

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE MINAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS**

**CARACTERIZAÇÃO DO MACIÇO ROCHOSO COM O USO DE
TESTEMUNHOS DE SONDAGEM NA MINA IPUEIRA 3,
ANDORINHA - BAHIA.**

CARLOS DE SÁ ALVES

CAMPINA GRANDE /PB

2005

CARLOS DE SÁ ALVES

**CARACTERIZAÇÃO DO MACIÇO ROCHOSO COM O USO DE
TESTEMUNHOS DE SONDAGEM NA MINA IPUEIRA 3,
ANDORINHA - BAHIA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, como parte do cumprimento dos requisitos exigidos para obtenção do Título de mestre em Engenharia de Minas.

Área de Concentração: Lavra de Minas

Orientador:

Prof. Dr. Aarão de Andrade Lima

Co-orientador:

Prof. M.Sc. João de Lucena R. Neto

CAMPINA GRANDE - PB

2005



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFSCG

A474c

2005 Alves, Carlos de Sá.

Caracterização do maciço rochoso com o uso de testemunhos de sondagem na mina Ipueira 3, Andorinha - Bahia / Carlos de Sá Alves- Campina Grande, 2005.

140 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Aarão de Andrade de Andrade, João de Lucena Ramos Neto.

1. Mecânica das Rochas. 2. Geomecânica. I. Título.

CDU – 622.062(043)

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO EM LAVRA DE MINAS

ALUNO: Carlos de Sá Alves

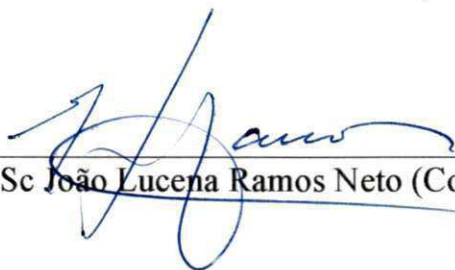
TÍTULO: "Caracterização do Maciço Rochoso com o Uso de Testemunhos de
Sondagem, Mina Ipueira 3, Andorinha, Bahia"

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E AVALIADA EM ___/___/_____

COMISSÃO EXAMINADORA:



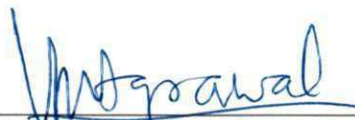
Prof. Dr. Aarão de Andrade Lima (Orientador)



Prof. M.Sc. João Lucena Ramos Neto (Co-Orientador)



Prof. Dr. André Cezar Zingano



Prof. Dr. Vishwambhar Nath Agrawal

A minha família e a todos os meus amigos e amigas que sempre estiveram comigo em todos os momentos, especialmente ao meu irmão Cícero de Sá Alves, o qual me deu total apoio e incentivo sem limites, e a minha mãe Lindinalva P. de Sá Alves, a qual tamanho afeto e preocupação é a prova de um imenso amor acima de tudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço encarecidamente ao Senhor, pela inteligência e determinada coragem cedida ao homem de transformar parte da natureza em benefícios vitais para a sobrevivência da humanidade.

Agradeço a UFCG (Universidade Federal de Campina Grande) e a CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior), que geram incentivos buscando o crescimento da educação, ciência e tecnologia.

A todos os professores e funcionários do DMG/UFCG (Dep. de Mineração e Geologia da UFCG), que contribuíram durante a minha permanência nesta instituição. Em especial aos estimáveis professores e amigos Aarão de Andrade Lima e João de Lucena Ramos Neto, pela dedicação e orientação cedida.

Aos meus amigos e companheiros de curso, que, com amizade e ternura, estiveram presentes nos momentos agradáveis e difíceis desta caminhada. Em especial os amigos mestrandos Gildácio de Lima, Robson Ribeiro e Sérgio Santana, pela amizade e compreensão.

A *Datamine Latin América* pela concessão de uma licença temporária do software Downhole Explorer, por meio do ilustre senhor Giorgio Francesco Cesare de Tomi, o qual foi intensivamente usado na pesquisa.

Por fim, meus sinceros agradecimentos à empresa Ferbasa S/A pela colaboração prestada, por meios dos ilustres diretores Carlos Humberto e Ronaldo Sobrinho, visto que recebi todo apoio necessário para esta pesquisa. Em especial ao ilustre superintendente Vanderlei Lins, não só pela amizade e atenção cedida, como por acreditar demasiadamente na importância deste trabalho.

RESUMO

O presente estudo foi realizado na mina Ipueira 3, localizada no município de Andorinha, na porção Norte-Nordeste do Estado da Bahia. A onde a mineralização de cromo ocorre em um *sill* máfico-ultramáfico intensamente falhado. Devido à complexidade estrutural do depósito o detalhamento da pesquisa foi realizado através da amostragem de uma grande quantidade de furos de sondagem executados a partir de galerias de pesquisa no nível (N-345). Para caracterização geomecânica desse maciço, onde serão desenvolvidos dois níveis de produção, foram analisados 35 furos dispostos em 12 seções longitudinais Sul-Norte e em perfil Oeste-Leste, totalizando em aproximadamente 2.900 m de testemunhos. Os testemunhos foram medidos e analisados para determinação do RQD e da recuperação REC. Foram selecionadas e ensaiadas amostras das principais litologias (serpentina-olivina-ortopiroxênio, cromitito, serpentina-ortopiroxênio-olivina e gabro) para determinação da resistência à compressão uniaxial e triaxial. Os dados foram digitados em planilhas eletrônica para cálculo da RQD, recuperação REC e distribuições estatísticas para o RQD de cada litologia. Também foram gerados dados contendo RQD, tamanho de furo e coordenadas, para exportar para o software de perfuração *Downhole Explorer* (DHE). Permitindo visualizar gráficos com variação de RQD ao longo dos furos, perfis das seções e colunas estratigráficas. Portanto, este trabalho enfatiza a utilidade de dados disponíveis a partir de testemunhos de sondagem (pesquisa) para caracterização desses maciços e a integração de softwares auxiliares que serão realçados na conclusão deste trabalho.

ABSTRACT

The present study was accomplished at the mine Ipueira 3, located in the municipal district of Andorinha, in the North-northeast portion of the State of Bahia. Where the mineralization of chrome happens in a sill máfic-ultramáfic intensely failed. Due to the structural complexity of the deposit the detailing of the research was accomplished through the sampling of a great amount of survey holes executed starting from research galleries in the level (N-345). Para characterization geomechanical of that solid one, where two production levels will be developed, 35 holes were analyzed disposed in 12 sections longitudinal South-north and in profile West-east, totaling in approximately 2.900 m of testimonies. The testimonies were measured and analyzed for determination of RQD and of the recovery REC. They were selected and rehearsed samples of the main litologies (serpentina-olivina-ortopiroxênio, cromitito, serpentina-ortopiroxênio-olivina and gabro) for determination of the resistance to the compression uniaxial and triaxial. The data were typed in spreadsheets electronics for calculation of RQD, recovery REC and statistical distributions for RQD of each litologia. Also data were generated containing RQD, hole size and you coordinate, to export for the perfilagem software Downhole Explorer (DHE). Allowing to visualize graphs with variation of RQD along the holes, profiles of the sections and stratigraphical columns. Therefore, this work emphasizes the usefulness of available data starting from survey testimonies (he/she researches) for characterization of those solid ones and the integration of auxiliary software that will be enhanced in the conclusion of this work.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das minas de Ipueira e Medrado	19
Figura 2 – Esboço geológico regional dos principais corpos cromitíferos	21
Figura 3 – Detalhe do <i>Sill</i> Ipueira-Medrado, com a localização e distribuição dos corpos máfico-ultramáficos	24
Figura 4 – Mapa e Seções geológicas simplificados do <i>Sill</i> Ipueira Medrado	26
Figura 5 – Área de Estudo no nível N-345, mina Ipueira 3.....	28
Figura 6 – Esboço prático do método Sublevel Caving	31
Figura 7 – Procedimento para medida e cálculo do RQD	34
Figura 8 – Área selecionada para pesquisa no nível N-345	38
Figura 9 – Início e parte do furo (562/S-13R)	40
Figura 10 – Região central do furo (562/S-13R)	41
Figura 11 – Parte e Final do furo (562/S-13R)	41
Figura 12 – Análise da recuperação e do RQD dos testemunhos do furo (562/S-13R)	43
Figura 13 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L ₁	54
Figura 14 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L ₁	54
Figura 15 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L ₂	56
Figura 16 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L ₂	56
Figura 17 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L ₃	58
Figura 18 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L ₃	58
Figura 19 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L ₄	60
Figura 20 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L ₄	60
Figura 21 – Curva tensão x deformação das amostras citadas	65
Figura 22 – Vista em corte de uma célula triaxial convencional	67
Figura 23 – Resultados dos ensaios triaxiais com Mármore Carrara	69
Figura 24 – Coleta de amostra para preparação dos corpos de prova	72
Figura 25 – Suporte de extração do corpo-de-prova (a) e base fixadora do corpo-de-prova (b)	74
Figura 26 – Corte dos testemunhos de sondagem para preparação dos corpos-de-prova	75

Figura 27 – Retífica das faces dos corpos-de-prova	76
Figura 28 – Amostras preparadas para os ensaios de compressão	76
Figura 29 – Diâmetro dos corpos-de-prova (A) e testemunhos descartadas (B)	77
Figura 30 – Prensa hidráulico-eletrônica para ensaios de compressão	81
Figura 31 – Tipos mais freqüentes de rupturas	82
Figura 32 – Principais ferramentas de importação dos arquivos do	92
Figura 33 – Visor de arquivos importados e visor de erros desses arquivos	93
Figura 34 – Exemplo do arquivo collars importado	94
Figura 35 – Exemplo do arquivo assays importado	95
Figura 36 – Exemplo do arquivo lithology importado	95
Figura 37 – Perfil estratigráfico do furo 517 17R gerado pelo DHE	96
Figura 38 – Vista em 3D dos furos de sonda das seleções pesquisadas	97
Figura 39 – Perfis das seções geológicas com superposições estatísticas do RQD	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Índice de qualidade da rocha de acordo com o RQD(%)	35
Quadro 2 – Classificação do maciço conforme o sistema Q	37
Quadro 3 – Furos selecionados por amostragem	39
Quadro 4 – Modelo de planilha para anotações de campo	42
Quadro 5 – Planilha elaborada para o cálculo da Rec (%) e do RQD (%)	44
Quadro 6 – Planilhas dos resultados obtidos para o furo (567/S-17R)	50
Quadro 7 – Furos selecionados para coleta de amostras	71
Quadro 8 – Equipamentos e materiais utilizados para formulação das Amostras	73
Quadro 9 – Amostras preparadas dos furos especificados	78
Quadro 10 – Planilhas para as anotações em ensaios uniaxiais	79
Quadro 11 – Planilhas para as anotações em ensaios triaxiais	86
Quadro 12 – Valores de Q através dos índices (RQD, J_n , J_r , J_a , J_v e SRF)	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores do ($Comp_{litol}$) e do ($RQD_{Médio}$)	51
Tabela 2 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L_1	53
Tabela 3 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L_1	53
Tabela 4 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L_2	55
Tabela 5 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L_2	55
Tabela 6 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L_3	57
Tabela 7 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L_3	57
Tabela 8 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L_4	59
Tabela 9 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L_4	59
Tabela 10 – Valor da média geral de cada amostra	83
Tabela 11 – Valores mínimos médios e máximos de σ_c	84
Tabela 12 – Resistência à compressão simples das principais litologias de Ipueira 3	84

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

Cpx – clinopiroxênio

F₁, F₂, F₃ – Fases de deformação

G₁, G₂, G₃ – Seqüência Cronológica das Composições Graníticas

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISRM – (International Society for Rock Mechanics) Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas

LHD – Sigla internacional (load, haulage e dump) pega, transporta e despeja

NGI – (Norwegians Geotechnical Institute) Instituto Geotécnico Norueguês

Q – Rock Tunneling Quality Index, (Barton et al., 1974 por Hoek et al., 1997)

RMR – Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989)

ROM – Run of mine

RQD – Rock Quality Designation (Deere et al., 1964 por Bieniawski, 1989)

Sill – veio máfico ultramáfico

ton – tonelada

MPa - unidade de pressão em Mega Pascal

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	16
1.1- Justificativa	16
1.2- Objetivo Geral	17
1.3- Objetivos Específicos	17
1.4- Escopo do Trabalho	18
2- ASPECTOS DA ÁREA DE ESTUDO	19
2.1- Localização e Vias de Acesso	19
2.2- Geologia Regional	20
2.3- Geologia Local	22
2.4- Área de Estudo	27
2.5- Informações Gerais da Mina	30
3- CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES DOS MACIÇOS	32
3.1- Revisão Bibliográfica	32
3.2- Procedimento Metodológico da Medição de Testemunhos Para o Cálculo do RQD	37
3.3- Análise Estatística dos Dados Referentes ao RQD	51
4- RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DAS ROCHAS	61
4.1- Revisão Bibliográfica	61
4.2- Metodologia dos Ensaios de Compressão.....	70
4.3- Procedimento do Ensaio de Compressão Simples	79
4.4- Procedimento do Ensaio de Compressão Triaxial	86
5- CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DOS MACIÇOS	90
5.1- Sistemática da classificação "Q"	90
6- APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS USANDO O SOFTWARE DOWNHOLE EXPLORE 3.0	92
6.1- Características do Programa	92
6.2- Geração dos Dados para Importação	92
6.3- Importação dos Dados de Sondagem	93
6.4- Forma de Utilização das Representações Gráficas no Planejamento das Escavações	97

7- ANÁLISES E DISCUSÕES DOS RESULTADOS	99
7.1- Dos cálculos da Recuperação REC e RQD	99
7.2- Dos Dados Obtidos Através Dos Ensaios De Resistência Mecânica	99
7.3- Dos dados obtidos, importados e gerados pelo DHE	100
8- CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	102
8.1- Conclusões Finais	102
8.2- Sugestões para Trabalhos Futuros	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Apêndice A – Planilhas dos furos analisados do nível N-345 da mina de Ipueira 3	107
Apêndice B – Planilha dos valores dos ensaios de resistência a compressão uniaxial e triaxial dos furos selecionados da mina Ipueira 3	134
Anexo A – Quadros representativos dos índices RQD, Jn, Jr, Já e SRF	138

1- INTRODUÇÃO

1.1- Justificativa

O estudo de caracterização e classificação das rochas na engenharia, apresentam conceitos básicos e métodos tanto de classificações convencionais como não-convencionais, aplicáveis às rochas, podendo prever os seus comportamentos geomecânicos, conhecendo-se, ao mesmo tempo, suas formas de ocorrência e a geometria das camadas locais. As descrições realizadas em análise tátil-visual na rocha exposta por escavações ou por sondagens aliada a análise de ensaios em laboratório, permitem elaborar mapas e seções de grupos de rochas ou litologias, assim como, suas descontinuidades e/ou anisotropia, podendo ser classificados quanto à gênese e seu comportamento geomecânico.

A prática comum da análise em testemunho de sondagem rotativa a diamante, geralmente se faz para perfilagem geológica, para classificação de um maciço como todo através da análise de poucos furos isolados conforme o índice de recuperação proposto por Deere et al. (1967), para análises de resistência mecânica, análise mineralógica, análise química e/ou física. Portanto, de acordo com Lima (2005) o emprego dos testemunhos de sondagem para caracterização geomecânica do maciço rochoso entorno das escavações necessita de uma maior difusão, principalmente pela facilidade de encontrar atualmente softwares (programas) que podem auxiliar no tratamento dos dados das demais etapas envolvidas.

Além das técnicas numéricas, a classificação geomecânica dos maciços rochosos fornece parâmetros necessários ao dimensionamento dos projetos de escavações em rocha, e na resolução de problemas de engenharia envolvendo principalmente escavações subterrâneas. Portanto, conhecer antecipadamente as características geomecânicas de um maciço, através de testemunhos colhidos durante a sondagem de prospecção e/ou de detalhe, torna-se importante para o planejamento do desenvolvimento de galerias e da lavra do minério. Permitindo estabelecer com mais eficácia o posicionamento de galerias e seus suportes, como também o posicionamento dos painéis de lavra e contenção da diluição minério, entre outros atributos mais.

1.2- Objetivo Geral

O presente trabalho visa realizar um importante estudo geomecânico, desenvolvendo uma metodologia para caracterização dos maciços rochosos dos corpos máfico-ultramáficos cromitíferos pertencente a Mina Ipueira 3, do Vale do Rio Jacurici-BA, criando uma amostragem preliminar das características geomecânicas das litologias presentes neste setor. Utilizando o RQD como suporte principal de caracterização e ensaios de laboratório visando a qualidade do maciço quanto a sua resistência mecânica. Sendo auxiliado por alguns programas de computador para formação de tabelas, gráficos e tratamentos estatísticos.

1.3- Objetivos Específicos

- Determinar o sistema de classificação Q, utilizando o RQD como parâmetro principal, obtendo o RQD através das análises de testemunhos dos furos de sondagem.
- Avaliar os dados obtidos por ensaios em laboratório de resistência mecânica a compressão, para correlacioná-los com o sistema de classificação estabelecido.
- Tratar estatisticamente os dados obtidos sistematicamente por caracterização (RQD) e os obtidos em laboratório de resistência mecânica (σ_c).
- Utilizar como suporte de apoio o Software (*Downhole Explore* versão 3.0) para perfilagem e tratamento dos dados geomecânicos, e ferramentas do "Office" para confecção de planilhas eletrônicas, gráficos e desenho dos perfis das seções estudadas.
- Propor sugestões e tecer considerações a partir dos dados tratados estatisticamente e dos resultados obtidos no estudo realizado.

1.4- Escopo do Trabalho

Neste Primeiro Capítulo se discute a importância do conhecimento geomecânico para a lavra, situando-o no contexto da área de estudo em que se destina desenvolver uma metodologia para caracterização dos maciços, criando uma amostragem preliminar das características geomecânicas das litologias destinadas na área do local estudado.

No Capítulo 2 aborda-se os aspectos interessantes e compreensivos da localização e vias de acesso do empreendimento, geologia regional, geologia local, assim como, característica da lavra. Destacando-se os autores como Deus & Viana (1982), Marinho et al. (1986) e os demais autores citados neste trabalho.

O Capítulo 3 trata-se da caracterização das descontinuidades dos maciços pelo sistema Q de Barton et al. (1974) de classificação geomecânica, através da determinação do RQD de Deere et al. (1967) a partir de procedimento de análise de testemunhos de sondagens, cálculos efetuados e ainda análise estatística dos dados referentes ao RQD.

No Capítulo 4 é realizada a análise de resistência a compressão das rochas, analisando os procedimentos realizados para preparação das amostras do IPT (1995) com base nas recomendações feitas pela ISRM (1978) e manuseio dos equipamentos Conteco (2004). Seguindo os ensaios em laboratório de compressão e resistência uniaxial (simples) e triaxial das amostras destinadas, conforme Ladeira (1983), Hoek (2000) e outros mais. Com cálculos efetuados para determinação dessas resistências de compressão e análise estatística dos resultados dos ensaios de compressão uniaxial.

No Capítulo 5 é apresentado e avaliado os dados obtidos da classificação geomecânica dos maciços, os valores mínimos, médios e máximos de RQD e σ_c . Que serão analisados e discutidos no Capítulo 7 deste trabalho.

O Capítulo 6 demonstra os principais procedimentos para importação dos dados para o *Downhole Explore* (2004), assim como, os dados por ele gerado como vista das seções geotécnicas, representação gráfica do RQD dos furos analisados e a perfilagem geomecânica com suas determinadas litologias, recuperações e RQD's. Como forma de utilização das representações gráficas no planejamento das escavações.

O Capítulo 7 e 8 finalizam este trabalho conforme as discussões e resultados do estudo realizado anteriormente, concluindo este trabalho.

2- ASPECTOS DA ÁREA DE ESTUDO

2.1- Localização e Vias de Acesso

A área situa-se na porção Norte-Nordeste do Estado da Bahia, distante aproximadamente 1,5 km da borda leste da Serra de Itiúba, nas imediações da Sede do município de Andorinhas. Partindo de Salvador, o acesso é realizado pela BR-324, até Feira de Santana (108 km) e daí, pela BR-116, até Senhor do Bonfim (264 km). A partir de Senhor do Bonfim segue-se no sentido do município de Andorinha (57 km), onde está localizada a mina a 11 km da sede deste município. O município de Andorinha está localizado na folha homônima com latitude de 10°00' a 10°30'S e longitude de 39°30' a 40°00'W. As principais minas da região, Medrado e Ipueira, possuem as seguintes coordenadas: Medrado: 39°45'44" de longitude oeste e 10°18'36" de latitude sul, Ipueira: 39°45'56" de longitude oeste e 10°21'51" de latitude sul.

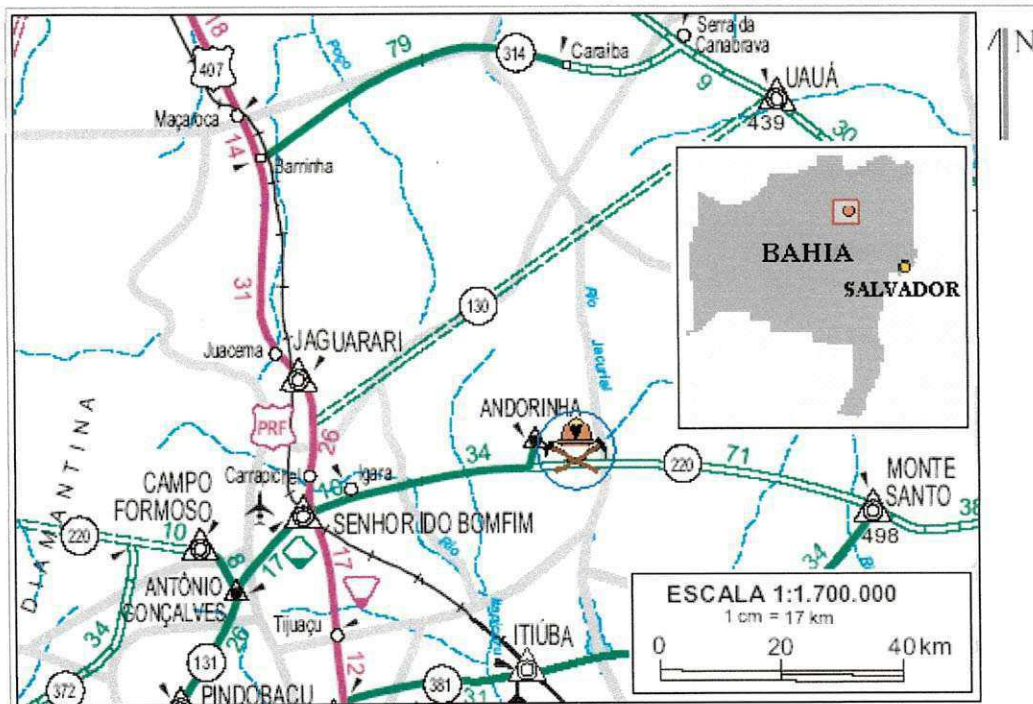


Figura 1 – Localização das Minas de Ipueira e Medrado.
Fonte: recorte modificado do mapa rodoviário da Bahia (2004).

