \text{ m}^2 + 0) \times 25 \text{ m}$$

$$\text{Reserva medida} = 234.501 \text{ m}^3$$

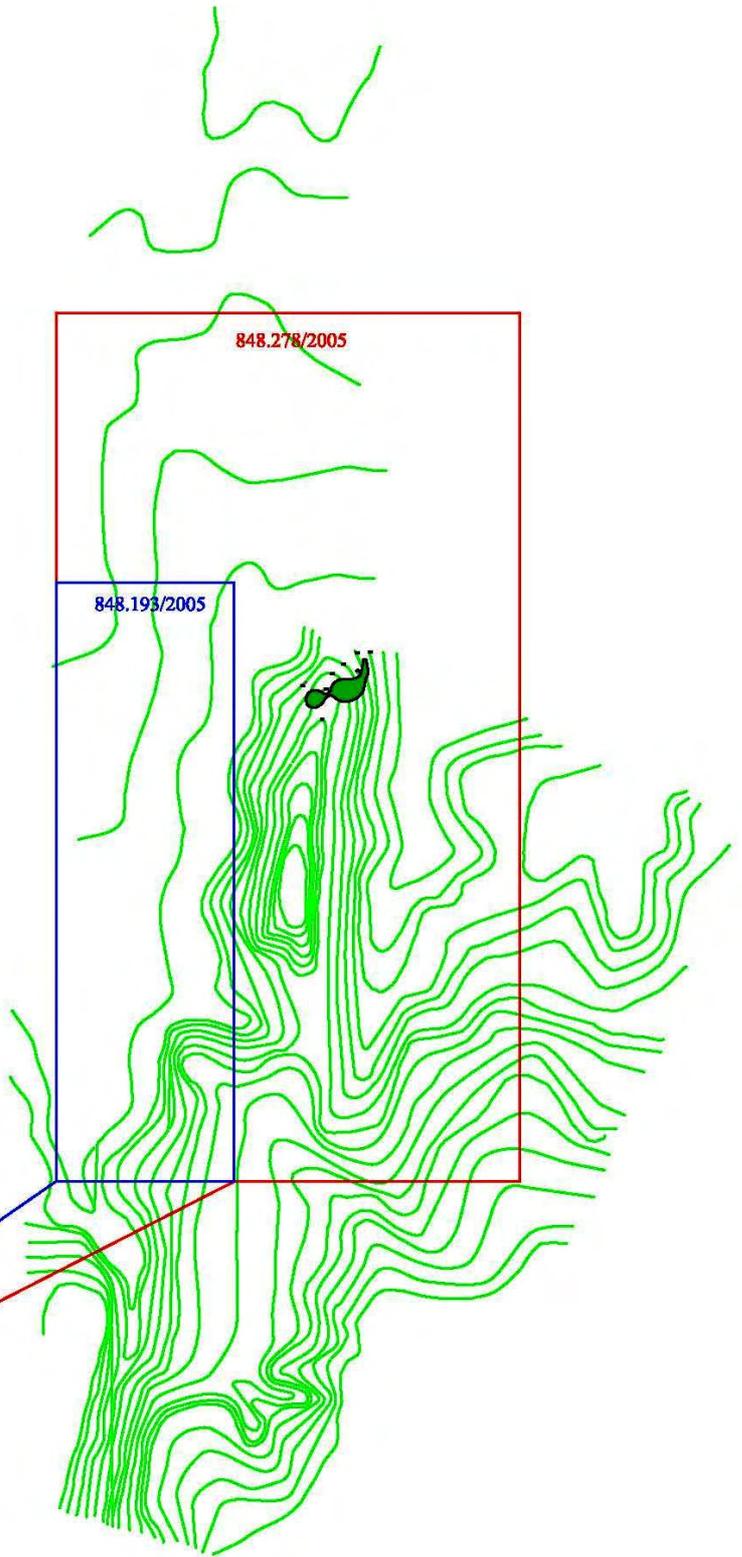
Considera-se para efeitos de cubagem o valor de 235.000 m³ como reserva medida do corpo mineral de fucsita quartzito.

| MAPA LOCALIZAÇÃO ÁREA DE QUARTZITO | |
|------------------------------------|---|
| MUNICÍPIO: LAJES-RN | ESCALA: 1 : 25.000 |
| MINERAÇÃO PALAESTINA LTDA | JÚLIO CÉSAR DE SOUZA Eng. de Minas, D.Eng. |

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Corpo de lavagem quartzita vestida
-  Área de pesquisa prospeção 848.193/2005
-  Área de pesquisa prospeção 848.278/2005
-  Contorno de nível
-  Cota vertical

PA



Anexo 03 (tabela 8.9)

| Parâmetro / Ano | FLUXO DE CAIXA DE OPERAÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1- Receita bruta | | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 | 738.000 |
| 2- Impostos s/receita bruta | | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 | 114.390 |
| ICMS (17%) | | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 | 73.800 |
| PIS (1,65%) | | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 | 4.871 |
| COFINS (7,6%) | | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 | 22.435 |
| CFEM (2% - ICMS) | | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 | 13.284 |
| 3- Receita líquida | | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 | 623.610 |
| 4- Custo de Produção | | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 | 467.965 |
| 5- Lucro operacional | | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 | 155.645 |
| 6 - Contribuição social | | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 | 12.452 |
| 7 - Lucro operac. antes IRPJ | | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 | 143.193 |
| 8 - Imposto de renda | | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 | 38.856 |
| 9 - Lucro líquido | | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 |
| 10- Investimento inicial | -309.500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| . Equipamentos e instalações | 259.500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -Capital de giro | 50.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 - Depreciação | | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 | 32.175 |
| Fluxo de caixa anual | -309.500 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 | 104.337 |
| Critérios de decisão | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Valor presente líquido: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 300.597 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Taxa interna de retorno: | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Payback: | 2,97 | | | | | |

Tabela 8.9: Fluxo de caixa do empreendimento

Mapa Geológico do quartzito Verde Esmeralda (Lajes- RN)