2.2- Geologia Regional

Nas proximidades do *Sill*, encontram-se aflorando ao longo de uma faixa de direção norte-sul, com cerca de 100 km de extensão, vários corpos do complexo máfico-ultramáficos do vale do Jacuricí, mineralizados em cromo. São corpos encaixados em rochas granulíticas e gnaissico-migmatíticas do embasamento do Cráton do São Francisco, de pequenas e médias extensões Figura 2, constituindo assim o chamado distrito cromitífero do Vale do Rio Jacuricí (Silva, 1998). Segundo Marques (1999), a aproximadamente 50 km a oeste da área de ocorrência deste complexo, afloram rochas máfico-ultramáficas do complexo de Campo Formoso, também mineralizadas em cromo. Já ao norte, ocorre o complexo máfico-ultramáfico do Vale do Rio Curaçá, com mineralizações em cobre.

Conforme citado por Marques (1999), analisando trabalhos de Lindenmayer (1981), Hsui et al. (1982) e Silva (1985), os complexos máfico-ultramáficos do Vale do Rio Curaçá e do Rio Jacurici formam dois *trends* norte-sul paralelos, com longitude superior a 150 km, separados pela intrusão sienítica de Itiúba Figura 2. Estes complexos são intrusivos na seqüência supracrustal do complexo Caraíba, representada na região do distrito cuprífero Caraíba pelos Gnaises Surubim, Bom Despacho e Arapuá, cujas relações estratigráficas não são bem conhecidas.

O complexo de Campo Formoso é intrusivo com cerca de 40 km de extensão e 900 m de espessura, em rochas granulíticas do Complexo Caraíba, cortado pelo Granito de Campo Formoso e sobreposto discordantemente por rochas sedimentares do Grupo Jacobina (Paleoproterozóico) (Marques, 1999).

Tomando por base, principalmente as relações estruturais entre os diferentes conjuntos, Jardim de Sá (1984 por Silva, 1998) propôs uma seqüência estratigráfica para a região. Segundo o autor as litologias estariam seqüenciadas na ordem abaixo apresentada, da base para o topo:

- 1- Seqüência supracrustal metamorfisada;
- 2- Corpos máfico-ultramáficos;
- 3- Ortognaisses G1, de composição predominantemente leucocrática, em geral exibindo paragêneses ligados ao fácies granulito. Nessas rochas são observados vários xenólitos de litologias da seqüência meta-supracrustal inferior;
- 4- Diques máficos, pouco espessos, anfíbolitizados;

5- Granodioritos e Tonalitos G2, ortoderivados, com bandamento metamórfico fino, inseridos nos fácies granulito e anfibolito;

6- Granitos G3, representados pelo Sienito de Itiúba e intrusões menores, sob a forma de *sheets* subverticais.

A Figura 2 apresenta um esboço da geologia regional dos principais corpos máfico-ultramáficos, detalhando melhor o complexo do Rio Jacurici onde situa-se o Sill Ipueira-Medrado.

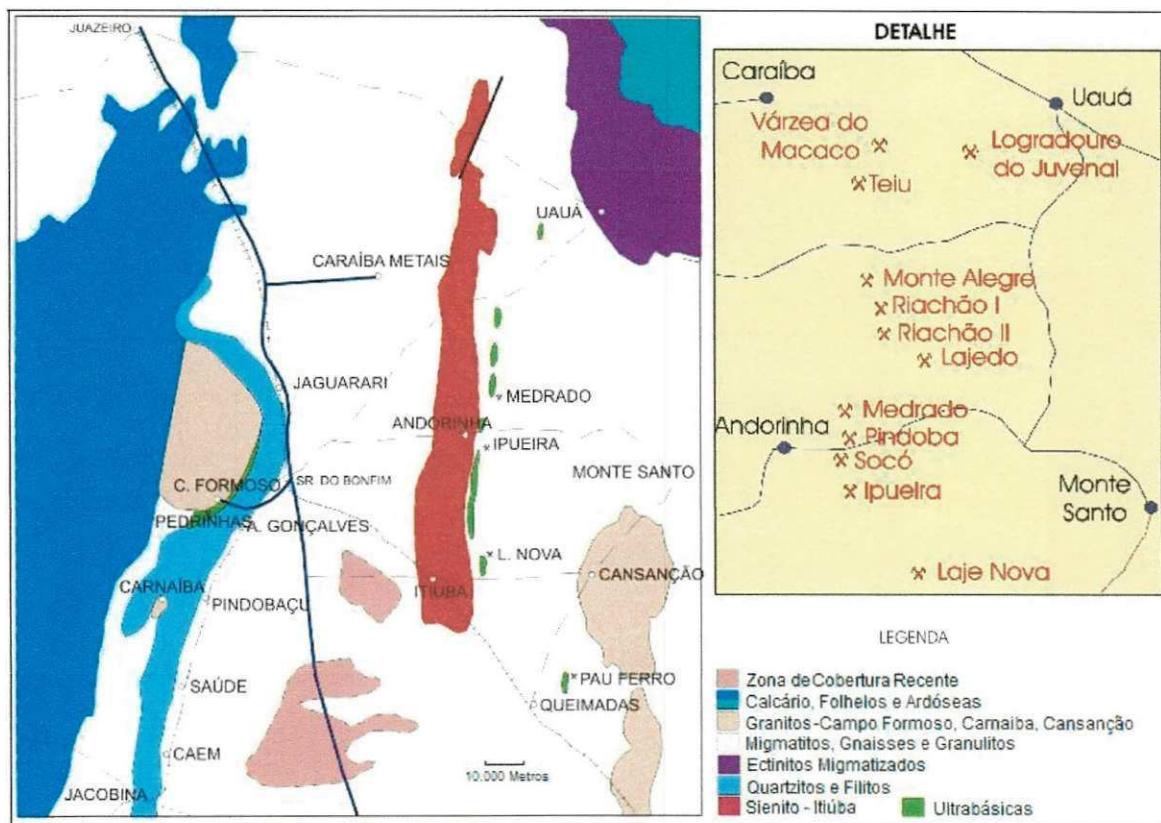


Figura 2 – Esboço geológico regional dos principais corpos cromitíferos.

Fonte: recorte do esboço geológico do estado da Bahia (7º DISTRITO – DNPM), simplificado e modificado por Marinho et al. (1986) e depois por Oliveira Júnior (2002).

Os depósitos cromitíferos do Vale do Jacurici Figura 2, melhor ainda visualizado na Figura 3, estão hospedados em um *sill* máfico-ultramáfico diferenciado, interposto na seqüência supracrustal, no qual situam-se os principais depósitos de Ipueira e Medrado. As rochas desse *sill* e as encaixantes encontram-se dobradas em uma sinforme apertada, com plano axial quase vertical e com vergência e eixo ondulado caindo cerca de 20° a 30° para

sul, definindo uma sucessão de domos e bacias bastante estiradas. A presença de uma foliação paralela ao acamamento, e como esta, também dobrada. Este fato, somado a outras informações regionais, sugere uma fase de deformação plástica pretérita F_1 ; num estilo de dobramentos recumbentes, coaxial à segunda fase F_2 que teria desenvolvido a sinforme. Esta sinforme com a ondulação do eixo, por sua vez deu origem a uma terceira fase F_3 de deformação, devido à presença de muitos planos de falha apresentarem ondulações semelhantes aos contatos e a foliação tectônica (Deus & Viana, 1982).

Atualmente são conhecidos mais de 14 corpos cromitíferos ao longo do vale, assim nomeados de norte para sul: Logradouro do Juvenal, Várzea do Macaco I, Várzea do Macaco II e Várzea/Teiú, no município de Uauá; Monte Alegre, Cemitério, Riachão I, Riachão II, Barra, Algodões e Lajedo, no município de Monte Santo; Medrado, Pindoba, Ipueira/Socó e Pedra do Dórea, no município de Andorinha; Laje Nova no município de Cansanção; e finalmente, no extremo sul não apresentado na Figura 2, os corpos de Barreiro e Pau Ferro, no município de Queimadas.

2.3- Geologia Local

2.3.1- Sill Medrado e Ipueira

Este *sill* é estratificado, relativamente estreito, descontínuo e fortemente alongado, com uma largura que chega a atingir os 250 m. O alongamento e a descontinuidade resultam principalmente de uma forte compressão leste-oeste, relacionada à fase de deformação F_3 , que causou dobramentos e transposições na direção norte-sul. Essa seqüência está variadamente serpentizada (peridotitos) ou anfibolitizada (norito) dificultando a determinação exata das proporções minerais primárias (Marinho et al., 1986).

De acordo com Deus & Viana (1982) os corpos de Medrado e Ipueira são contínuos, fazendo parte de um mesmo *sill* com extensões variáveis em função da estrutura local entorno de 7 km e largura que não ultrapassa 300 m. Uma das características marcantes dos corpos cromitíferos, são seus contatos muito bruscos com as hospedeiras, havendo por outro lado, pouquíssimo minério disseminado. Conforme estudos de detalhe

desenvolvidos na área da mina de Medrado, eles definiram uma seqüência estratigráfica para este *sill*, formada da base para o topo de (1) olivina-ortopiroxênio-espinélio cumulado (espessura de 60 m), (2) cromita cumulado (7 m), (3) ortopiroxênio-olivina-espinélio cumulado (33 m), (4) ortopiroxênio-espinélio cumulado (2 m) e (5) plagioclásio-ortopiroxênio cumulado (29 m). Depois Marinho et al. (1986) descreve a ocorrência restrita de (6) diopsídio-espinélio cumulado na porção sul.

Estes corpos estão encaixados na base por gnaisses leucocráticos (granulitos), de composição grandiorítica a tonalítica, com bandamento gnáissico fino, em geral milimétrico, com intercalações de lentes de rochas anfíbolíticas de espessura variada. As encaixantes de topo (contato superior) são de natureza claramente supracrustal, com predomínio de metassedimentos químicos do tipo serpentina-mármora, diopsidito, metacherts laminados e cherts ferruginosos, e o contato inferior repousa sobre granulitos quartzo-feldpáticos. Além disso, observa-se no conjunto das encaixantes de topo a presença de uma rocha de aparência granítica, mas que na verdade trata-se de um metassedimento siliciclástico, de composição arcoeana. Todo o conjunto está cortado por corpos pegmatíticos ricos em feldspato potássico (pegmatitos sieníticos) e por *sills* e diques de diabásio (Melo et al., 1986 por Oliveira Júnior, 2002).

A figura 3 apresenta em detalhe os principais corpos mineralizados do *Sill* Ipueira-Medrado, com pontos referenciais de sondagem e litologia.

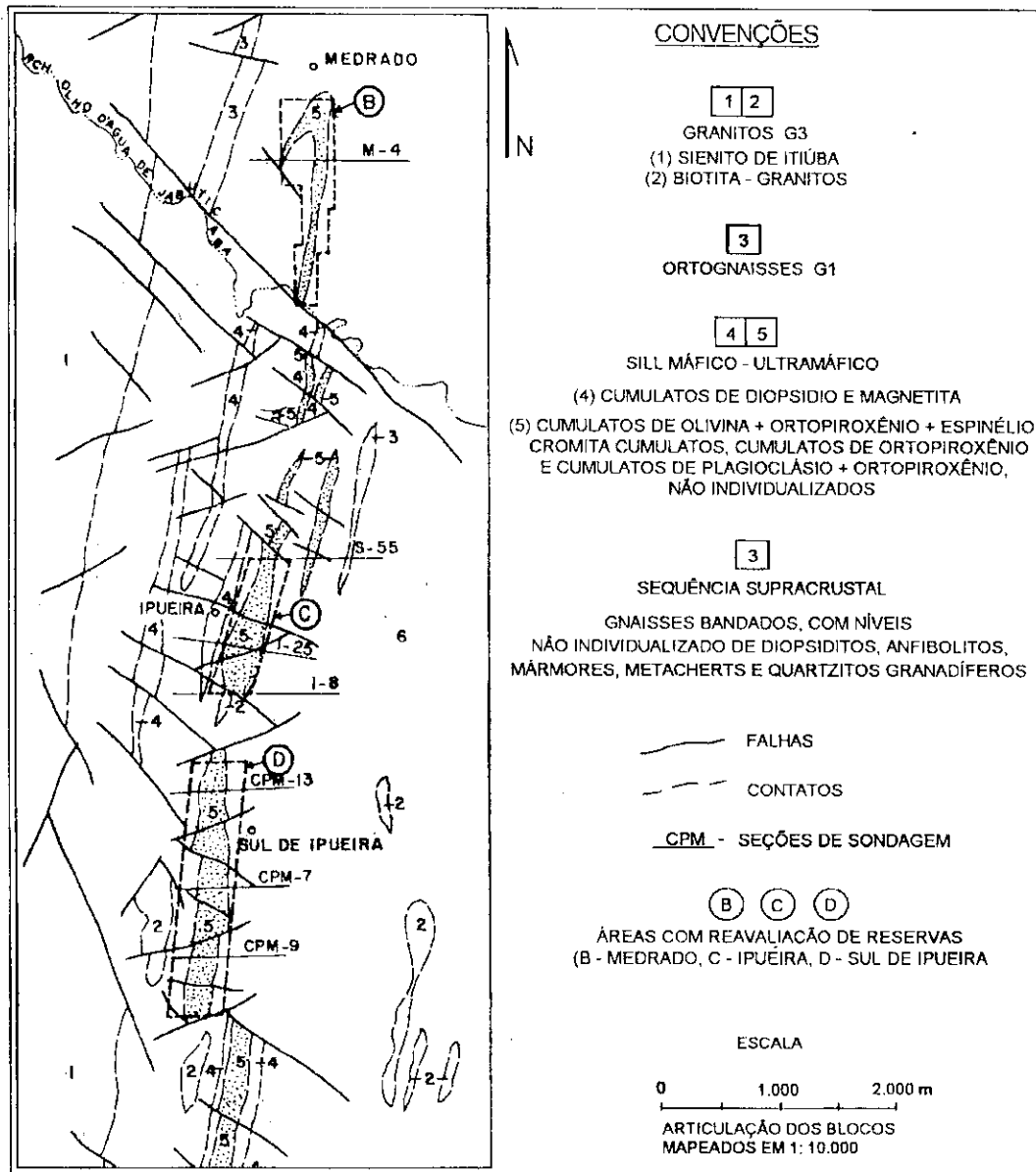


Figura 3 - Detalhe do *Sill* Ipueira-Medrado, com a localização e distribuição dos corpos máfico-ultramáficos.

Fonte: simplificado e modificado de Marinho et al. (1986).

2.3.2- Características geológica da mina Ipueira

As rochas ultramáficas que hospedam os cromititos da mina de Ipueira, apresentam um comportamento bastante claro ao longo do contato leste e ausente no oeste, correspondente ao contato de topo, que se faz com uma seqüência de metassedimentos químicos que inclui serpentina, mármore, diopsidito e restritamente metacherts. Até então estudado, sabe-se que as rochas máfico-ultramáficas de Ipueira correspondem ao

prolongamento do *sill* de Medrado, mais precisamente do flanco leste da estrutura, onde eventos tectônicos teriam provocado descontinuidades ao longo do percurso, resultando atualmente numa seqüência estratigráfica invertida devido a F_3 . Os metassedimentos químicos descritos anteriormente, agora formam o contato de base e os gnaises leucocráticos (grandiorítico a tonalítico) e anfibólitos o contato de topo dessa seqüência. A seqüência máfico-ultramáfica da base para o topo é composta de: (1) plagioclásio-ortopiroxênio cumulado (29 m), (2) cromita cumulado (7 m), (3) ortopiroxênio-espínélio cumulado (2 m), (4) ortopiroxênio-olivina-espínélio cumulado (33 m) e (5) olivina-ortopiroxênio-espínélio cumulado (espessura de 60 m).

O conjunto máfico-ultramáfico de Ipueira está contido numa extensão de aproximadamente 1.700 m, na área pesquisada em detalhe, com larguras que variam de 150 m a 300 m. Os corpos de minério em média apresentam espessura de 6 m a 7 m, podendo ocorrer blocos de até 15 m. A maior predominância é para a cromita maciça do tipo lump (aproximadamente 80%), não sendo observados olivina ou ortopiroxênio associado a esse tipo. Em testemunhos de sondagem foi comprovada uma banda de espessura variável (0,5 m a 3 m) de um cromitito associado a silicatos de cúmulos anteriormente citados. Este constitui o tipo disseminado com textura em rede e posicionado na parte basal. Em alguns furos de sonda constatou-se que em posições mais inferiores às cromitas disseminadas citadas anteriormente, pode ocorrer um estreito horizonte de cromitito maciço do tipo lump. De acordo com a granulometria e densidade existente no minério de cromita, esta apresenta uma granulometria relativamente fina, entre 0,2 mm a 0,8 mm com maior freqüência de 0,4 mm, e uma densidade média de $3,5 \text{ kg/dcm}^3$. A mina de Ipueira é a que apresenta maior reserva e que demonstra maiores potencialidades em termos de reserva de cromita lavrável. Atualmente, essas reservas são da ordem de 929.000 ton para o primeiro tipo e 400.000 ton para o segundo tipo (Mello et al., 1986).

A Figura 4 mostra o mapa geológico integrado do Sill Ipueira-Medrado, detalhado por dois furos principais de sonda partes (A) e (B) selecionados na área de Ipueira em duas seções geológicas esquemáticas (48 e 1180).

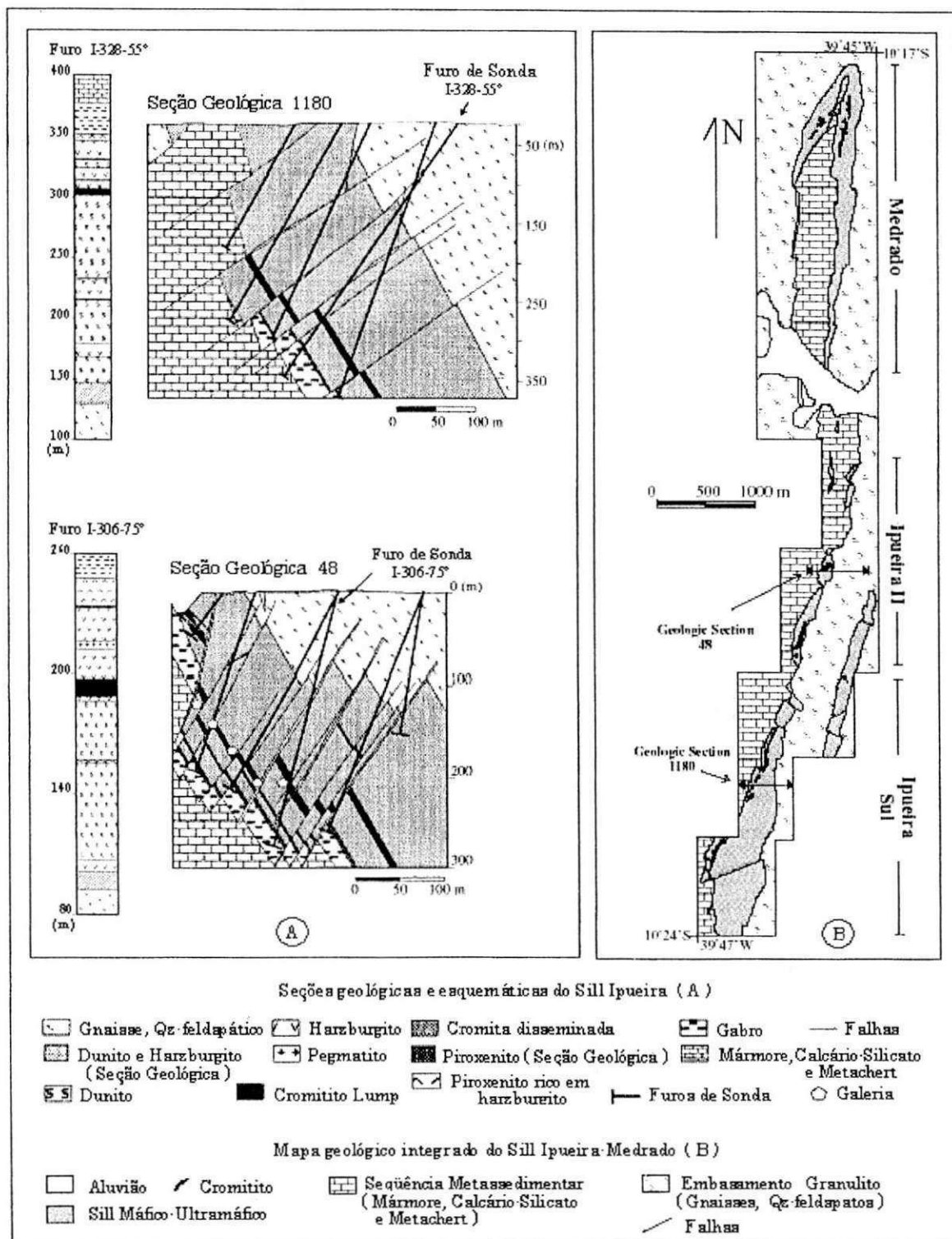


Figura 4 – Mapa e Seções geológicas simplificados do *Sill* Ipueira-Medrado.
 Fonte: modificado e alterado de Mineração Vale do Jacurici, S.A/ Relatório Interno, citado por Marques (2003).

2.4- Área de Estudo

A área situa-se em uma das três unidades em funcionamento da miná, Ipueira que é a mina de Ipueira 3, a partir do nível N-345 da mina Ipueira. Apresenta um conjunto de rochas máfico-ultramáficas pesquisadas em detalhe numa extensão de aproximadamente 500 m (Figura 5), com corpos bastante falhados devido ao tectonismo da região ocasionando mergulhos locais de 30° a 60° para leste. A delimitação para estudo fez-se a partir da galeria de pesquisa no nível N-345 onde estão as seções S-10, S-11 até a S-25 totalizando 12 seções com exceções das demais, compreendendo 375 m ao longo da direção norte-sul. Com larguras que variam de 60 m a 150 m e espessuras de 53 m a 150 m, de acordo com a profundidade dos furos.

As rochas componentes desse conjunto foram descritas a partir da análise tátil-visual em testemunhos de sondagem, através dos furos descendentes distribuídos em leque a partir das seções pesquisadas. Essa descrição segue a ordem estratigráfica do início dos furos das seções ao final destes nos níveis mais inferiores, apresentando a seguinte seqüência: olivina-ortopiroxênio cumulato, cromita cumulatos (tipo lump e cromita disseminada), ortopiroxênio-olivina cumulato, ortopiroxênio-espínélio, plagioclásio-ortopiroxênio cumulado (gabro) e restritamente serpentina mármore. Tratando-se de uma região bastante serpentinizada ou alterada para serpentinito e cortada por corpos pegmatíticos (veios) e diques de diabásio, como também zonas de falhas evidenciadas por trechos alterados e cizalhados.

Para melhor compreensão, esta seqüência foi resumidamente interpretada e abreviada, de forma que a unidade predominante referenciasse o tipo de litologia apresentado e as principais composições rochosas menos abundantes ou subseqüentes. Conforme segue-se: serpentinito olivina orto-px (Serpentina-olivina-ortopiroxênio), cromitito (tipo lump ou cromita disseminada), serpentinito orto-px olivina (Serpentina-ortopiroxênio-olivina), ortopiroxênio, gabros (plagioclásio) e serpentina mármore. Essa seqüência resumida prosseguirá nos próximos capítulos desse trabalho.

A figura 5 demonstra o perfil da mina Ipueira 3 com o nível das seções dos furos pesquisados.

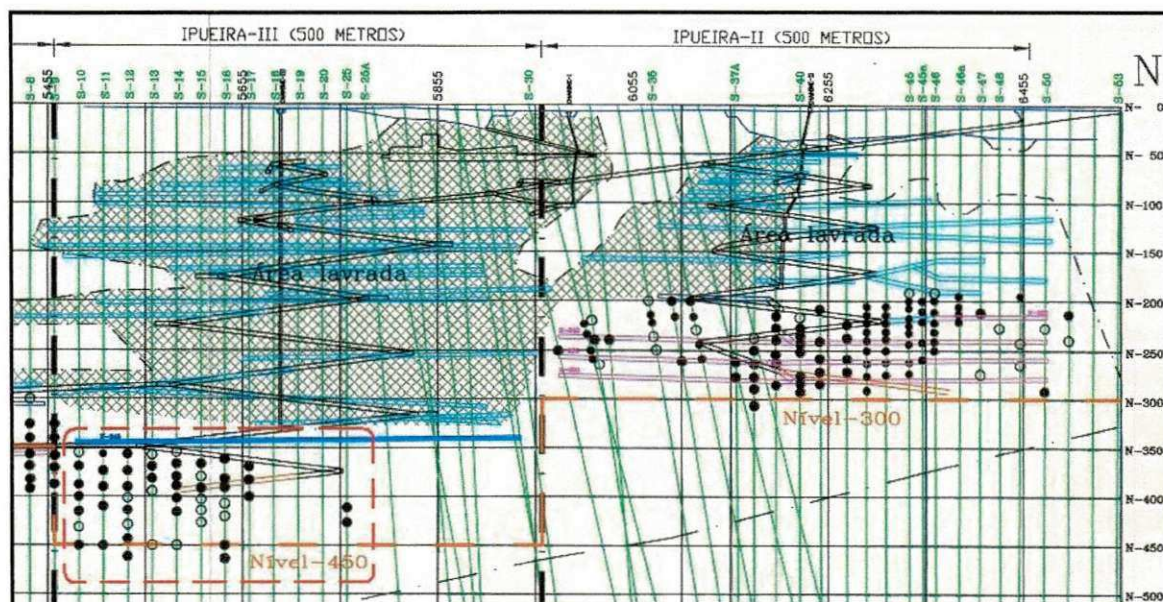


Figura 05 – Área de Estudo no nível N-345, mina Ipueira 3
 Fonte: modificado de FERBASA (2003)/ Mineração Vale do Jacuricé S.A/Relatório Interno

2.4.1- Características litológicas das seções geológicas pesquisadas

1-) *Serpentinito Olivina Orto-px*: são rochas serpentinizadas que apresentam coloração de verde a verde escura, granulação fina, fases de cúmulo e silicatos (espinélio). Contém olivina e ortopiroxênio (orto-px) como fases principais e em menor predominância cromoespinélio, clinopiroxênio (cpx), anfibólio, magnetita e flogopita, como fases acessórias. Hospeda o nível principal de cromitito (minério) em sua porção basal.

2-) *Cromitito*: rocha que possui o mineral-minério de valor econômico, situado em níveis inferiores ou na base da camada anterior citada, e em níveis de interface da camada de serpentina orto-px olivina. Possui cor escura, granulação fina, com cpx do tipo cromodiopsídio como fase de pós-cúmulo. Em níveis da camada de cromitito e nas interfaces com a serpentina olivina orto-px ou orto-px olivina, ocorre um nível de minério disseminado, com a cromita de cúmulo na rocha peridotítica, envolta por olivina e/ou orto-px, formando olivina-cromita cumulado e orto-px-cromita cumulado.

2.4- Área de Estudo

A área situa-se em uma das três unidades em funcionamento da mina, Ipueira que é a mina de Ipucira 3, a partir do nível N-345 da mina Ipueira. Apresenta um conjunto de rochas máfico-ultramáficas pesquisadas em detalhe numa extensão de aproximadamente 500 m (Figura 5), com corpos bastante falhados devido ao tectonismo da região ocasionando mergulhos locais de 30° a 60° para leste, podendo ser visualizado nas seções apresentadas no Apêndice D. A delimitação para estudo fez-se a partir da galeria de pesquisa no nível N-345 onde estão as seções S-10, S-11 até a S-25 totalizando 12 seções com exceções das demais, compreendendo 375 m ao longo da direção norte-sul. Com larguras que variam de 60 m a 150 m e espessuras de 53 m a 150 m, de acordo com a profundidade dos furos.

As rochas componentes desse conjunto foram descritas a partir da análise tátil-visual em testemunhos de sondagem, através dos furos descendentes distribuídos em leque a partir das seções pesquisadas. Essa descrição segue a ordem estratigráfica do início dos furos das seções ao final destes nos níveis mais inferiores, apresentando a seguinte seqüência: olivina-ortopiroxênio cumulato, cromita cumulatos (tipo lump e cromita disseminada), ortopiroxênio-olivina cumulato, ortopiroxênio-espínélio, plagioclásio-ortopiroxênio cumulado (gabro) e restritamente serpentina mármore. Tratando-se de uma região bastante serpentinizada ou alterada para serpentinito e cortada por corpos pegmatíticos (veios) e diques de diabásio, como também zonas de falhas evidenciadas por trechos alterados e cizalhados.

Para melhor compreensão, esta seqüência foi resumidamente interpretada e abreviada, de forma que a unidade predominante referenciasse o tipo de litologia apresentado e as principais composições rochosas menos abundantes ou subseqüentes. Conforme segue-se: serpentinito olivina orto-px (Serpentina-olivina-ortopiroxênio), cromitito (tipo lump ou cromita disseminada), serpentinito orto-px olivina (Serpentina-ortopiroxênio-olivina), ortopiroxênio, gabros (plagioclásio) e serpentina mármore. Essa seqüência resumida prosseguirá nos próximos capítulos desse trabalho.

A figura 5 demonstra o perfil da mina Ipueira 3 com o nível das seções dos furos pesquisados.

2.5- Informações Gerais da Mina

2.5.1- Níveis de acesso

O acesso principal da mina é feito através da galeria da rampa principal ou permanente de (5 m x 5,5 m) com inclinação de 1/8 ou 12,5% iniciada em Ipueira II, mais a norte (Figura 5), que dá acesso à mina de Ipueira 3 e seus níveis inferiores. A mina é composta por uma rampa principal, galerias de acesso, galerias de lavra e chaminés de ventilação. A rampa principal encontra-se desenvolvida na camada maciça de serpentina mármore “capa” adjacente ao corpo mineralizado. São abertas galerias (4 m x 4,5 m) com rampas inclinadas em espiral de acesso ao corpo mineralizado na direção norte-sul. Esse acesso aos painéis de lavra em cada nível é feito com inclinação de 2% e desenvolvidos transversalmente na direção oeste-leste. Quando o potencial do corpo for superior a 8 m, ou em outros casos representar falhamentos com blocos rejeitados, faz-se conveniente posicionar duas galerias no mesmo nível acompanhando o deslocamento dos blocos. Os painéis de minério têm em média 8 m de largura, 200 m de comprimento e altura variável de 6 m a 15 m.

2.5.2- Característica da lavra

Todas as operações de desenvolvimento e lavra são condicionadas pelas linhas de utilidade, elementos essenciais a cada finalidade desejada, como o abastecimento de energia, água e ar comprimido. O método de lavra adotado atualmente é o *Sublevel Caving*, onde as galerias de lavra são desenvolvidas com largura e altura (4 m x 4,5 m), a baixo e ao longo do limite inferior do corpo de minério. Os furos de lavra são ascendentes e a lavra é iniciada no subnível inferior em recuo.

A perfuração das seções em leque ascendentes, espaçadas de 2 m ou 2,2 m, obedece a um paralelismo vertical, para seqüenciamento dos fogos. Onde são detonados de acordo com o plano de seqüência estabelecido, recuando do final para o início da galeria de produção. A limpeza do material abatido é feita a cada seção detonada pelas carregadeiras *LHD*, transportando o material até os caminhões na estação de carregamento *Cross-Cuts* na rampa principal e conduzidos até a superfície. A capacidade de produção da mina é de

(240.000 ton/ano de ROM) sob jornada de 7 horas/homem em três turnos diários. As perdas do minério por esse método são estimadas entre 5% a 20% e diluição ou mistura estéril/minério que pode variar de 10% a 35%.

A Figura 6 demonstra um exemplo prático do método de lavra adotado, com suas galerias posicionadas estrategicamente para desmonte e transporte do minério.

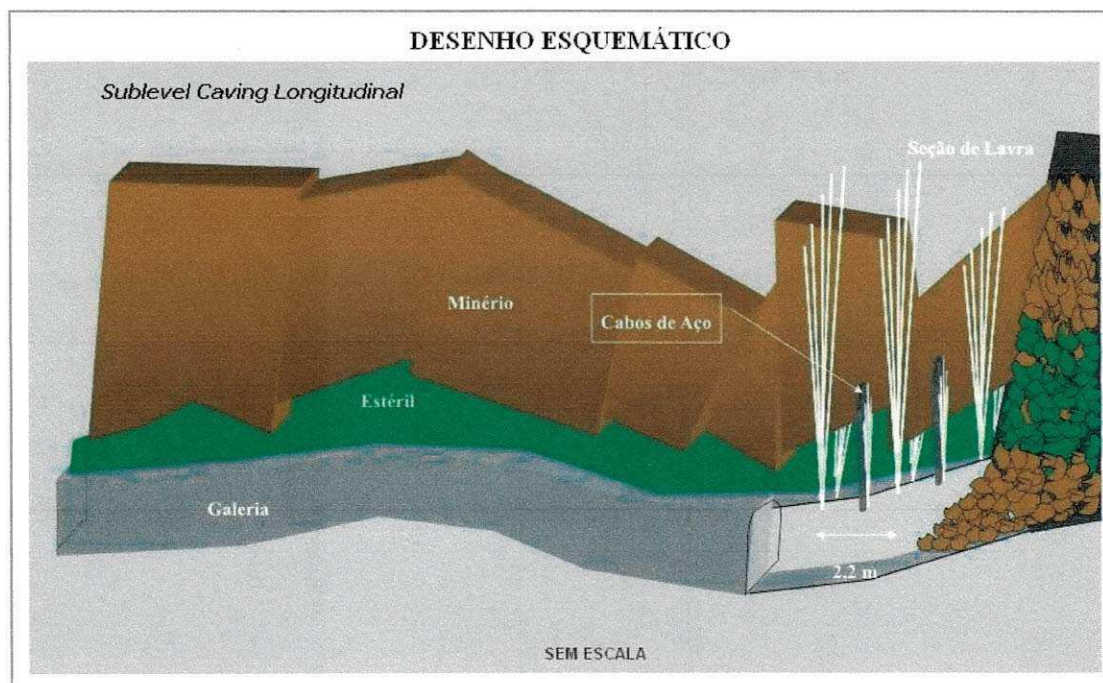


Figura 6 – Esboço prático do método Sublevel Caving

Fonte: modificado de FERBASA (2004)/ Mineração Vale do Jacurici S.A/Relatório Interno

Na mina Ipueira, situada na região do Vale do Jacurici, emprega-se lavra subterrânea, totalmente mecanizada, pelo método *sublevel caving*, que consiste na abertura de galerias de produção no *footwall* da camada, com desmonte em recuo e abatimento do teto. Os painéis alcançam em média 14 a 25m de altura, e a perfuração é efetuada no sentido ascendente e em leque, com equipamento especializado (*Fan Drill*). A recuperação por esse método está prevista em 80%, com diluição de 10-35% de estéril no R.O.M. Obtém-se minério do tipo *lump* com teor igual ou superior a 38% de Cr_2O_3 , através de uma seleção manual/meccanizada e posterior britagem.

3- CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MACIÇOS ROCHOSOS

3.1- Revisão Bibliográfica

3.1.1- Descrição em testemunhos

A descrição dos maciços rochosos por meio de sondagens exige observações realizadas diretamente nos testemunhos, demonstrando as características *in situ* do maciço rochoso. Contudo, como estão sujeitos a desgastes, decorrentes do processo de perturbação e procedimentos ligados à execução da sondagem, eventuais danos nas amostras podem falsear, mascarar ou mesmo comprometer as observações. Antes da descrição das amostras é importante observar a possível quantidade de amostra obtida na sondagem (manobra da operação), e sua correspondente recuperação (quantidade de material obtido), bem como a qualidade da amostragem. A descrição das amostras consiste, fundamentalmente, em observar as características das litologias, da alteração, da coerência e das descontinuidades (ABGE, 1998).

Além das Informações anteriores, determina-se ainda, por testemunho de sondagem o RQD (*Rock Quality Designation*), um índice ou parâmetro proposto por Deere et al. (1967), que serve para verificar a qualidade de um maciço rochoso ou de uma formação rochosa específica.

3.1.2- Sistemas de classificação de rocha

A literatura descreve que alguns modelos empíricos de classificação no passado eram utilizados basicamente para construção de túneis, em que o mais usado e de fácil entendimento destes é o sistema de classificação de rocha de Terzaghi (1946), o qual foi introduzido a mais de 50 anos atrás. Posteriormente, esta classificação foi modificada por Deere et al. (1970) e daí em diante novos sistemas de classificação foram propostos. Estes sistemas despertaram novos avanços na tecnologia do suporte de rocha (cavilhas, tirantes, cabos, etc.) e concreto projetado, para diferentes projetos de engenharia como túneis, cavidades, minas, rampas e fundações (Bicniawski, 1989).

No entanto com o aumento progressivo de construções de obras subterrâneas e do conhecimento de novos fatores influentes até então não considerados anteriormente, muitos sistemas de classificações tiveram sucessivas aplicações ao longo dos tempos.

Segundo Bieniawski (1989) e Hartman (1992) dentre os demais sistemas de classificação existente, pode-se citar os seis mais comuns, Terzaghi em 1946, Lauffer em 1958, Deere et al. em 1967, Wickham et al. em 1972, Bieniawski em 1976 e Barton et al. em 1974.

A classificação de resistência da rocha designada por Terzaghi nos EUA foi o primeiro sistema de classificação prático introduzido relativo à carga da rocha e dominou por 35 anos a 40 anos, as construções de túneis com suportes de aço, tornando-se inadequado para os métodos modernos de execução de túneis com ancoragens e concreto projetado. O sistema de classificação de Lauffer foi desenvolvido na Áustria com base nos trabalhos de Stini (1950) e foi considerado um passo inicial na arte da escavação de túneis por introduzir o conceito de vãos livres sem suporte e seu tempo de auto-sustentação, em função da qualidade do maciço. A classificação de Deere com outros autores nos EUA introduziu o índice de designação (denominação) da qualidade da rocha (RQD), aplicado a descrição de testemunhos e túneis, parte integrante dos sistemas modernos de classificação, não considera condições de superfície de juntas (falhas) e material de preenchimento. O conceito de avaliação de estruturas (RSR) desenvolvido nos EUA, por Wickham e outros autores, foi um sistema de avaliação de classificação bem caracterizado e de grande utilidade para túneis com suportes metálicos, pois, introduziu as avaliações numéricas *ratings* e ponderações para correlacionar a qualidade do maciço com dimensões das escavações e suportes necessários. A classificação geomecânica (sistema *RMR*), proposta por Bieniawski no Sul da África, aplicada a túneis e minas, desenvolveu uma evolução dos sistemas anteriores, com alterações da versão original ao longo dos tempos (1974, 1975, 1976, 1979, 1989), foi desenvolvido com base em 49 casos históricos e sua versão atualizada (1989) contou com 268 casos reais. Baseado no método do RQD e desenvolvido com base em mais de 200 casos reais, o sistema Q, proposto por Barton et al. na Europa Ocidental, desenvolvido independentemente e provido de dados quantitativos para a seleção de reforçamento de túneis modernos com tirantes e concreto projetado. Embora o sistema Q teria sido desenvolvido especificamente para túneis e cavidades em rocha, sua aplicação se estendeu a aberturas inclinadas em rocha, fundações e problemas em minas (Bieniawski, 1989; Hartman, 1992; ABGE, 1998).

Conforme citado por Hartman (1992), atualmente os sistemas de classificação RMR e Q, são os dois mais usados mundialmente e ainda discutidos em detalhe.

3.1.3- Determinação do RQD (Deere)

O RQD é um índice quantitativo, proposto por Deere (1964), para a escolha do tipo de suporte em túneis, mas seu conceito só foi apresentado em primeiro momento em uma publicação de Deere et al.(1967). Trata-se da percentagem de recuperação modificada de testemunhos de sondagem, considerando apenas os tamanhos iguais ou maiores que 10 cm ($\cong 4$ pol). No qual os comprimentos menores são desprezados por serem considerados como decorrentes de forte cisalhamento, alteração ou intenso fraturamento.

A Figura 7 apresenta resumidamente os procedimentos corretos para medição dos comprimentos dos pedaços dos testemunhos e o cálculo realizado do RQD.

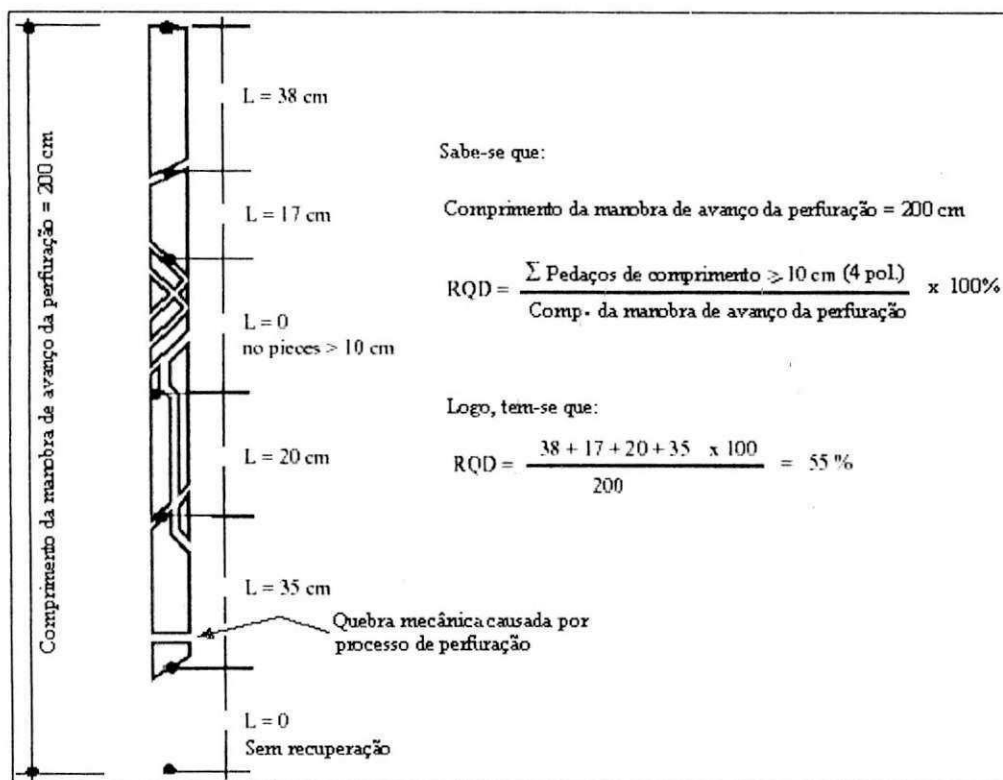


Figura 7 - Procedimento para medida e cálculo do RQD.

Fonte: modificado depois de Deere (1989) citado por Hoek e Brown (2000).

Este critério é aplicado em testemunhos de sondagem rotativa com barriletes duplo-livres e com diâmetro ideal NW (54,7 mm), somente para rocha dura a medianamente dura. Podendo ser determinado através da relação entre o valor numérico do RQD obtido através da expressão vista na Figura 7 e o índice de qualidade da rocha no Quadro 1, estabelecido do ponto de vista da engenharia (Bieniawski, 1989) e (Hoek, 2000);.

Analisando o Quadro 1, pode-se observar que o ROD é condicionado pelo espaçamento das discontinuidades e pela presença de zonas alteradas. Quando estas não existem, há uma relação entre RQD e grau de fraturamento.

RQD (%)	Qualidade da Rocha
< 25	Muito pobre
25 – 50	Pobre
50 – 75	Regular
75 – 90	Boa
90 – 100	Excelente

Quadro 1 – Índice de qualidade da rocha de acordo com o RQD(%)
Fonte: depois de Deere et al. (1967) citado por Bieniawski (1989)

O RQD é atualmente considerado um parâmetro auxiliar de grande importância na caracterização dos maciços rochosos. Sua contribuição tecnológica dar-se por permitir primordialmente, uma quantificação da qualidade do maciço em relação ao seu fraturamento, também servindo como indicador de regiões do maciço com baixa qualidade. Segundo Ladeira (1976), não é aceito como uma classificação, por não levar em consideração a orientação das juntas, sua abertura ou material de preenchimento.

3.1.4- Sistema Q (Barton) de classificação geomecânica

Conforme citado por Alcântara (1997) os autores Barton, Lunde e Lien em 1977, do Instituto Geotécnico Norueguês (NGI), com base em análises de mais de 200 casos históricos de escavações subterrâneas, propuseram em 1974, com revisão em 1988, um índice denominado Q, para a determinação da qualidade do maciço rochoso em escavação de túnel.

Esta classificação utiliza seis parâmetros geomecânicos básicos para a classificação do maciço rochoso baseado no índice Q, que são:

- RQD - Índice de designação da qualidade da rocha;
- J_n - índice de influência do número de famílias das descontinuidades;
- J_r - índice de influência da rugosidade das paredes das descontinuidades;
- J_a - índice de influência de alteração das paredes das descontinuidades;
- J_v - índice de influência de redução da tensão normal devido à pressão hídrica;
- SRF- índice de influência de redução da tensão total.

O valor numérico do sistema Q é definido a partir destes parâmetros através da seguinte expressão:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

Onde os três quocientes que determinam o sistema, representam:

- (RQD/J_n) – o fator corresponde ao tamanho e estrutura dos blocos do maciço rochoso;
- (J_r/J_a) – as características friccionais e de rugosidade das paredes e material de enchimento das descontinuidades;
- (J_w/SRF) – a tensão ativa resultante da presença de água e tensões atuando no maciço rochoso, fator empírico resultado de dois fatores de tensão combinados.

O Quadro 2 apresenta o valor do sistema Q que pode variar numa faixa de $Q = 0,001$ até $Q = 1000$, numa escala logarítmica de qualidade do maciço rochoso. Conforme o valor do sistema Q, o maciço é classificado de acordo com nove qualidades.

Descrição do maciço	Valores de Q
Maciço de excepcional má qualidade	0,0001 – 0,01
Maciço de extrema má qualidade	0,01 – 0,1
Maciço de muito má qualidade	0,1 – 1,0
Maciço de má qualidade	1,0 – 4,0
Maciço de qualidade regular	4,0 – 10,0
Maciço de boa qualidade	10,0 – 40,0
Maciço de muito boa qualidade	40,0 – 100,0
Maciço de extrema qualidade	100,0 – 400,0
Maciço de excepcional qualidade	400,0 – 1000,0

Quadro 02 – Classificação do maciço conforme o sistema Q.

Fonte: Barton et al. (1974 por Ojima, 1982).

3.2- Procedimento Metodológico da Medição de Testemunhos Para o Cálculo do RQD

3.2.1- Procedimento de amostragem dos furos analisados

A área foi selecionada estrategicamente por fazer parte de uma área já detalhada geologicamente e com programações futuras de lavra, fazendo mérito à importância desse estudo. Os furos selecionados para classificação geomecânica situam-se na galeria de pesquisa que está contida no nível N-345 com coordenada inicial ($Z_0 = 345$ m, $E_0 = 6224,5$ m e $N_0 = 5487$ m), onde segue em eixo longitudinal na direção norte-sul seções de pesquisa de detalhe com furos descendentes em leques. As rochas componentes dessa área estratificada são os serpentinitos, cromititos além de gabros, e quase restritamente pela delimitação da área de estudo, os mármore serpentinizados. Estes tipos litológicos são interceptados de forma discordante por veios pegmatíticos, diques de diabásio e zonas de falhas com trechos alterados e cizalhados.

A Figura 8 mostra a vista em perfil das minas Ipueira, com detalhes da área selecionada (Ipueira 3) correspondente à região do nível (N-345) de coleta das informações para o estudo de classificação geomecânica.

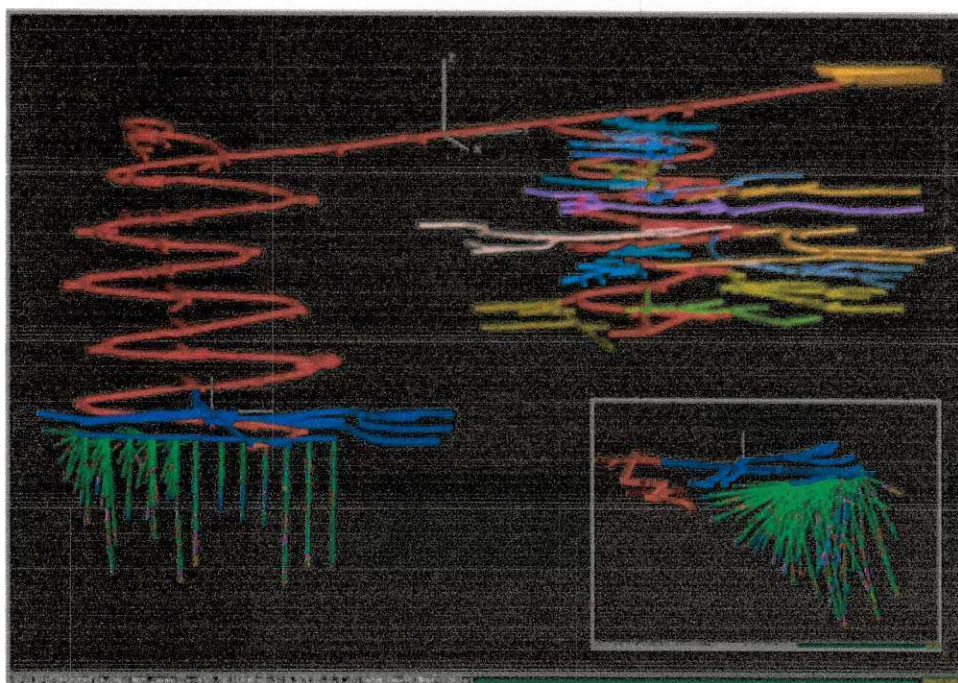


Figura 8 – Área selecionada para pesquisa no nível N-345.
Fonte: Setor de Geologia e Planejamento/ Ferbasa (2003).

Os critérios estabelecidos para escolha desses furos, foram adotados de acordo com a necessidade e disponibilidade dos testemunhos correspondentes. Em média foram analisados três furos por seção, com profundidades variando de 53 m a 150 m, totalizando 35 furos, espaçados por 12 seções uma a outra (da S-10 até S-18, e, S-20 a S-21) em 25 m, variando o espaçamento entre as seções (S-18 a S-20) com 50 m e a (S-21 a S-25) com 75 m. Essas seções com furos em leques formam um suposto plano ortogonal ao eixo longitudinal que as compõe, com direções leste-oeste. Foram escolhidos especialmente os furos que interceptavam a zona cromitífera, furos com inclinação variando entre 25°W a 85°W (exceto um furo 82°E/ S-10). Os testemunhos analisados corresponderam aos três equipamentos de sondagem, a SS 21/ SUNDEC – sonda de superfície adaptada para subsolo (Ferbasa), FS 320/ MACSONDA – também sonda de superfície adaptada para subsolo (Ferbasa) e a DIAMEC 252/ ATLAS COPCO – sonda elétrico-hidráulica

(Geoserv), com seus respectivos diâmetros (NW = 54,7 mm e NQ = 47,6 mm; NQ = 47,6 mm e BQ = 36,5 mm).

O Quadro 3 apresenta organizadamente os furos selecionados de acordo com o processo de amostragem obtido, com suas respectivas identificações e informações necessárias.

Seleção dos Furos da Área de Estudo na I-GP345 da Mina de Ipueira 3					
Identificação dos furos	Seção	Comprimento (m)	Diâmetro	Data da coleta	Equip.Sondagem
I-GP345-355-50°W	10R	88,10	NQ	11/ 01/ 2001	Ferbasa
I-GP345-366-30°W	10R	63,80	NQ	24/ 01/ 2001	Ferbasa
I-GP345-370-82°W	10R	77,00	NQ	30/ 01/ 2001	Ferbasa
I-GP345-554-60°W	10R	66,60	BQ	28/ 07/ 2003	Geoserv
I-GP345-411-80°W	11R	83,05	NQ	19/ 05/ 2001	Ferbasa
I-GP345-556-22°W	11R	106,60	BQ	07/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-558-55°W	11R	70,10	BQ	09/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-381-50°W	12R	87,20	NQ	27/ 02/ 2001	Ferbasa
I-GP345-384-35°W	12R	68,60	NQ	05/ 03/ 2001	Ferbasa
I-GP345-387-65°W	12R	66,30	NQ	14/ 03/ 2001	Ferbasa
I-GP345-562-35°W	13R	71,40	BQ	15/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-233-50°W	14R	93,85	NW	11/ 06/ 1999	Ferbasa
I-GP345-234-40°W	14R	59,10	NW	30/ 06/ 1999	Ferbasa
I-GP345-237-65°W	14R	63,75	NW	26/ 07/ 1999	Ferbasa
I-GP345-241-50°W	15R	78,55	NQ	13/ 09/ 1999	Ferbasa
I-GP345-242-60°W	15R	70,45	NQ	20/ 09/ 1999	Ferbasa
I-GP345-243-30°W	15R	52,05	NQ	30/ 09/ 1999	Ferbasa
I-GP345-521-45°W	16R	103,70	BQ	27/ 03/ 2003	Ferbasa SS-21
I-GP345-523-60°W	16R	89,15	BQ	08/ 04/ 2003	Ferbasa SS-21
I-GP345-525-30°W	16R	55,30	BQ	12/ 04/ 2003	Ferbasa SS-21
I-GP345-517-65°W	17R	81,50	BQ	24/ 02/ 2003	Ferbasa SS-21
I-GP345-520-25°W	17R	77,65	BQ	11/ 03/ 2003	Ferbasa SS-21
I-GP345-567-80°W	17R	66,90	BQ	25/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-570-25°W	18R	60,80	BQ	04/ 09/ 2003	Geoserv
I-GP345-573-50°W	18R	84,20	BQ	09/ 09/ 2003	Geoserv
I-GP345-576-37°W	18R	61,40	BQ	11/ 09/ 2003	Geoserv
I-GP345-545-25°W	20R	53,80	BQ	15/ 07/ 2003	Geoserv
I-GP345-548-65°W	20R	61,80	BQ	19/ 07/ 2003	Geoserv
I-GP345-550-83°W	20R	93,10	BQ	28/ 07/ 2003	Geoserv
I-GP345-524-45°W	21R	87,00	NQ	12/ 04/ 2003	Ferbasa
I-GP345-527-25°W	21R	64,60	NQ	21/ 04/ 2003	Ferbasa
I-GP345-565-80°W	21R	150,10	BQ	23/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-516-75°E	25R	145,85	NQ	20/ 02/ 2003	Ferbasa
I-GP345-557-35°W	25R	69,40	BQ	07/ 08/ 2003	Geoserv
I-GP345-560-75°W	25R	96,30	BQ	14/ 08/ 2003	Geoserv

Notas: I-GP345 – Ipueira, galeria de pesquisa no nível N-345; diâmetros ;BQ = 36,5 mm ; NQ = 47,6 mm e NW = 54,7 mm; Equip.Sondagem – equipamento de sondagem.

Quadro 3 – Furos selecionados por amostragem

Estes furos possuem as seguintes identificações (I-GP345-562/35°W/S-10R), em que “I” referencia o local (mina) Ipueira, GP 345 o nível da galeria de pesquisa, 562 o número indicador do furo, 35°W sua inclinação e S-10R a seção 10 retificada de sondagem. Podendo também ser simplificado para (562 /S-10R) em comum para os demais furos, já que o estudo faz parte da mesma (I-GP345).

As Figuras de (9) a (11), demonstram os testemunhos (diâmetro BQ) sondados do furo (562/S-13R), conforme análise da direita para esquerda.



Figura 9 – Início e parte do furo (562/S-13R)



Figura 10 – Região central do furo (562/S-13R)



Figura 11 – Parte e Final do furo (562/S-13R)

3.2.2- Materiais utilizados

Para realização das medidas dos testemunhos de sondagem e análise da recuperação, foram adaptados suportes para fixamento das caixas de testemunhos, trena métrica com escala em centímetros para realizar as medições, lápis, prancheta e planilhas para anotações das medições.

Para a aquisição e organização dos dados, foram utilizadas planilhas para as anotações em campo, conforme a mostrada no Quadro 4.

DADOS PARA O CALCULO DO RQD						Data	/ /	
						Ref. da Sonda		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Seção	Diâmetro (cm)	Tipo de Diâmetro	Área:
Dados:								
Manobra		AVAN	REC*	REC	RQD*	RQD	Descrição Litológica	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		

Notas: REC* (cm) – valor da medição da recuperação por manobra; RQD* (cm) – valor do somatório da medição da recuperação dos pedaços dos testemunhos ≥ 10 cm (4 pol) por manobra.

Quadro 4 – Modelo de planilha para anotações de campo.

Fonte: Lima/Arquivos/Ferbasa (2004).

3.2.3- Procedimento da análise

As análises foram realizadas, basicamente, através das observações diretas dos furos em caixa de testemunhos obtidos na sondagem, possibilitando a descrição dos maciços rochosos dessa região. Essas análises de recuperação dos testemunhos foram realizadas por meio de um procedimento de medida com uma trena métrica graduada em metro, centímetro e milímetro, no qual determinou-se a recuperação “REC*” de cada manobra (avanço) e anota este em uma planilha, para posterior cálculo do percentual de recuperação “REC(%)”. Em seguida, com a mesma trena métrica e/ou se necessário um

escalímetro, mediu-se e somou-se a recuperação de todos os pedaços de testemunhos maiores ou iguais a 10 cm (\cong 4 pol.) de cada manobra “RQD*”, esses valores foram anotados em uma planilha, para posterior cálculo do percentual do índice de recuperação “RQD(%)”.

Esses valores são medidos de acordo com a orientação das caixas (esquerda para direita) do início ao final, em ordem crescente da manobra a cada caixa até o final do furo, conforme ilustra a Figura 12. Para a análise tátil-visual foram utilizados 35 furos, totalizando em 2.855,1 m de testemunhos medidos e analisados.

A Figura 12 apresenta as medições realizadas na “caixa 11” (de testemunhos) do furo (562/S-13R). A análise faz parte da manobra de (50,40 m a 53,40 m) podendo ser vista no Apêndice (A), deste trabalho.



Figura 12 – Análise da recuperação e do RQD dos testemunhos do furo (562/S-13R)

Tornou-se necessário fazer algumas considerações básicas, para assim, conseguir realizar uma gama de medições em pouco espaço de tempo. Portanto, considerou-se que em uma manobra com uma litologia segue-se caso com duas litologias (final de uma e início de outra), predominaria a litologia dominante (de maior comprimento) na manobra. E para as demais uma manobra com três ou mais litologias, com pegmatitos, com trechos falhados e veios de quartzo, considerou-se como zona de alteração, sendo desprezado nestes cálculos conforme visto no Quadro 6 e nos demais quadros do Apêndice (A). Pois,

do ponto de vista geomecânico, para esta quantidade de valores analisados (furos e suas litologias) os dados obtidos serão bastante representativos.

As considerações realizadas anteriormente tiveram grande importância neste trabalho, pois sem elas, teria que criar sub-manobras para detalhar a manobra problemática, fazer algumas interpolações ou ajuste usando regra de três, dentre outras. Não foi optado por essas sub-manobras, pois, iria acarretar em mais conteúdos dificultando o manuseio das informações, e mesmo assim, não iria apresentar diferenças consideráveis dos resultados comprometendo os dados obtidos. No Capítulo 7 sugere-se a criação de um “banco de dados” para absorver essas informações de maneira mais prática e ágil.

No Quadro 5 podemos analisar os dados de um furo de sondagem (562/S-13R) de acordo com os procedimentos citados anteriormente. Com as medições da recuperação das manobras “REC* ” e da recuperação para o índice “RQD* ”.

DADOS PARA O CALCULO DO RQD						Data		25
						Ref. da Sonda		
(Geoserv)								Ipu. III
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Seção	Diâmetro (cm)	Tipo de Diâmetro	
Dados:	I-GP	345	567	80W	17R		BQ	
Manobra		AVAN	REC*	REC	RQD*	RQD	Descrição Litológica	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		
0,00	0,90	90	83		54		Serpentinó olivina orto-px. (0,00 a 48,60)m com trechos fraturados, venulados, silicosos e trecho com pegmatito intercalado	
0,90	3,90	300	298		288			
3,90	5,40	150	150		144			
5,40	8,40	300	300		285			
8,40	11,40	300	296		280			
11,40	14,40	300	300		225			
14,40	17,40	300	299		285			
17,40	20,40	300	300		300			
20,40	23,40	300	292		270			
23,40	26,40	300	298		281			
26,40	29,40	300	300		288			
29,40	32,40	300	298		284			
32,40	35,40	300	300		260			
35,40	36,90	150	143		143			
36,90	39,90	300	300		238			
39,90	42,90	300	287		176		Pegmatito, em (38,75 a 43,60)m	
42,90	45,90	300	296		263		Serpentinó olivina orto-px, em (43,60 a 48,60)m	
45,90	48,90	300	274		143			
48,90	51,90	300	268		150		Cromitito lump, (48,60 a 54,90)m, com Cromita disseminada	
51,90	54,90	300	264		138			
54,90	57,90	300	282		240		Serpentinó orto-px. olivina (54,90 a 60,90)m	
57,90	60,90	300	268		176			
60,90	62,40	150	136		61		Gabro, em (60,90 a 66,90)m com pontos esbranquiçados, muito fraturado	
62,40	65,40	300	222		157			
65,40	66,90	150	79		23			

Notas: REC* (cm) – valor da medida dos testemunhos recuperados por manobra; RQD* (cm) – valor do somatório da medição da recuperação dos pedaços dos testemunhos ≥ 10 cm (4 pol) por manobra.

Quadro 5 – Planilha elaborada para o cálculo da REC (%) e do RQD (%).

Fonte: Lima/Arquivos/Ferbasa (2004).

Para as litologias analisadas foram também adotados alguns critérios, para que se pudesse resumir da melhor forma possível. No caso da cromita a litologia destinada “cromitito” inclui o “cromitito lump” e também a presença da “cromita disseminada”, motivo talvez pelo qual o valor de seu RQD não tenha sido maior. Da mesma forma, para o “serpentinito orto-px olivina” que também incluiu o “piroxênio” como litologia única, não alterando consideravelmente sua análise litológica por este apresentar-se em pequenos trechos isolados. As zonas consideradas alteradas e desprezadas nesse estudo, faz parte dos trechos existentes em uma ou mais manobras, com as seguintes ocorrências: zonas de falha, alterações por intempérics, trechos com mais de duas litologias (transições litológicas) e por intrusões em pegmatitos, sílica, estrias e vênulas carbonáticas, resultando em materiais muitos fragmentados.

3.2.4- Cálculo para recuperação das amostras

- O valor numérico do percentual de recuperação “REC (%)” por manobra medida, pode ser obtido através da expressão (3.2), de acordo com os procedimentos anteriormente citados.

- Por analogia, foram estabelecidos os seguintes considerações para o valor da recuperação medida:

foi estabelecido que:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = L; \text{ e } \Delta L = \text{Avanço} = L;$$

pode-se afirmar que:

$$REC^* = X(cm); \text{ ou } REC^*(cm) = X \quad (3.1)$$

logo tem-se que a equação geral, seja:

$$REC = \frac{X}{L} \times 100\%; \text{ ou } REC(\%) = \frac{X}{L} \times 100; \quad \therefore X \leq L \quad (3.2)$$

onde:

L é o comprimento em “cm” da manobra ou avanço da perfuração;

ΔL é a variação entre o início do comprimento “ L_1 ” e o final do comprimento “ L_2 ” da manobra;

REC^* ou X é o comprimento em “cm” da litologia dominante medida através dos testemunhos (contidos ou recuperados) em uma manobra, com ($X \leq L$).

- Cálculo do “REC(%)” da litologia medida para determinada quantidade de manobras analisadas, temos:

- para recuperação medida:

$$REC_i^* = X_j(cm); \text{ ou } REC_i^*(cm) = X_j \quad (3.3)$$

- e para o seu percentual:

$$REC_i = \frac{X_j}{L_k} \times 100\%; \text{ ou } REC_i(\%) = \frac{X_j}{L_k} \times 100; \quad \therefore X_j \leq L_k \quad (3.4)$$

sendo:

REC_i o percentual de recuperação da litologia presente em cada manobra medida, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas;

REC_i^* ou X_i o comprimento em “cm” da litologia medida em cada manobra, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas com a seguinte condição ($X_j \leq L_k$);

L_k – o comprimento em “cm” de cada manobra ou avanço, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde “n” equivale ao número total de manobras medidas.

- Cálculo da recuperação média por furo analisado ($REC_{\text{Furo}}^{\text{Média}}$):

$$REC_{\text{Furo}}^{\text{Média}} = \frac{\sum (REC_i^* \times L_k)}{\sum L_k}; \text{ ou } REC_{\text{Furo}}^{\text{Média}} = \frac{\sum (X_j \times L_k)}{\sum L_k} \quad (3.5)$$

sendo:

REC_i o percentual de recuperação da litologia presente em cada manobra medida, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por furo analisado;

REC_i^* ou X_i o comprimento em “cm” da litologia medida em cada manobra, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por furo analisado com a seguinte condição ($X_j \leq L_k$);

L_k – o comprimento em “cm” de cada manobra ou avanço, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde

“n” equivale ao número total de manobras medidas por furo analisado.

- Cálculo da recuperação média por litologia analisada ($REC_{Litologia}^{Média}$):

$$REC_{Litologia}^{Média} = \frac{\sum (REC_i^* \times L_k)}{\sum L_k}; \text{ ou } REC_{Litologia}^{Média} = \frac{\sum (X_j \times L_k)}{\sum L_k} \quad (3.6)$$

sendo:

REC_i o percentual de recuperação da mesma litologia presente em cada manobra medida, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por mesma litologia analisada;

REC_i^* ou X_i – o comprimento em “cm” da mesma litologia medida em cada manobra, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por mesma litologia analisada com a seguinte condição ($X_j \leq L_k$);

L_k – o comprimento em “cm” de cada manobra ou avanço da litologia analisada, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por mesma litologia analisada.

3.2.5- Cálculo para “RQD” das amostras

- O valor numérico do “RQD(%)” por manobra medida, pode ser determinado através da expressão (3.8).

- Para este foram estabelecidos os seguintes referenciais:

$$\Delta L = L_2 - L_1 = L; \text{ e } \Delta L = \text{Avanço} = L;$$

e também que:

$$RQD^* = REC^{(P_k \geq 10cm)}; \text{ em que: } RQD^* = \sum P_j; \quad \therefore P_j \geq 10cm \quad (3.7)$$

- Por analogia e de acordo com Deere et al, sabe-se que:

$$RQD = \frac{\sum P_j}{L} \times 100\%; \text{ ou } RQD(\%) = \frac{\sum P_j}{L} \times 100; \text{ logo temos:}$$

$$RQD = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}{L} \times 100\% \quad \therefore P_j \leq L \quad (3.8)$$

onde:

RQD^* ou $REC^{(P_j \geq 10cm)}$ é a medida do somatório ou recuperação dos pedaços de testemunhos de sondagem maiores ou iguais a 10 cm;

P_j é o comprimento de cada pedaço de testemunho (≥ 10 cm) da litologia medida para determinada quantidade de manobras analisadas, com ($j = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” representa o número total de pedaços de testemunhos medidos em uma manobra com a seguinte condição ($P_j \leq L_k$);

L é o comprimento em “cm” da manobra ou avanço da perfuração;

RQD é o índice de parâmetro de recuperação estabelecido por Deere et al.

- Cálculo do “RQD” da litologia medida para determinada quantidade de manobras analisadas

- Temos que para recuperação medida:

$$RQD^* = REC_i^{(P_j \geq 10cm)} ; \text{ onde: } RQD_i^* = \sum P_j ; \quad \therefore P_j \geq 10cm \quad (3.9)$$

- E para o seu percentual:

$$RQD_i = \frac{\sum P_j}{L_k} \times 100\% ; \text{ ou } RQD_i(\%) = \frac{\sum P_j}{L_k} \times 100 ; \quad \therefore P_j \leq L_k \quad (3.10)$$

sendo:

RQD_i^* ou $REC_i^{(P_j \geq 10cm)}$ o somatório ou recuperação dos pedaços de testemunhos de sondagem maiores ou iguais a 10 cm de cada manobra medida, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas;

P_j é o comprimento de cada pedaço de testemunho (≥ 10 cm) da litologia medida para determinada quantidade de manobras analisadas;

L_k é o comprimento em “cm” de cada manobra ou avanço realizado da perfuração, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde “n” equivale ao número total de manobras medidas.

- Cálculo do índice de recuperação médio ($RQD_{\text{Média Furo}}$) por furo analisado:

$$RQD_{\text{Média Furo}} = \frac{\sum (RQD_i^* \times L_k)}{\sum L_k} ; \text{ ou } RQD_{\text{Média Furo}} = \frac{\sum (REC_i^{(P_j \geq 10cm)} \times L_k)}{\sum L_k} \quad (3.11)$$

onde temos:

RQD_i^* ou $REC_i^{(P_j \geq 10cm)}$ o somatório ou recuperação dos pedaços de testemunhos de sondagem maiores ou iguais a 10 cm de cada manobra medida, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por furo analisado;

P_j é o comprimento de cada pedaço de testemunho (≥ 10 cm) da litologia medida para determinada quantidade de manobras por furo analisado;

L_k o comprimento em “cm” de cada manobra ou avanço da perfuração, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde “n” equivale ao número total de manobras medidas.

- Cálculo do índice de recuperação médio ($RQD_{Litologia}^{Médio}$) por litologia analisada:

$$RQD_{Litologia}^{Médio} = \frac{\sum (RQD_i^* \times L_k)}{\sum L_k} ; \text{ ou } RQD_{Litologia}^{Médio} = \frac{\sum (REC_i^{(P_j \geq 10cm)} \times L_k)}{\sum L_k} \quad (3.12)$$

sendo:

RQD_i^* a recuperação de cada manobra da litologia analisada, com ($i = 1; 2; 3; \dots; n$), onde “n” equivale ao número total de manobras medidas por litologia analisada;

P_j é o comprimento de cada pedaço de testemunho (≥ 10 cm) da litologia medida para determinada quantidade de manobras por litologia analisada;

L_k – o comprimento em “cm” da manobra de cada litologia analisada, com ($k = 1; 2; 3; \dots; n$); onde “n” equivale ao número total de manobras por litologia analisada.

3.2.6- Resultados obtidos

- Dos cálculos realizados por manobra efetuada em cada litologia por furo analisado

Na análise de recuperação dos testemunhos do furo (567/S-17R), em que a manobra calculada está no intervalo (48,90 m a 51,90 m) tratando da litologia do cromitito, conforme visto no Quadro 7. Por meio de um programa de cálculo, planilha eletrônica ou máquina de calcular, obtêm-se os seguintes valores (REC (%) = 89,3 e RQD (%) = 50,0). E para a litologia do cromitito nesse mesmo furo, foi obtido um comprimento em potencial

de cromo ($Comp_{Litol} = 6$ m), com ($REC_{Média}(\%) = 88,67$) e seu índice médio com ($RQD_{Médio}(\%) = 48,0$). Os demais furos estão calculados de forma análoga e estão demonstrados no Apêndice (A).

O Quadro 6 apresenta um exemplo prático do resultado obtido através dos dados de um furo de sondagem (567/S-17R) conforme os procedimentos e os cálculos citados anteriormente.

		DADOS PARA O CALCULO DO RQD					Data / /	25				
							Ref. da Sonda					
							(Geoserv)					
Ref. Furo:		Local	G.Pes	Furo	Inclin.	Seção	Diâmetro Tipo	Diâmetro (cm)	Área			
Dados:		I-GP	345	567	80W	17R	BQ		Ipueira 3			
Manobra		AVAN	REC*	REC	RQD*	RQD	Descrição Litológica		REC	RQD	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média	Médio	(m)	
0,00	0,90	90	83	92,2	54	60,0	Serpentinito olivina orto-px. (0,00 a 48,60)m com trechos fraturados, venulados, silicosos e trecho com pegmatito intercalado					
0,90	3,90	300	298	99,3	288	96,0						
3,90	5,40	150	150	100,0	144	96,0						
5,40	8,40	300	300	100,0	285	95,0						
8,40	11,40	300	296	98,7	280	93,3						
11,40	14,40	300	300	100,0	225	75,0						
14,40	17,40	300	299	99,7	285	95,0						
17,40	20,40	300	300	100,0	300	100,0						
20,40	23,40	300	292	97,3	270	90,0						
23,40	26,40	300	298	99,3	281	93,7						
26,40	29,40	300	300	100,0	288	96,0						
29,40	32,40	300	298	99,3	284	94,7						
32,40	35,40	300	300	100,0	260	86,7						
35,40	36,90	150	143	95,3	143	95,3						
36,90	39,90	300	300	100,0	238	79,3						
39,90	42,90	300	287	95,7	176	58,7			Pegmatito, em (38,75 a 43,60)m			
42,90	45,90	300	296	98,7	263	87,7			Serpentinito olivina orto-px. em (43,60 a 48,60)m		95,00	67,67
45,90	48,90	300	274	91,3	143	47,7	Cromitito lump, (48,60 a 54,90)m, com Cromita disseminada		88,67	48,00	6,00	
51,90	54,90	300	264	88,0	138	46,0	Serpentinito orto-px.olivina (54,90 a 60,90)m		91,67	69,33	6,00	
54,90	57,90	300	282	94,0	240	80,0	Gabro, em (60,90 a 66,90)m com pontos esbranquiçados, muito fraturado					
57,90	60,90	300	268	89,3	176	58,7						
60,90	62,40	150	136	90,7	61	40,7						
62,40	65,40	300	222	74,0	157	52,3						
65,40	66,90	150	79	52,7	23	15,3			72,83	40,17	6,00	
Médias (%)			REQ =	93,8	RQD=	75,3						

Notas: I-GP – Ipueira Galeria de Pesquisa; G.Pes – Galeria de Pesquisa; REC – recuperação dos testemunhos por manobra; RQD – índice de recuperação (testemunhos ≥ 10 cm); Diâm.- diâmetro do furo de sondagem; comp.- comprimento aproximado das litologias.

Quadro 6 – Planilhas dos resultados obtidos para o furo (567/S-17R)

Fonte: Lima/Arquivos/Ferbasa (2004).

- Dos cálculos realizados das manobras medidas em cada furo e por litologia analisada

Para o cálculo da média das recuperações medidas das manobras de cada furo por litologia analisada, das médias dos índices de recuperações medidos dessas manobras e dos comprimentos aproximados dessas litologias. Fez-se necessário unir as litologias de mesma espécie de cada furo, a uma plataforma única. Através do programa “Excel” com os recursos dos menus (selecionar, copiar e colar), tornou-se possível realizar a união desses dados em uma planilha de litologia única, para utilização dos cálculos, conforme as equações (3.6) e (3.12), demonstradas no item (3.2.4). Seguindo-se de maneira análoga para as demais litologias estudadas, na qual foi possível calcular a média geral da “REC_{Média}” e do “RQD_{Médio}” por litologia analisada e o comprimento “Comp_{total}” total dessas litologias analisadas.

A Tabela 1 apresenta os valores dos comprimentos e das médias totais dos RQD’s das litologias de todos os furos.

Tabela 1 – Valores do (Comp_{litot}), (RQD_{Médio}) e (REC_{Média})

Litologias Avaliadas	Comp _{total} (m)	REC _{Média}	Dsv. Pd. (REC)	RQD _{Médio}	Dsv.Pd. (RQD)
Serpentinito Olivina orto-px	1906,60	91,24	17,395	67,33	29,911
Cromitito	223,75	88,80	18,50	53,66	27,769
Serpentinito Orto-px Olivina	243,00	95,91	7,43	75,58	19,90
Gabro	311,05	91,49	14,641	62,54	22,58

Nota: Dsv. Pd. – desvio padrão.

3.3- Análise Estatística dos Dados Referentes ao RQD

3.3.1- Análise estatística do percentual de recuperação REC(%) e RQD(%) por furo analisado

Esta análise possui interesse parcial neste trabalho e não será demonstrada estatisticamente nesse capítulo, por limitações de espaço e por estar implícito detalhadamente no Capítulo 6, com colunas estratigráficas, histogramas estatísticos em planilhas e com histogramas sobreposto aos furos (gerados pelo DHE) e aos perfis geológicos das seções desenhadas.

Como os furos foram realizados por três equipamentos distintos e com diâmetros diferenciados, conforme citado anteriormente no item (3.2.1), é possível se ter uma boa representatividade no sentido qualitativo dos dados obtidos, fazendo necessário quantificá-los por meios de outras técnicas utilizadas na geoestatística, conforme descrito no item (8.2) do Capítulo 08 “sugestões para trabalhos posteriores”.

3.3.2- Distribuição por litologias

Para realização das distribuições das litologias analisadas para tratamentos estatísticos dos dados obtidos, fez-se necessário unir as litologias de mesma espécie calculada anteriormente em cada furo, a uma plataforma única. Através do programa “Excel” tornou-se possível realizar a união desses dados em uma só planilha, utilizando o recurso através do menu “classificação crescente” para a REC e para o RQD, foi possível ajustar esses valores em ordem crescente de cima para baixo. Para cada litologia analisada foram confeccionadas duas planilhas, uma para distribuição da REC e outra para o RQD das manobras. Essas distribuições tiveram intervalos de classe a cada 10 valores crescentes de REC ou RQD respectivamente. Os valores obtidos da REC e do RQD, foram selecionados individualmente conforme a ordem das classes e organizados em suas respectivas tabelas de distribuição para posterior representação gráfica em histograma de distribuição de frequência.

Com todos esses dados classificados em planilha única, facilitou calcular a média geral do REC(%) e do RQD(%) por litologia analisada e o comprimento total dos testemunhos analisados e, assim como, o desvio padrão dessas amostras (litologias), conforme visto nas tabelas e gráficos a seguir.

As Tabelas de (2) a (9) e os Histogramas das Figuras de (13) a (20) demonstrados tratam-se das análises estatísticas de cada litologia. Os resultados dessas tabelas, expressam a relação das classes de distribuição do REC(%) e do índice ou parâmetro RQD (%) com suas respectivas frequências relativas, podendo ainda ser analisado o valor da média geral do REC(%) e do RQD(%), o comprimento geral estimado de cada litologia analisada e ainda seus respectivos desvios padrões.

- Análise estatística da recuperação REC(%) e do parâmetro RQD(%) para a litologia (L_1)
Serpentinito Olivina Orto-px

Tabela 2 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L₁

Litologia (L ₁) - Serpentinó Olivina Orto-px				
Classes	REC	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	REC
0 – 10	5	1,00	0,05	17,395
10 – 20	15	2,90	0,15	
20 – 30	25	15,20	0,80	
30 – 40	35	16,05	0,84	
40 – 50	45	26,06	1,37	
50 – 60	55	29,84	1,57	
60 – 70	65	59,55	3,12	
70 – 80	75	88,95	4,67	
80 – 90	85	216,35	11,35	
90 – 100	95	1450,70	76,09	
Soma		1906,60	100	
Média	91,24			

Tabela 3 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L₁

Litologia (L ₁) - Serpentinó Olivina Orto-px				
Classes	RQD	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	RQD
0 – 10	5	89,05	4,67	29,911
10 – 20	15	52,85	2,77	
20 – 30	25	68,95	3,62	
30 – 40	35	88,10	4,62	
40 – 50	45	132,80	6,97	
50 – 60	55	197,00	10,33	
60 – 70	65	201,15	10,55	
70 – 80	75	300,85	15,78	
80 – 90	85	427,45	22,42	
90 – 100	95	348,40	18,27	
Soma		1906,60	100	
Média	67,33			

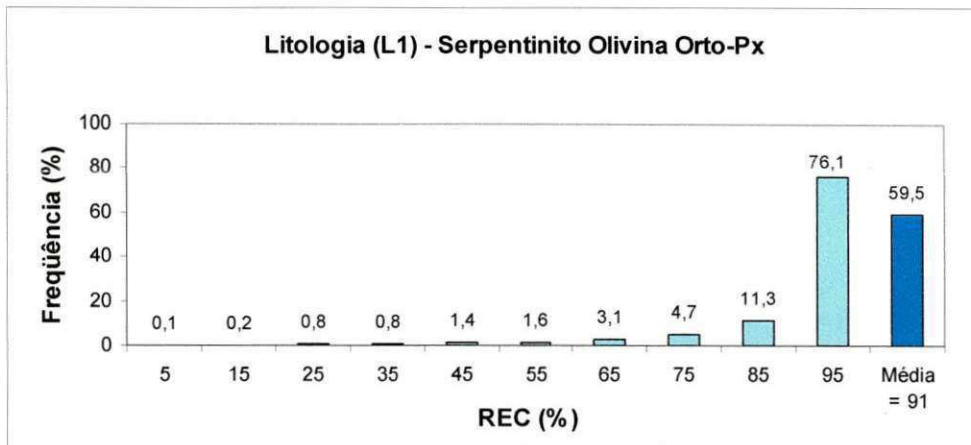


Figura 13 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L₁

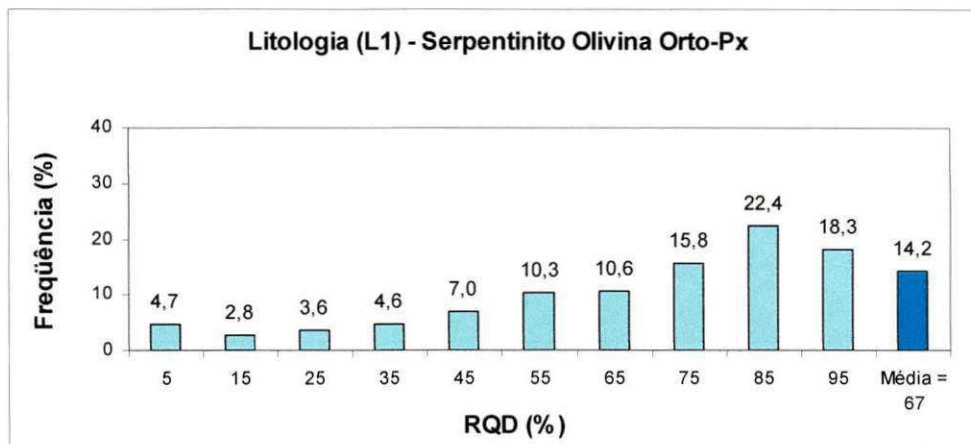


Figura 14 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L₁

- Análise estatística da recuperação REC(%) e do parâmetro RQD(%) para a litologia (L₂) Cromitito

Tabela 4 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L₂

Litologia (L ₂) - Cromitito				
Classes	REC	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	REC
0 – 10	5	0,00	0,00	18,50
10 – 20	15	2,35	1,05	
20 – 30	25	2,15	0,96	
30 – 40	35	0,55	0,25	
40 – 50	45	3,60	1,61	
50 – 60	55	6,65	2,97	
60 – 70	65	6,25	2,79	
70 – 80	75	13,80	6,17	
80 – 90	85	38,45	17,18	
90 – 100	95	149,95	67,02	
Soma		223,75	100,00	
Média	88,80			

Tabela 5 – Distribuição percentual da frequência relativa para a RQD(%) da litologia L₂

Litologia (L ₂) - Cromitito				
Classes	RQD	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	RQD
0 – 10	5	12,30	5,50	27,769
10 – 20	15	8,60	3,84	
20 – 30	25	15,55	6,95	
30 – 40	35	21,70	9,70	
40 – 50	45	51,35	22,95	
50 – 60	55	27,15	12,13	
60 – 70	65	21,15	9,45	
70 – 80	75	24,05	10,75	
80 – 90	85	29,75	13,30	
90 – 100	95	12,15	5,43	
Soma		223,75	100,00	
Média	53,66			

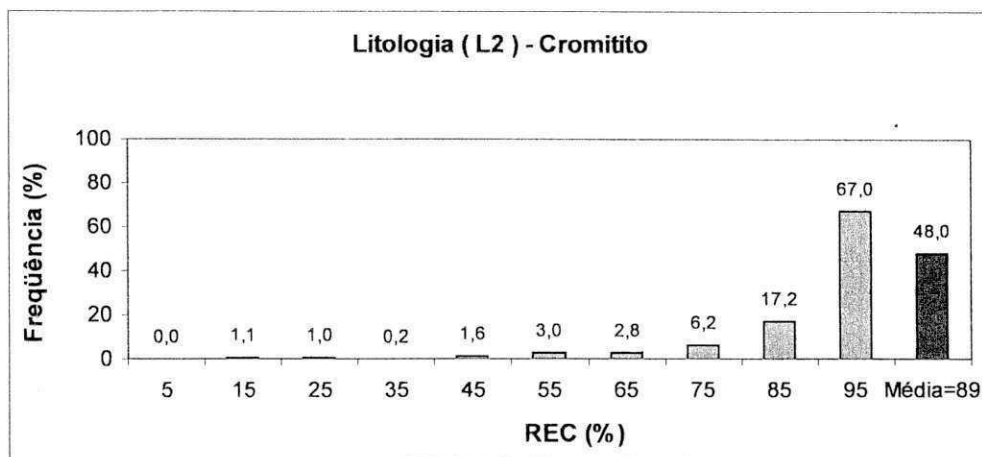


Figura 15 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L₂

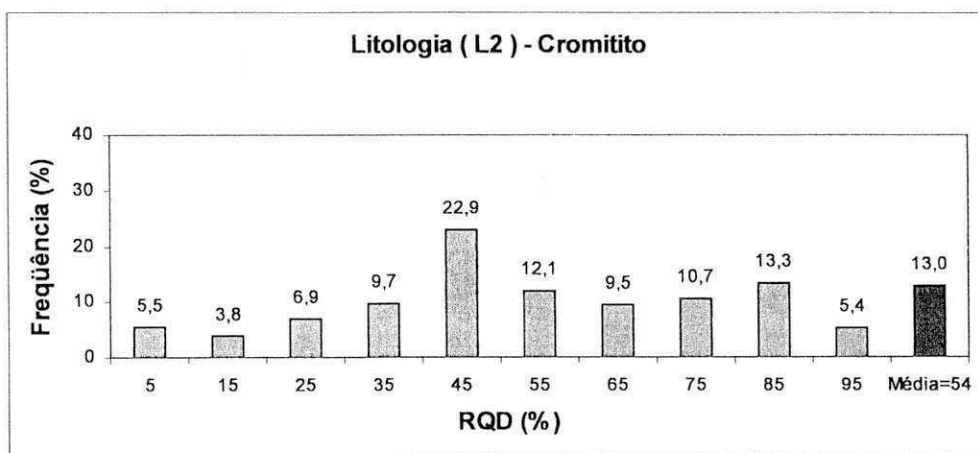


Figura 16 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L₂

- Análise estatística da recuperação REC(%) e do parâmetro RQD(%) para a litologia (L₃)
o Serpentinito Orto-px Olivina

Tabela 6 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L₃

Litologia (L ₃) - Serpentinito Orto-px Olivina				
Classes	REC	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	REC
0 -- 10	5	0,00	0,00	7,43
10 -- 20	15	0,00	0,00	
20 -- 30	25	0,00	0,00	
30 -- 40	35	0,00	0,00	
40 -- 50	45	0,00	0,00	
50 -- 60	55	1,40	0,58	
60 -- 70	65	1,50	0,62	
70 -- 80	75	8,65	3,56	
80 -- 90	85	12,65	5,21	
90 -- 100	95	218,80	90,04	
Soma		243,00	100,00	
Média	95,91			

Tabela 7 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L₃

Litologia (L ₃) - Serpentinito Orto-px Olivina				
Classes	RQD	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	RQD
0 -- 10	5	0,00	0,00	19,90
10 -- 20	15	2,00	0,82	
20 -- 30	25	2,90	1,19	
30 -- 40	35	11,15	4,59	
40 -- 50	45	13,85	5,70	
50 -- 60	55	22,05	9,07	
60 -- 70	65	37,00	15,23	
70 -- 80	75	40,35	16,60	
80 -- 90	85	37,70	15,51	
90 -- 100	95	76,00	31,28	
Soma		243,00	100,00	
Média	75,58			

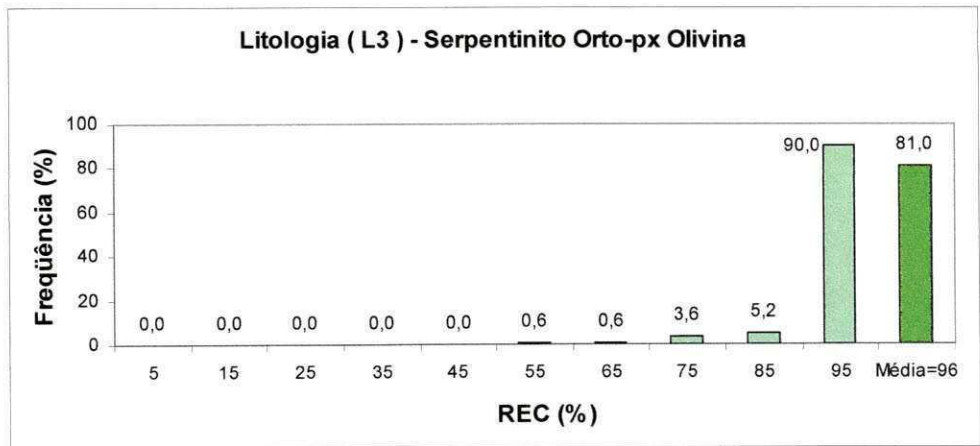


Figura 17 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L₃

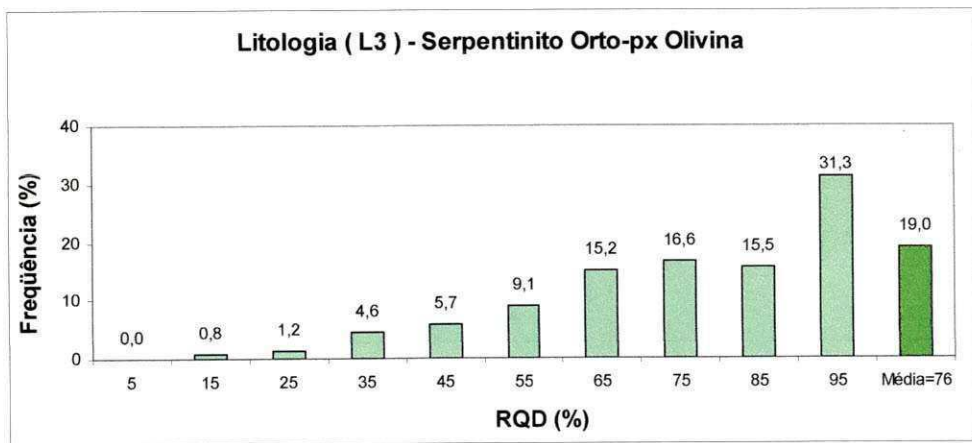


Figura 18 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L₃

- Análise estatística da recuperação REC(%) e do parâmetro RQD(%) para a litologia (L₄)
Gabro

Tabela 8 – Distribuição percentual da frequência relativa para a REC da litologia L₄

Litologia (L ₄) - Gabro				
Classes	REC	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	REC
0 – 10	5	0,00	0,00	14,641
10 – 20	15	0,00	0,00	
20 – 30	25	0,00	0,00	
30 – 40	35	7,10	2,28	
40 – 50	45	0,00	0,00	
50 – 60	55	7,55	2,43	
60 – 70	65	6,70	2,15	
70 – 80	75	20,90	6,72	
80 – 90	85	25,10	8,07	
90 – 100	95	243,70	78,35	
Soma		311,05	100,00	
Média	91,49			

Tabela 9 – Distribuição percentual da frequência relativa para o RQD da litologia L₄

Litologia (L ₄) - Gabro				
Classes	RQD	Comprimento	Frequência	Desvio Padrão
N	(%)	(m)	F(%)	RQD
0 – 10	5	4,10	1,32	22,58
10 – 20	15	11,25	3,62	
20 – 30	25	5,25	1,69	
30 – 40	35	17,25	5,55	
40 – 50	45	33,65	10,82	
50 – 60	55	66,80	21,48	
60 – 70	65	59,00	18,97	
70 – 80	75	45,20	14,53	
80 – 90	85	45,35	14,58	
90 – 100	95	23,20	7,46	
Soma		311,05	100,00	
Médio	62,54			

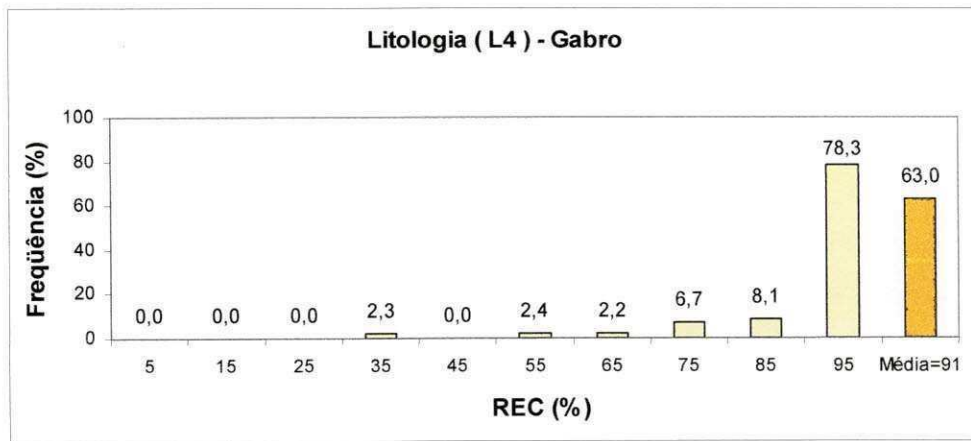


Figura 19 – Histograma ajustável para análise estatística do REC(%) da litologia L₄

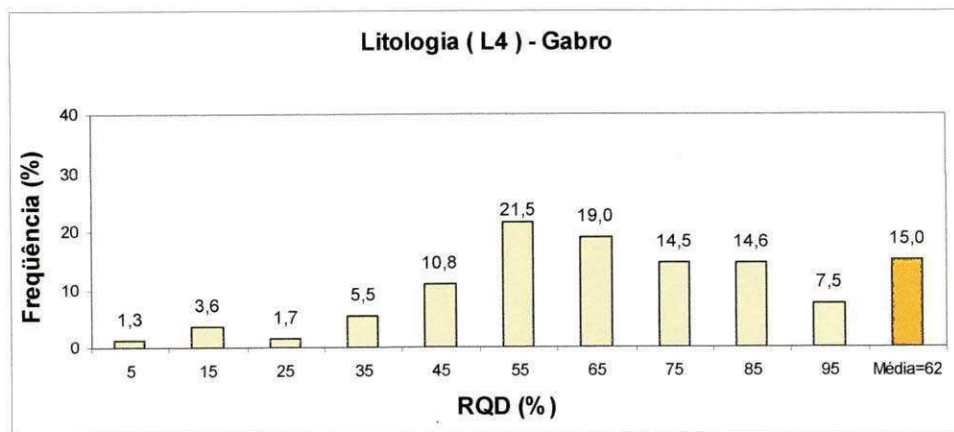


Figura 20 – Histograma ajustável para análise estatística do RQD(%) da litologia L₄

4- RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DAS ROCHAS

4.1- Revisão Bibliográfica

4.1.1- Ensaios de resistência mecânica para caracterização de maciços rochosos

Após realizar uma escavação na rocha através de furos e detonações por explosivos, o estado de tensão preexistente sofrerá uma alteração na qual haverá uma redistribuição das tensões, de acordo com a forma da escavação, diferente das tensões *in situ* decorrentes das condições naturais do maciço anteriormente. Essas alterações em função da forma da escavação e sua escala dimensional, faz-se necessário o conhecimento das características geomecânicas do maciço rochoso para o projeto de estabilidade da escavação, que pode ser determinado através de um modelo de classificação ideal. Através das propriedades mecânicas das rochas, obtidas por ensaios de resistência mecânica a compressão em laboratório, é possível tentar simular as condições *in situ* a que o maciço seja solicitado.

Segundo a ABGE (1998) os principais parâmetros geomecânicos dos maciços rochosos considerados em um sistema de classificação, são:

- resistência da rocha intacta
- resistências das descontinuidades (juntas, planos de fraqueza estrutural do maciço);
- orientação das descontinuidades em relação à orientação das escavações;
- densidade de compartimentação do maciço (frequência das juntas);
- influência da água subterrânea;
- condições de tensão ao redor da escavação

Os ensaios para caracterização dos maciços formam uma base paramétrica dos estudos voltados ao conhecimento do comportamento do meio rochoso. Esses ensaios são realizados em laboratórios especiais para determinação das propriedades mecânicas. Para este fim são utilizadas amostras colhidas em afloramentos ou, mais comumente, em testemunhos de sondagens. Portanto, é fundamental que os testemunhos traduzam, tanto quanto possível, as características *in situ* do meio rochoso. Desta forma, antes da descrição das amostras, é importante observar a quantidade de amostra obtida na sondagem, expressa através do parâmetro de recuperação, bem como a qualidade da amostragem.

A atribuição dos valores obtidos nos ensaios de resistência mecânica ao maciço rochoso como um todo conforme citado pela ABGE (1998), constitui problema delicado, pois fatores como a anisotropia e a heterogeneidade, aliadas ao ilimitado número de ensaios que são possíveis executar, geram algumas dúvidas quanto à representatividade desses resultados.

Apesar da grande importância dos ensaios de resistência mecânica na caracterização dos maciços rochosos, existem algumas limitações, dentre as quais podemos citar:

- a representatividade das amostras ou volumes limitados do maciço utilizados para execução dos ensaios, em relação ao meio considerado;
- a influência, nos resultados dos ensaios, de modificações nas características das amostras, principalmente em relação à micro fissuras, do momento de sua coleta até a execução do ensaio;
- hipóteses simplificadoras para o cálculo dos resultados dos ensaios, em relação a variáveis cujo controle não se mostra exequível;
- e o número limitado de ensaios possíveis de execução.
- alívio do testemunho das tensões in-situ

Dentre os demais tipos de ensaios de resistência mecânica em laboratório, tem-se os dois mais usuais realizados através de testemunhos de sondagem em rocha, que são os ensaios de resistência à compressão simples ou uniaxial e os de resistência a compressão triaxial. Podemos dizer simplificadamente, que estes consistem em submeter-se uma amostra do maciço rochoso a determinadas solicitações, em um sistema cujas variáveis são controladas, monitorando-se parcialmente a reação ocorrida.

Para uma melhor compreensão, das denominações estabelecidas para confecção dos dados amostrais neste trabalho, temos:

- **amostragem** – denominação estabelecida para a técnica estabelecida para coleta dos pedaços de testemunhos de sondagem de mesma litologia por furo amostrado, para divisão das espécies (corpos-de-prova) a serem ensaiadas em laboratório;
- **testemunhos de sondagem** – corpos cilíndricos de rocha obtidos a partir de um equipamento de sondagem que são selecionados e moldados para formar as amostras;

- **corpo-de-prova ou amostra** – corpos cilíndricos de rocha preparados em laboratório para ensaios de resistência mecânica à compressão.
- **espécie** – unidade dos corpos-de-prova de mesma litologia por cada furo analisado, confeccionados conforme normas e padrões.

4.1.2- Ensaio de Resistência à compressão simples (uniaxial)

Um ensaio de compressão simples consiste em induzir um corpo-de-prova regular (cúbico ou cilíndrico) extraído do maciço rochoso a esforços de compressão. Este é um dos ensaios de resistência mecânica de amostras cilíndricas (corpo-de-prova) de rocha mais utilizados. É empregado para determinação da resistência à compressão uniaxial “ σ_c ” não confinada de amostras intactas de rocha de preferência isotrópica, para constantes elásticas “ E ” (módulo de deformabilidade ou Young) e coeficiente de Poisson “ ν ”. A resistência à compressão da rocha intacta é influenciada pela porosidade, pelo microfissuramento, pela presença de água e pelo grau de alteração da rocha. No entanto, a resistência diminui à medida que aumenta a porosidade, o microfissuramento, a presença de água e o grau de alteração (Brady & Brown, 1993).

Conceitualmente o ensaio mecânico parece simples e prático, mas existem fatores internos e externos que podem alterar minuciosamente ou consideravelmente esse resultado. Dos fatores internos temos: mineralogia; fator “escala” (dimensão do corpo de prova e o tamanho dos grãos); porosidade; arranjo estrutural dos minerais; descontinuidades e grau de alteração. Dos fatores externos: geometria do corpo de prova (forma, relação altura-diâmetro e tamanho); velocidade de carregamento ou deformação; e o ambiente (temperatura, umidade relativa, grau de saturação, etc.). Todos esses fatores externos devem ser cuidadosamente observados, em que os corpos de prova devem ser ensaiados cuidadosamente em condições próximas aquelas *in situ*, para que os resultados possam ser consideravelmente extrapolados para as condições reais. Como no exemplo do comportamento mecânico de uma deterrainada rocha que forma um pilar numa lavra subterrânea há necessidade de um laboratório simular a carga a que esse pilar de rocha ficará submetido, se possível à temperatura e umidade relativa do ambiente em que esse pilar encontra-se, o grau de saturação da rocha, além das fraturas e descontinuidades, da porosidade e do grau de alteração da rocha neste ponto (Ladeira, 1983).

- Especificação da amostra

São utilizados em geral amostras com corpos-de-prova em forma cúbica ou cilíndrica, pela praticidade, rapidez no preparo e até fácil obtenção (sondagens ou em laboratório) as amostras cilíndricas são mais utilizadas. Para uma perfeita realização do ensaio, torna-se necessário alguns cuidados que deverão ser tomados com os corpos-de-prova das amostras além dos fatores internos e externos.

Segundo a “*International Society for Rock Mechanics*” ISRM (1981.b) as determinadas especificações das amostras prontas para realização dos ensaios de compressão simples, compreendem as seguintes indicações:

- os corpos-de-prova precisam ser cilindros circulares com as faces planas dispostas perpendicularmente em relação ao seu eixo longitudinal e com uma relação da altura para o diâmetro de 2 a 3. De modo que seu diâmetro seja preferencialmente do tamanho NX (54 mm) ideal também para o NW (54,7 mm) e até o NQ (47,6 mm). O diâmetro da amostra precisa ser pelo menos 10 vezes o tamanho do maior grão da rocha;
- as faces planas dos corpos-de-prova devem ter uma tolerância máxima de 0,02 mm e não desviar do eixo vertical da amostra mais do que 0,05 em 50 mm de comprimento;
- as faces laterais do corpo-de-prova devem ser livres de irregularidades acentuadas, sendo desejável que a rugosidade não exceda 0,3 mm ao longo de seu comprimento;
- não é permitido a utilização de nenhum material para regularizar as terminações do corpo-de-prova ou outro tipo de tratamento nas faces que não seja aquele da retificação diamantada;
- o diâmetro dos corpos-de-prova deve ser medido na região superior, média e inferior com uma precisão de $\pm 0,01$ mm, pela média de 2 diâmetros medidos em ângulo reto. O diâmetro médio deverá ser utilizado para o cálculo da área da seção transversal. A altura do corpo-de-prova deverá ser determinada com a precisão de 1,0 mm;
- o número de corpos-de-prova ensaiados deve ser pelo menos cinco réplicas de cada amostra.

De acordo com as normas e especificações do IPT (1995) com base nas recomendações feitas pela ISRM (1981.b), este relaciona as faces planas dispostas preferencialmente em relação ao seu eixo longitudinal e com uma relação da altura para o diâmetro de 2 a 3.

- Taxa e aplicação do carregamento

Nos diagramas da Figura 21 cada teste uniaxial é representado de acordo com cada curva e seu valor obtido, podendo-se analisar o escoamento das tensões. Onde os resultados dos ensaios, demonstram que o aumento da pressão axial corresponde a um aumento de resistência de pico.

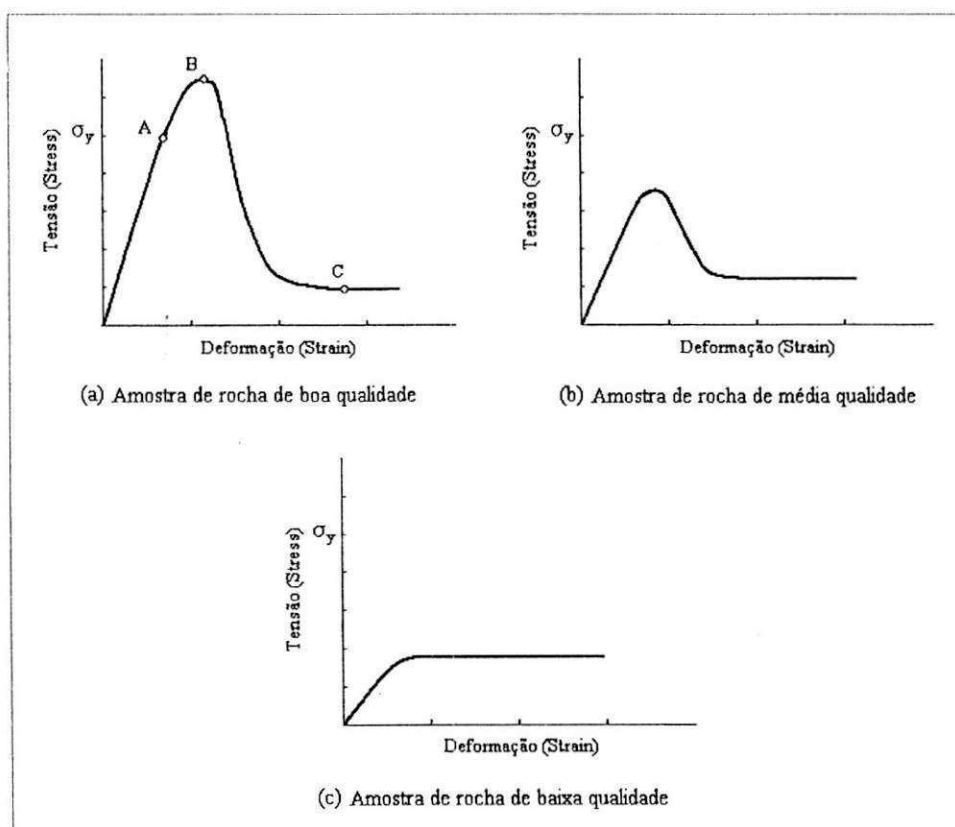


Figura 21 – Curva tensão x deformação das amostras citadas
Fonte: modificado e alterado de Brady & Brown (1993)

O carregamento nos corpos-de-prova segundo as normas da ISRM (1981.b), deve ser aplicado a uma taxa constante de 0,5 a 1,0 MPa/s ou (\cong 5 a 10 kg/cm²/s), de modo que a velocidade de aplicação das cargas nos testes deva durar entre 5 a 10 min, afetando sensivelmente a resistência à compressão e o módulo de elasticidade. A máxima força a que for submetido ao corpo-de-prova deverá ser registrada em Newtons (ou kilonewtons ou meganewtons quando apropriado).

As terminologias comuns empregadas nos estudos de mecânica das rochas conforme Bredy & Brown (1993) e outras complementações, notadamente quando nos referimos a discussões sobre resistência e ruptura, são as seguintes:

- **fratura** – é a formação de planos de separação no material rochoso. Esta envolve a quebra da adesão (aderência) de novas superfícies. Prováveis casos Figura 21 (a) e (b);
- **ruptura frágil** – é o processo pelo qual uma súbita perda de resistência ocorre através de um plano seguindo-se pequena ou nenhuma deformação permanente (plástica). Está usualmente associado a rochas brandas, conforme a Figura 21 (b);
- **resistência mecânica** – pode-se definir como a capacidade que um determinado corpo material tem em suportar o esforço a que lhe foi submetido, ponto “A” no gráfico da Figura 21 (a);
- **resistência de pico** – corresponde a máxima tensão que uma rocha pode suportar sob determinadas condições, ponto “B” no gráfico da Figura 21 (a). Após a resistência de pico ter sido excedida, a amostra ensaiada pode ter ainda alguma capacidade de carga ou resistência;
- **resistência residual** – é a mínima resistência alcançada após a considerável deformação de pico, ponto “C” na Figura 21 (a);
- **deformação dúctil** – ocorre quando a rocha pode sustentar deformações permanentes sem perda de capacidade de carga, Figura 21 (c);
- **ruptura** – ocorre na resistência de pico ou é iniciada neste ponto, no ponto “B” da Figura 21 (a).

4.1.3- Ensaio de compressão triaxial

Este tipo de ensaio requer um pouco mais de cuidado e atenção em relação ao anterior, uma vez que envolve outros equipamentos, outros processos e mais compreensão dos dados obtidos (cálculos). No caso da preparação das amostras requer tipo especial de amostras cilíndricas. Segundo Ladeira (1983), este consiste em submeter um corpo-de-prova a uma tensão confinante exercida por um fluido sob pressão, e com auxílio de uma prensa universal, a uma carga axial de compressão. Fornecendo assim, a resistência e a deformabilidade sob determinada pressão de confinamento, bem como a resistência ao cisalhamento. Essa resistência também está relativamente definida em função do número de variáveis, dentre elas a principal pressão de confinamento, e as demais pressões internas da água nos poros da rocha (pressão neutra) e a temperatura.

A Figura 22 demonstra de modo simplificado uma vista em corte do interior da célula triaxial, proporcionando o entendimento de sua funcionabilidade.

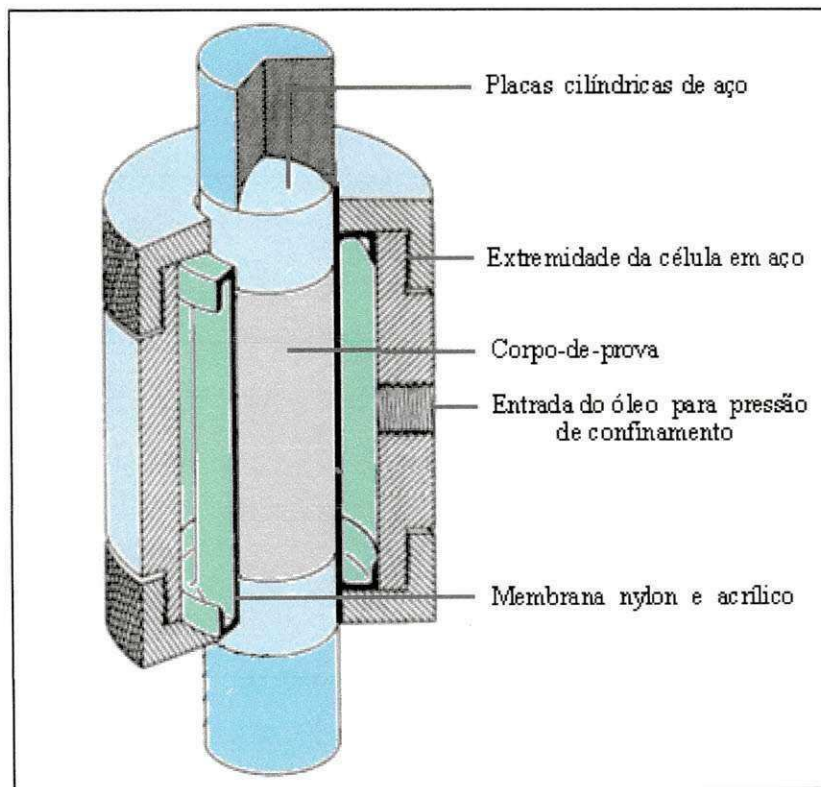


Figura 22 – Vista em corte de uma célula triaxial convencional
Fonte: modificado de Hoek et al. (1997)

Este tipo de célula é conveniente para ensaios rápidos e em grande números de amostras (espécimes), e é adequada para as estimativas de resistência requerida da rocha por calcular σ_{ci} e m_i (critério de Hoek-Brown). Possui vantagem adicional em poder ser utilizada para ensaios com carvão, xistos e filitos, que são extremamente difícil de preservar durante o transporte e a preparação da espécime para ensaio em laboratório (Hoek, 2000).

- Especificação da amostra

Os ensaios de compressão triaxial são realizados a partir de amostras cilíndricas confeccionados de maneira semelhante daquela utilizada para testes de compressão uniaxial, de acordo com as normas e especificações da ISRM (1981). As amostras cilíndricas apresentam melhor uniformidade principalmente quando submetida à pressão de confinamento, e em seguida pressão axial, distribuindo uniforme a carga em cada eixo.

- Taxa e aplicação do carregamento

A aplicação da carga, segue uma seqüência que é normalmente aplicar primeiro a carga confinante e depois a axial. Quanto à velocidade de aplicação, segundo as normas estabelecidas anteriormente pela ISRM (1981), é sugerida de 5 a 10 kg/cm²/s (0,5 a 1,0 MPa/s), com duração de 5 a 15 min.

Quanto à influência da tensão confinante e o comportamento sob cargas combinadas, temos que de acordo com as experiências de Kármán (1911) citado por Jarger & Cook (1976), mostra o comportamento de ensaios com amostras de “mármore carrara” submetidos a três condições de confinamento. Onde os resultados dos ensaios triaxiais considerando os três intervalos empregados de pressão de confinamento e a temperatura de 500°C a que foram submetidas, demonstram que o aumento da pressão de confinamento correspondeu a um aumento de resistência de pico e da resistência residual. Podendo-se observar também que as deformações anelásticas antes da ruptura também aumentam.

No diagrama da Figura 23 o teste triaxial é representado de acordo com cada curva e seu valor obtido, podendo-se analisar as tensões principais maiores e menores de acordo com a pressão de confinamento e seu percentual de deformação.

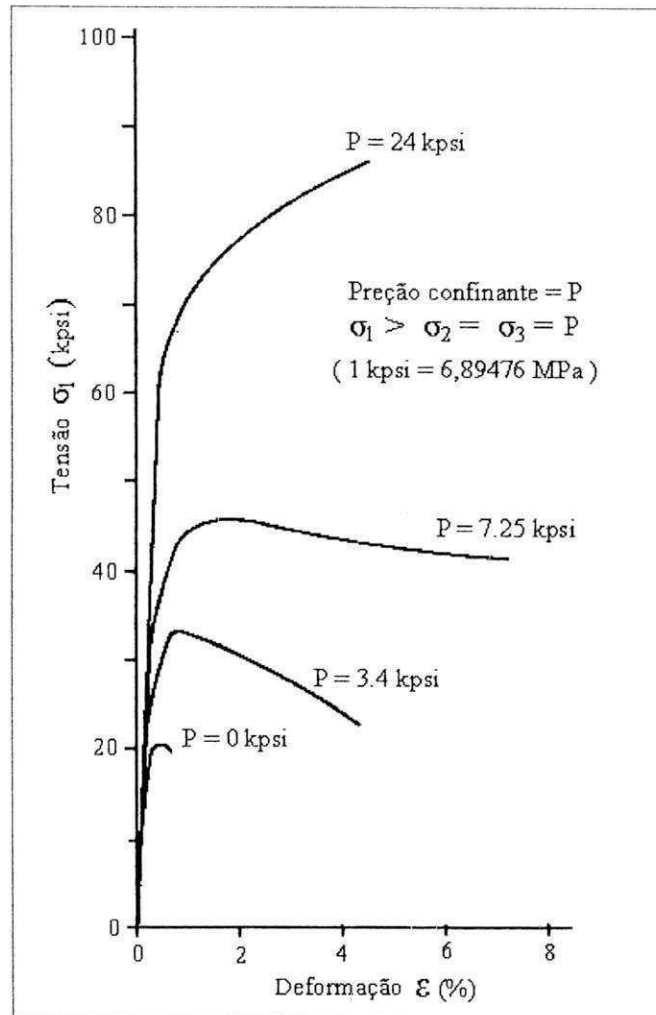


Figura 23 - Resultados dos ensaios triaxiais com Mármore Carrara.
 Fonte: depois de Von Kármán (1911) por Jarger & Cook (1976).

Outros resultados destes ensaios podem ser sumarizados através do círculo de Mohr. Considerando diversos intervalos de pressões empregados nos testes e aproximando a envoltória de resistência definida no círculo de Mohr por uma linha reta. A onde, a intersecção desta reta com a ordenada é chamada de coesão “c” e a inclinação da reta representa o ângulo de atrito do material, “ ϕ ”.

4.2- Metodologia dos Ensaios de Compressão

4.2.1- Processos de amostragem dos corpos-de-prova

Os processos de amostragem foram destinados à seleção dos furos de sondagem para a coleta sistemática dos corpos-de-prova para realização dos ensaios de resistência mecânica. Sendo que seria ideal furos com diâmetros NW e NQ acima de 45° W (subverticais), mas, apresentaram variadas inclinações devido a localização da I-GP345 e a situação das litologias estudadas. Outro aspecto desfavorável foi devido a maioria dos furos apresentarem o diâmetro BQ, dispensável para os ensaios conforme as especificações da ISRM. Portanto, limitou-se aos furos acessíveis e de fácil obtenção em caixa de testemunhos com diâmetros NW (54,7 mm) e/ou NQ (47,6 mm).

Com base na descrição litológica estruturada, através da galeria de pesquisa no nível 345, as amostras foram coletadas numa média de cinco espécies (corpo-de-prova) por furo selecionado, exceto os furos com diâmetro BQ. Os níveis de coleta das amostras em caixa de testemunho obedeceram aos limites inferiores ao do copo do minério, ou seja, camadas litológicas abaixo do minério. Os furos selecionados para coleta das amostras possuíam diâmetros NW e NQ, sendo desprezados os furos com diâmetro BQ de acordo com IPT (1995) com base no ISRM em 1981.

As litologias classificadas para os ensaios de resistência mecânica foram: serpentinito olivina orto-px; cromitito; serpentinito orto-px olivina e gabro, que estarão descritas no item (4.2.3) a seguir em “preparo das amostras”.

Para coleta das amostras nas caixas selecionadas, em alguns casos foram necessário o corte e aparo das amostras, por meio de golpes com um martelo e um cortador. Em seguida o espaço vazio com a retirada da amostra foi preenchido por uma talisca de madeira com as identificações do valor do comprimento retirado e sua litologia correspondente. As amostras coletadas foram identificadas individualmente (litologia, furo, comprimento e data.) por uma fita adesiva e lápis, e ensacadas em sacolas plásticas e enviadas para serem preparadas em laboratório conforme as especificações estabelecidas.

As análises e procedimentos para coleta das amostras, obtiveram a seguinte ordenação:

- as amostras foram coletadas em caixas, com capacidade para 4 coletas de sondagem com um metro de comprimento cada, em cada furo selecionado;
- em cada amostra litológica escolhida foram coletados pedaços de testemunho que pudesse gerar de três a cinco espécies (corpo-de-prova);
- as amostras foram colhidas através das observações diretas dos testemunhos de acordo com seu estado e aparência (compacto);
- as amostras foram divididas por litologias para preparação (moldagem) dos corpos-de-prova em laboratório, para realização dos ensaios de resistência a compressão.

O Quadro 7 apresenta os furos selecionados a partir dos mesmos furos utilizados para classificação do RQD citado no Capítulo 03, e outros furos especiais para complemento dos dados amostrais, para realização dos ensaios de resistência mecânica a compressão.

Identificação dos furos	Seção	Profundidade da coleta (m)	Comprimento do furo (m)	Diâmetro
I-GP345-355-50°W	10R	67,27	88,10	NQ
I-GP345-359-70°W	10R	50,60	66,25	NQ
I-GP345-366-30°W	10R	60,17	63,80	NQ
I-GP345-370-82°W	10R	72,30	77,00	NQ
I-GP345-370-82°W	10R	55,40	77,00	NQ
I-GP345-411-80°W	11R	76,85	83,05	NQ
I-GP345-395-75°E	12R	93,25	107,35	NQ
I-GP345-381-50°W	12R	70,79	87,20	NQ
I-GP345-384-35°W	12R	64,24	68,60	NQ
I-GP345-387-65°W	12R	70,90	66,30	NQ
I-GP345-233-50°W	14R	68,07	93,85	NW
I-GP345-234-40°W	14R	53,97	59,10	NW
I-GP345-237-65°W	14R	59,47	63,75	NW
I-GP345-241-50°W	15R	69,43	78,55	NQ
I-GP345-242-60°W	15R	61,30	70,45	NQ
I-GP345-524-45°W	21R	33,36	87,00	NQ
I-GP345-516-75°E	25R	123,15	145,85	NQ

Nota: IGP345 – Ipueira Galeria de Pesquisa no nível 345.

Quadro 7 - Furos selecionados para coleta de amostras

Os furos especiais selecionados foram os (359-70°W e o 395-75°E) para complemento das amostras. No caso especial do furo (370-82°W) foram retiradas amostragens para o cromitito e o gabro.

A Figura 24 mostra a coleta de uma amostra realizada na caixa 17 do furo (381-50°W) para preparação dos corpos-de-prova, seguindo os procedimentos anteriormente citados.

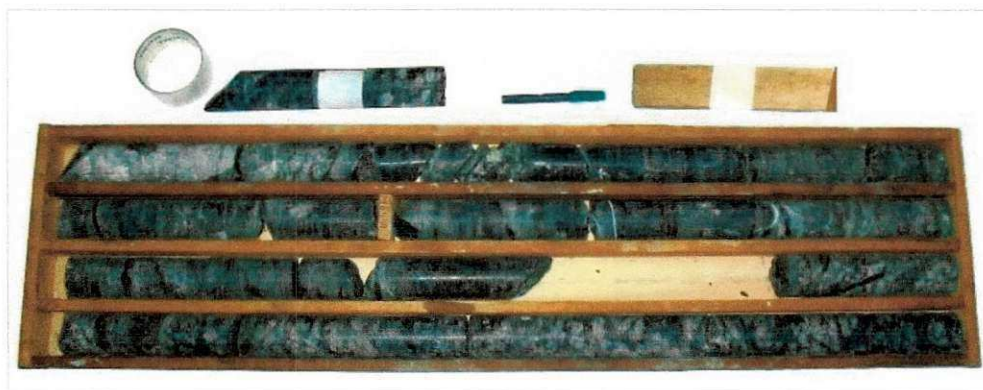


Figura 24 – Coleta de amostra para preparação dos corpos de prova

Os ensaios realizados no laboratório de resistência a compressão utilizados para este fim, foram os ensaios de compressão uniaxial (simples) e de compressão triaxial. Estes foram realizados a partir de amostras colhidas em testemunhos de sondagens, e preparadas com a finalidade de se proceder à caracterização das propriedades mecânicas (resistência) da rocha intacta.

4.2.2- Equipamentos e Materiais

Os equipamentos e os materiais utilizados no preparo dos corpos-de-prova das amostras e nos ensaios de resistência a compressão estão apresentados no Quadro 8, que serão descritos separadamente a seguir, nas atividades de preparação das amostras, nos ensaios de resistência à compressão uniaxial (simples) e compressão triaxial.

Ordem	Equipamento	Especificações	Fornecedores	Quant.
01	Prensa hidráulica elétrica	Capacidade 100 toneladas, leitura digital resolução 10kgf	Solotest e Contenco	01
02	Cerra de disco	Tipo bancada, mesa deslizante, disco até 14 pol.	Christensen Roder e Solotest Contenco,	01
03	Retifica para corpos de prova de concreto e rocha	Diâmetro do corpo de prova 100mm ou 54mm	Solotest	01
06	Disco adiamantado	Diâmetro 14"	Christensen Roder e Solotest	01
07	Rebolo adiamantado	Para retifica de corpos de prova de concreto	Solotest	01
08	Suporte para extração de corpo-de-prova	Adaptado para situação	--	01
09	Base fixadora para corpo-de-prova na retífica	Adaptado para situação	--	01

Nota: Quant. – quantidade; (--) sem identificação.

Quadro 8 - Equipamentos e materiais utilizados para preparação das amostras

- Equipamentos adaptados para situação

Foram desenvolvidos e adaptados engenhosamente dois equipamentos que tiveram fundamental importância tanto no desbaste das faces extremas dos corpos-de-prova como na extração destes da célula triaxial. O primeiro foi uma base fixadora (em aço inox) para desbaste do corpo-de-prova, pois, sem ela o corpo não alcançaria a posição de desbaste completo. O segundo foi um suporte para extração do corpo-de-prova na célula triaxial, para facilitar a retirada do mesmo sem comprometer ou danificar a membrana (camisa de nylon) desta célula.

A Figura 25 apresenta os equipamentos desenvolvidos pelo o autor e seu orientador, apesar de parecer simples e rude, tornaram-se bastante eficaz e de extrema importância.

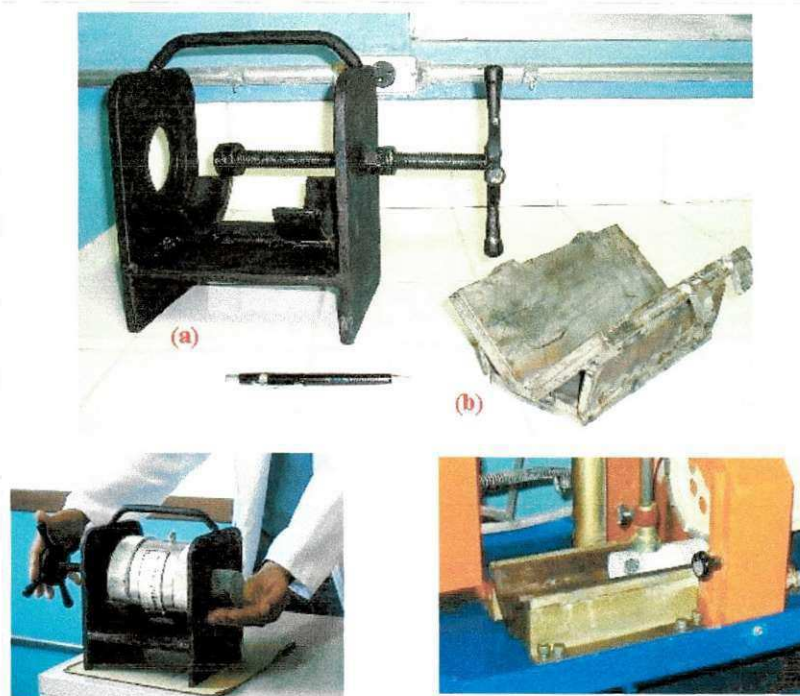


Figura 25 – Suporte de extração do corpo-de-prova (a) e base fixadora do corpo-de-prova (b)

4.2.3- Preparação das amostras

Para ajustar os corpos-de-prova das amostras dentro dos padrões estabelecidos pela ISRM (1981) e o IPT (1995). Foram excluídas as amostras que não estavam dentro dessas especificações. O fator ambiente conforme as características (temperatura, umidade relativa, grau de saturação, etc.) não foram levados em consideração, por condições laboratoriais.

Seguindo as normas operacionais e de segurança (manuais dos equipamentos) para a realização dessas atividades, seguiu-se que as amostras já confeccionados por litologia, foram medidas (com o paquímetro) e marcadas (fita e lápis), com uma relação da altura para o diâmetro de 2 a 3. Após as medições para os cortes das amostras nos testemunhos de sondagem, regulo-se a altura do movimento da cerra de disco diamantado, aciono-se a chave de comando do motor da cerra de disco e seguiram-se os cortes dos corpos-de-prova realizando pequenos movimentos verticais através de um pedal que controla a intensidade do corte. Podendo também ao mesmo instante realizar movimentos horizontais e

progressivos ao corte com a mesa (bancada) móvel, tomando os devidos cuidados necessários, conforme ilustrado na Figura 26.



Figura 26 – Corte dos testemunhos de sondagem para preparação dos corpos-de-prova

Com todos os copos-de-prova já cortados, estes foram retificados um a um, colocando o corpo-de-prova horizontalmente sobre um base de aço inox improvisada conforme a necessidade e fixando-o a essa base por meio de um suporte de ajuste manual com eixo perpendicular ao eixo longitudinal do corpo-de-prova. Um conjunto móvel movido manualmente por uma haste de apoio, formado de um motor, eixo e disco de rebolo, é utilizado para desbastar uma das faces do corpo-de-prova. Após este estar preso e nivelado a ponto de desbaste. O corpo-de-prova é desbastado em uma das faces, pelo atrito da superfície com o disco móvel, devido ao controle da haste em sentido vertical e ortogonal ao desbaste da face a ser polida, como o exemplo mostrado na Figura 27. Ao terminar, desliga o equipamento, folga o suporte o qual o corpo-de-prova encontra-se fixado, vira para a outra face e prossegue novamente as mesmas etapas. Ao fim de cada desbastada medir com o paquímetro e se necessário repetir a operação outras vezes, de modo que suas faces planas possam diminuir o desvio com o eixo vertical da amostra, devido ao contato das faces planas do corpo-de-prova com os pratos (base) de apoio.



Figura 27 – Retífica das faces dos corpos-de-prova

Tendo em vista das amostras preparadas, devem ser secadas, limpadas e identificadas e pesadas (Figura 29), para posterior realização dos ensaios de resistência mecânica a compressão, conforme visualizadas na Figura 28.



Figura 28 – Amostras preparadas para os ensaios de compressão

- Problemas decorrentes durante o processo de preparação das amostras

Mesmo com o equipamento utilizado para a retífica dos corpos-de-prova, em algumas amostras não foi possível manter um perpendicularismo de acordo com as especificações das faces planas com irregularidades de (no máximo 0,02 mm), do eixo vertical com (0,05 mm em 50 mm de comprimento) e com os diâmetros variando a mais que o tolerável (precisão de $\pm 0,01$ mm, pela média de 2 diâmetros medidos em ângulo reto), devido à qualidade das amostras sondadas. Mas, pode-se observar que essas amostras tiveram diferenças pequenas e bem próximas a dos padrões estabelecidos. Acreditando não comprometer essencialmente os resultados dos ensaios.

As amostras rejeitadas (Figura 29 c) foram amostras que depois de coletada (testemunho) ou preparada (corpo-de-prova) apresentaram imperfeições, como juntas carbonáticas soldáveis, pequenas trincas e alterações estruturais.



Figura 29 – Diâmetro dos corpos-de-prova (a), pesagem das amostras (b) e testemunhos descartados (c)

O Quadro 9 apresenta os furos selecionados para os dois tipos de ensaios solicitados e suas amostras preparadas de acordo com a litologia, e em conjunto seus diâmetros e seleção dos corpos-de-prova com suas respectivas aceitações e rejeições.

Seleção das amostras para ensaio uniaxial						
Identificação dos Furos da I-GP345	Seção	Amostras (por Litologia)	Diâmetro	Nº de CP	Nº de CP	Nº de RJ
233-50°W	14R	Serpent. olivina orto-px	NW	04		01
234-40°W	14R	Serpent. olivina orto-px	NW	05		--
237-65°W	14R	Serpent. olivina orto-px	NW	04		01
241-50°W	15R	Serpent. olivina orto-px	NQ	03		--
524-45°W	21R	Serpent. olivina orto-px	NQ	04		01
516-75°E	25R	Serpent. olivina orto-px	NQ	05		--
355-50°W	10R	Serpent. orto-px olivina	NQ	05		01
384-35°W	12R	Serpent. orto-px olivina	NQ	04		01
370-82°W	10R	Gabro	NQ	05		02
411-80°W	11R	Gabro	NQ	04		01
359-70°W	10R	Cromitito lump	NQ	04		01
395-75°E	12R	Cromitito lump	NQ	03		--
Seleção das amostras para ensaio triaxial						
Identificação dos Furos da I-GP345	Seção	Amostras (por Litologia)	Diâmetro	Nº de CP	Nº de CP	Nº de RJ
366-30°W	10R	Serpent. olivina orto-px	NQ	05		--
242-60°W	15R	Serpent. olivina orto-px	NQ	04		--
381-50°W	12R	Serpent. orto-px olivina	NQ	05		--
387-65°W	12R	Gabro	NQ	05		--
370-82°W	10R	Cromitito lump	NQ	04		01

Notas: I-GP345 – galeria de pesquisa no nível 345 em Ipueira; A – amostra; CP – copo-de-prova; RJ – rejeição; NQ = 47 mm; NW = 55 mm.

Quadro 9 – Amostras preparadas dos furos especificados

4.3- Procedimento do Ensaio de Compressão Simples

4.3.1- Planejamento das atividades

Para a aquisição e organização dos dados, foram utilizadas planilhas para as anotações em laboratório, conforme a mostrada no Quadro 10. Os dados e valores dessas planilhas, encontram-se resumidos no Apêndice B.

Ensaio de Compressão Simples (Prensa Contenco 100t)			
Mina _____	Seção _____	Data da sondagem ____/____/____	
Furo Nº _____	Inclinação _____	Diâmetro nominal ____ (BQ, NQ, NW)	
Amostra Nº _____	Distância ao emboque do furo _____ m		
Coordenadas da amostra: Norte _____ m	Leste _____ m	Profundidade _____ m	
Tipo de rocha _____	Quantidade de corpos de prova _____		
Descrição da rocha _____			
Corpo de Prova Nº 1 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa	Corpo de Prova Nº 2 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa		
Corpo de Prova Nº 3 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa	Corpo de Prova Nº 4 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa		
Corpo de Prova Nº 3 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa	Corpo de Prova Nº 4 Diâmetros _____ mm Média _____ mm Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____ Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³ Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss) Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss) Taxa de carregamento _____ (0 – 100) Carga de ruptura (F) _____ kgf Resistência à compressão (σ_c) _____ kgf/cm ² Resistência à compressão (*0,0981) _____ MPa		
Valor médio de σ_c para a amostra $\sigma_M = (\sum \sigma_{ci})/N =$ _____ MPa Desvio padrão $= ((\sum (\sigma_M - \sigma_{ci})^2)/N)^{1/2} =$ _____ MPa			
Observações _____ _____ _____			
Responsável _____		Data ____/____/____	

Quadro 10 - Planilhas para as anotações em ensaios uniaxiais
 Fonte: Lima/Arquivos Ferbas (2004).

As amostras de rocha cilíndrica, após modelada de acordo com os procedimentos e as normas vistas a seguir, são divididas para os dois tipos de ensaios o simples (uniaxial) e o triaxial. Dois terços das amostras preparadas por litologia são destinadas ao ensaio de compressão uniaxial.

4.3.2- Ensaio de compressão simples (uniaxial)

- Procedimentos do equipamento

Para iniciar os procedimentos dos ensaios, faz-se necessário atender as normas e procedimentos estabelecidos pelo fabricante da prensa hidráulico-eletrônica, que são:

- a) antes de ligar, verificar se o registro geral (descarregado) de carga está aberto;
- b) ligar a máquina conforme indicação no manual e deixar funcionando durante 30 min, pelo menos;
- c) preparar o corpo-de-prova entre os pratos da prensa hidráulica, posicionando-o cuidadosamente;
- d) fechar o registro geral (carregando) e ligar o sistema digital;
- e) controlar a velocidade de aplicação da carga através da válvula controladora de velocidade (taxa) de carregamento;
- f) após a ruptura do corpo de prova, liberar a carga através do registro geral (descarregando);
- g) zerar a velocidade de carregamento e anotar o valor máximo da ruptura;
- h) prosseguir o próximo ensaio seguindo as mesmas instruções (c) e (g) anteriores;
- i) ao término dos ensaios, desligar a máquina mantendo o registro geral aberto (descarregado).

A Figura 30 apresenta a prensa hidráulico-eletrônica utilizada nos ensaios de resistência à compressão, conforme os procedimentos citados anteriormente.



Figura 30 – Prensa hidráulico-eletrônica para ensaios de compressão

É importante lembrar que há objeção de qualquer aparelho que emita algum tipo de frequência, para que não haja perturbação ou interferência no leitor digital.

- Procedimentos dos corpos-de-prova ensaiados

Nos procedimentos para com o ensaio de compressão, após todo essa preparação, finalmente cada corpo-de-prova foi colocado entre os pratos de uma máquina de prensa hidráulica e submetido a esforços de carregamento entre os pratos que poderão levar este a rotura. A tensão uniaxial, (σ_1), é aplicada a amostra através de um duto o qual é conectado com a amostra na base da célula, e controlada pela velocidade de carregamento solicitada pela válvula. As taxas dos ensaios variaram de 25 kg/cm²/s a 30 kg/cm²/s, e os tempos obtidos variaram de 3:35 (min:ss) a 12:30 (min:ss). Com exceção de algumas amostras que apresentaram irregularidades (descontinuidades, alterações, etc.) e foram utilizadas como teste. As resistências a compressões uniaxiais (σ_c) dos corpos-de-prova, poderão ser convenientemente visualizadas pelo visor digital da máquina, mas só foi registrado o valor mínimo e o valor máximo. Após os valores obtidos em (kgf/cm²), foram transformados em (MPa) e estão demonstrados no item (4.3.2) a seguir.

Não foram levadas em consideração as formas de ruptura. As deformações axiais, as velocidades de carregamento durante o ensaio foram controladas de acordo com o tempo, para tentar manter-se na faixa de intervalo estabelecida.

A Figura 31 mostra os tipos mais frequentes de rupturas ocorridos após os ensaios. Nas extremidades (II) amostras mais fragmentadas resultante dos ensaios uniaxiais e nas proximidades centrais (I) amostras pouco fragmentadas pela ação da força confinante.

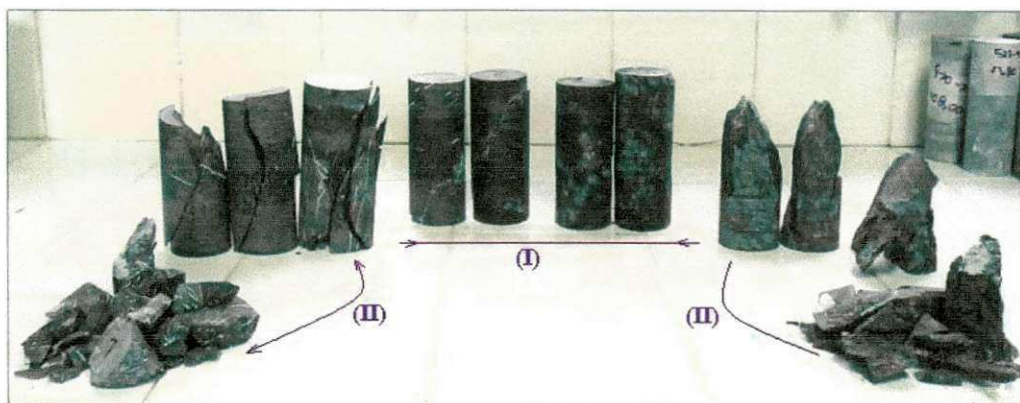


Figura 31 – Tipos mais frequentes de rupturas

4.3.3- Cálculos efetuados para determinação das resistências de compressão simples

- Dados obtidos após os ensaios pelos instrumentos:

- Tempo de ruptura (mm:ss)
- Taxa ou velocidade de carregamento ($\text{kgf/cm}^2/\text{s}$)
- Carga de ruptura (F) = (kgf ou ton)

- Dados obtidos pelos cálculos:

- Resistência à compressão (σ_c) = (kgf/cm^2)

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

Onde: σ_c – resistência de compressão ou tensão de cisalhamento em (kgf/cm^2);

F – força ou carga de ruptura em (kgf);

A – área da face do cilindro em (cm^2).

- Área da face do cilindro (A) = (cm^2)

$$\text{sabe-se que: } A = \pi \times r^2 = \pi \times \frac{D^2}{4}; \quad \text{logo temos: } A = 3,14 \times \frac{D^2}{4} \quad (4.2)$$

onde: π – é uma constante de determinação;

r – raio da da face do corpo-de-prova (cm);

D – diâmetro do corpo de prova (cm).

- Resistência a compressão (σ_c) = (MPa)

Por conversão tem-se que: $F_c = 0,0981 \text{ MPa/kgf/cm}^2$; pois, sabe-se que: ($1\text{kgf/cm}^2 \Rightarrow 0,0981\text{MPa}$)

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \times F_c \quad (4.3)$$

Onde: F_c – fator de conversão de unidades de (kgf) para (MPa)

A resistência à compressão uniaxial de um corpo-de-prova será obtida pelo quociente entre a máxima força de carregamento a que foi submetido o corpo-de-prova e área da sua seção transversal.

4.3.4- Resultados dos ensaios de compressão simples

As Tabelas (10) e (11) demonstram os valores mínimos, médios, e máximos, obtidos por meio dos ensaios dos corpos-de-prova de mesma litologia ensaiada. Podendo analisar também a concentração dos dados em relação ao peso específico das amostras. Os valores individuais de cada amostra (corpo-de-prova ensaiado por litologia) estão apresentados no Apêndice B deste trabalho.

Tabela 10 – Valor da média geral de cada amostra

Valores Médios Litologias	Resistência a compressão uniaxial	
	Peso específico (g/cm^3)	Resistência a compressão (Mpa)
Serpentinito olivina orto-px	2.7	103,46
Cromitito	3.9	136,52
Serpentinito orto-px olivina	2.8	149,27
Gabro	2.9	123,40

Tabela 11 – Valores mínimos, médios e máximos de σ_c

Valores Médios Litologias	Resistência à compressão uniaxial (MPa)		
	Mínima	Média	Máxima
Serpentinito olivina orto-px	63	103	170
Cromitito	74	136	227
Serpentinito orto-px olivina	101	149	217
Gabro	78	123	186

4.3.5- Resultados dos ensaios de compressão realizados anteriormente

Ensaio realizado pelo CEPED no ano de 1988, A demonstram valores obtidos através de ensaios de resistência a compressão simples das rochas do corpo mineralizado da mina de Ipueira 3. Foram estudadas as principais litologias existentes desse local, com suas respectivas espessuras e observações (Mello et al., 1986).

A Tabela 12 demonstra os resultados dos ensaios de compressão simples realizado pelo CEPED no ano de 1988, e será utilizada para simples conferência com os dados obtidos neste trabalho.

Tabela 12 - Resistência à compressão simples das principais litologias de Ipueira 3
Fonte: modificado de Mello et al. (1986) e CEPED (1988).

Unidade Litológica	Espessura da Camada (m)	Resistência σ_c (MPa)	Observações
Serpentinito Olivina Orto-px	60	80 – 90	geralmente muito resistente como o mármore
Cromitito	6 – 7	80 – 150	geralmente muito fraturado
Serpentinito Orto-px Olivina	33	80 – 90	geralmente muito resistente como o mármore
Gabro	0 – 50	40 – 90	por vezes friável e fraturado
Mármore	--	40 – 60	bastante competente apesar de fraturado

Nota: (--) – sem identificação.

- Breve comentário

- Pode-se avaliar um valor considerável no desvio padrão das amostras, devido a não uniformidade das cargas devido os estados de alterações das amostras, fatores internos e externos, assim como, o longo tempo de espera para análise perdendo um conteúdo de água.

- Não houve relação das amostras (litologias) com o aumento da resistência a compressão em função do aumento do peso específico.
- Por se tratar de uma área já perturbada pelo homem, essas alterações não serão bem representativas do ponto de vista da resistência da rocha intacta.
- A velocidade de aplicação das cargas nos testes, tiveram bastantes variações na tentativa de se manter dentro do tempo determinado (5 a 10 min), pois os corpos-de-prova apresentaram variações de resistividade de cargas tendo que serem ajustados para se tentar obter o tempo. Por comportarem-se de maneira diferentes as tensões solicitadas, estes dificultaram ainda mais o ensaio, podendo comprometer ou mascarar alguma espécie. Em alguns casos não foram possível obter o tem tempo de ruptura dentro do intervalo estabelecido, conforme visto no Apêndice B.
- A quantidade dos corpos-de-prova ensaiados não foram suficientes para uma boa análise quantitativa, devido a alguns corpos-de-prova descartados. Portando, deveriam ser confeccionados quantidades acima do previsto.
- Os equipamentos de sondagens (Ferbasa e SS21 com diâmetro NQ) eram equipamentos com tempos de uso considerável e com as operações da manobras manuais e partes automáticas, contribuindo essencialmente para irregularidades das amostras.
- Os furos ideais para as amostras, seriam os furos subverticais, portanto grande parte deles foram de seções com diâmetro BQ (desprezados).

4.4- Procedimento do Ensaio de Compressão Triaxial

4.4.1- Planejamento das atividades

As amostras de rocha cilíndrica após preparadas, já separadas para o tipo de ensaio triaxial, foram selecionadas e divididas em uma fração sendo equivalente a um terços das amostras preparadas por litologia.

Para a aquisição e organização dos dados triaxiais, foram utilizadas planilhas para as anotações em laboratório, conforme a mostrada no Quadro 11 para uma amostra com quatro amostras.

Ensaio de Compressão Triaxial (Prensa Contenco 100t)						
Mina _____	Seção _____	Data da sondagem ____ / ____ / ____				
Furo Nº _____	Inclinação _____	Diâmetro nominal ____ (BQ, NQ, NW)				
Amostra Nº _____	Distância ao emboque do furo _____ m					
Coordenadas da amostra: Norte _____ m		Leste _____ m	Profundidade _____ m			
Tipo de rocha _____		Quantidade de corpos de prova _____				
Descrição da rocha _____						
Corpo de Prova Nº 1			Corpo de Prova Nº 2			
Diâmetros _____ mm Média _____ mm			Diâmetros _____ mm Média _____ mm			
Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____			Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____			
Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³			Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³			
Pressão de confinamento _____ MPa			Pressão de confinamento _____ MPa			
Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			
Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			
Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss)			Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss)			
Taxa de carregamento _____ (0 – 100)			Taxa de carregamento _____ (0 – 100)			
Carga de ruptura (F) _____ kgf			Carga de ruptura (F) _____ kgf			
Tensão de ruptura (σ_c) _____ kgf/cm ²			Tensão de ruptura (σ_c) _____ kgf/cm ²			
Tensão de ruptura (*0,0981) _____ MPa			Tensão de ruptura (*0,0981) _____ MPa			
Corpo de Prova Nº 3			Corpo de Prova Nº 4			
Diâmetros _____ mm Média _____ mm			Diâmetros _____ mm Média _____ mm			
Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____			Altura _____ mm Altura /Diâmetro _____			
Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³			Massa _____ g Massa específica _____ g/cm ³			
Pressão de confinamento _____ MPa			Pressão de confinamento _____ MPa			
Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			Início do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			
Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			Término do ensaio _____ : _____ : _____ (hh:mm:ss)			
Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss)			Duração do ensaio _____ : _____ : _____ (mm:ss)			
Taxa de carregamento _____ (0 – 100)			Taxa de carregamento _____ (0 – 100)			
Carga de ruptura (F) _____ kgf			Carga de ruptura (F) _____ kgf			
Tensão de ruptura (σ_c) _____ kgf/cm ²			Tensão de ruptura (σ_c) _____ kgf/cm ²			
Tensão de ruptura (*0,0981) _____ MPa			Tensão de ruptura (*0,0981) _____ MPa			
Resultados						
Tensão versus confinamento	CP Nº 1	CP Nº 2	CP Nº 3	CP Nº 4	CP Nº 5	CP Nº 6
Tensão de ruptura (MPa)						
Pressão confinante (MPa)						
Observações						
Responsável _____			Data ____ / ____ / ____			

Quadro 11 - Planilhas para as anotações em ensaios triaxiais
Fonte: Lima/ Ferbasa Arquivos (2004)

4.4.2- Ensaaios de compressão triaxial

- Procedimentos do equipamento

Os procedimentos com os equipamentos dos ensaios triaxiais, seguiram-se de maneira similar aos realizados anteriormente para os ensaios de compressão uniaxial. No entanto, havendo uma pequena diferença em relação ao procedimento do item (c) “preparação do corpo-de-prova”, pois, este agora envolve uma técnica especial, que é envolver o corpo-de-prova dentro de uma célula interligada a um equipamento de carga móvel. Daí seguem-se os mesmos procedimentos.

- Procedimentos dos corpos-de-prova ensaiados

Os corpos-de-prova são introduzidos individualmente em uma célula (de aço) de carga que é posicionado entre os pratos da prensa, e aplicada a essa célula uma pressão confinante (σ_3) com valores iniciais testados (0; 4; 8 e 12 MPa) por meio de um fluido através de um sistema de bombeamento hidráulico manual. Um envoltório (ou membrana) de nylon é utilizado para isolar o corpo-de-prova do fluido (óleo) confinante. A tensão uniaxial, (σ_1), é controlada pela velocidade de carregamento solicitada pela válvula. As velocidades dos ensaios variaram de 20 kg/cm²/s a 28 kg/cm²/s, e os tempos obtidos variaram de 6:09 (min:ss) a 13:45 (min:ss). Algumas amostras que apresentaram irregularidades (descontinuidades, alterações, etc.), foram utilizadas como teste e apresentaram valores consideráveis, mesmo assim, foram descartadas. As resistências a compressões triaxiais (σ_c), após seus valores obtidos em (kgf/cm²), foram transformados em (MPa) e estão demonstrados no item (4.3.2) a seguir.

4.4.3- Cálculos Efetuados para Determinação das Resistências de Compressão Triaxial

- Dados obtidos pelos instrumentos:

- tempo de ruptura (min:ss)
- taxa ou velocidade de carregamento ($\text{kgf/cm}^2/\text{s}$)
- carga de ruptura (F) = (kg ou ton)

As duas variáveis tempo de ruptura e taxa ou velocidade de carregamento, foram estabelecidas como parâmetro de normalização dos ensaios e não tiveram influência direta nos cálculos. A carga de ruptura teve total importância para obtenção dos resultados de interesse.

- Dados obtidos pelos cálculos:

- área da face do cilindro (A) = (cm^2)
- resistência à compressão (σ_c) = (kgf/cm^2)
- resistência à compressão (σ_c) = (MPa)

Os dados obtidos por instrumentos e calculados, são determinados da mesma maneira que para os ensaios de compressão simples, só que os valores da resistência à compressão triaxial (σ_c) tendem a variar progressivamente de acordo com o aumento da pressão de confinamento (0, 4, 8 e 12 MPa). A resistência à compressão triaxial de um corpo-de-prova será obtida pelo quociente entre a máxima força de carregamento a que foi submetido o corpo-de-prova e área da sua seção transversal.

4.4.4- Resultados dos Ensaios de Compressão Triaxial

A Tabela 13 demonstra os valores médios obtidos das amostras da mesma litologia, podendo analisar também a concentração dos dados em torno de sua média geral, através da variância e do desvio padrão. O valor médio dessas litologias foram obtidos através das médias dos corpos-de-prova ensaiados. Os valores individuais de cada corpo-de-prova ensaiado por litologia estão apresentados no Apêndice B deste trabalho.

- Resultados das amostras da litologia do Serpentinito Olivina Orto-px

Tabela 13 - Valor obtido das litologias nos ensaios de compressão triaxial

Carga aplicada	Valor médio da Resistência à compressão triaxial			
	Serpent.oliv. orto-px (MPa)	Cromitito (MPa)	Serpent.orto-px oliv. (MPa)	Gabro (MPa)
0	165	172	195	126
4	201	213	240	243
8	209	234	239	214
12	239	255	271	200

- Breve comentário

- As taxas de carregamento nos corpos-de-prova foram aplicadas a uma taxa constante de 0,5 a 1,0 MPa/s ou (\cong 5 a 10 kg/cm²/s), apresentaram-se dentro do tempo solicitado (entre 5 a 15 min) com poucas variações de velocidade de aplicação das cargas, afetando sensivelmente a resistência à compressão e o módulo de elasticidade.
- A quantidade de corpos-de-prova ensaiados não foram essenciais por motivos já citados anteriormente, conforme os ensaios de resistência à compressão simples. Pois, a quantidade das amostras foram insuficientes e muito dispersas (por furos dispersos).
- Quanto aos corpos-de-prova que apresentaram algumas alterações, como manchas esbranquiçadas e presença de carbonato em juntas soldáveis (vênulas carbonáticas) no caso de alguns serpentinitos olivina, serpentinitos orto-px e os cromititos. Nos ensaios realizados em teste, pode constatar que alguns corpos-de-prova com descontinuidades ou juntas com finos preenchimentos (em planos favoráveis a quebra) apresentaram rupturas rápidas e com baixa resistência, portanto foram descartadas.
- Houve uma tendência progressiva do aumento da pressão de confinamento com o valor da resistência axial, para as litologias serpentinito olivina, serpentinito orto-px e para o cromitito. Exceto para o gabro, motivo pelo qual requer um maior numero de ensaios com mais amostras para uma melhor análise desse acontecimento.

5 - CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DOS MACIÇOS

A classificação desse maciço oferece apenas diretrizes interpretadas subjetivamente e com base nos dados pesquisados neste trabalho, pois sua eficácia se tornará maior com o grau de conhecimento local e através da experiência com o tempo de execução das operações de desenvolvimento e lavra neste setor. Os dados obtidos para classificação geomecânica (Sistema “Q”) foram ponderados e calculados a partir de índice de análise prática (medições, cálculos e análise tátil-visual) e índices estimados por caracterizações geotécnicas já realizadas anteriormente em níveis primários. A caracterização geomecânica foi baseada em dados obtidos através dos ensaios de resistência mecânica a compressão dos testemunhos de rocha das principais litologias estudadas. Não foram considerados constantes elásticas “E” (módulo de deformabilidade ou Young), coeficiente de Poisson “v” e círculo de Mohr.

5.1- Sistemática da classificação “Q”

Os dados obtidos a partir dos testemunhos de sondagem priorizaram o RQD e a resistência à compressão das rochas. Para complementar o trabalho, foram feitas estimativas de ordem geral do índice Q do maciço, as quais são apresentadas no Quadro 12 nesta seção.

Aplicou-se o sistema de classificação “Q” utilizando a seguinte equação:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

O Quadro 12 apresenta o valor do RQD das amostras citadas, os valores ponderados dos índices, J_n , J_r , J_a , J_w e SRF, para determinação do sistema Q e respectivamente a classificação das amostras.

Litologia (L₁) : Serpentinolita Olivina Orto-px		
Índice e Classificação	Valores	Observações
Índice RQD	66	qualidade regular
Índice J _n	6	2 famílias + 1 aleatória
Índice J _r	1,5	rugosa ou irregular e plana
Índice J _a	2	finos preenchimentos de carbonato
Índice J _w	1	escavação seca, pouca infiltração (com i.e. < 5 litros/min)
Índice SRF	1	média tensão, condições favoráveis de tensão
Sistema Q	8	classificação do maciço rochoso em (REGULAR)
Litologia (L₂) : Cromitito		
Índice e Classificação	Valores	Observações
Índice RQD	56	qualidade regular
Índice J _n	6	2 famílias + 1 aleatória
Índice J _r	1,5	rugosa ou irregular e plana
Índice J _a	(2 – 3)	finos preenchimentos de carbonato, argila e mica
Índice J _w	1	escavação seca, pouca infiltração (com i.e. < 5 litros/min)
Índice SRF	1	média tensão, condições favoráveis de tensão
Sistema Q	6	classificação do maciço rochoso em (REGULAR)
Litologia (L₃) : Serpentinolita Olivina Orto-px		
Índice e Classificação	Valores	Observações
Índice RQD	75	qualidade regular
Índice J _n	6	2 famílias + 1 aleatória
Índice J _r	1,5	rugosa ou irregular e plana
Índice J _a	2	finos preenchimentos de carbonato
Índice J _w	1	escavação seca, pouca infiltração (com i.e. < 5 litros/min)
Índice SRF	1	média tensão, condições favoráveis de tensão
Sistema Q	9	classificação do maciço rochoso em (REGULAR)
Litologia (L₄) : Gabro		
Índice e Classificação	Valores	Observações
Índice RQD	62	qualidade regular
Índice J _n	6	2 famílias + 1 aleatória
Índice J _r	(1 – 1,5)	liso e plano /e/ rugosa ou irregular e plana
Índice J _a	(2 – 3)	finos preenchimentos de carbonato, argila e mica
Índice J _w	1	escavação seca, pouca infiltração (com i.e. < 5 litros/min)
Índice SRF	1	média tensão, condições favoráveis de tensão
Sistema Q	5	classificação do maciço rochoso em (REGULAR)

Nota: Classificação de acordo com o sistema proposto por Barton et al.(1974)

Quadro 12 – Valores de Q através dos índices (RQD, J_n, J_r, J_a, J_w e SRF)

6- APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS USANDO O SOFTWARE DOWNHOLE EXPLORE 3.0

6.1- Características do Programa

O *Down Hole Explorer* é um software que gerencia informações de sondagem, permitindo ao usuário importar, validar e atualizar dados de sondagem de arquivos de qualquer formato, criar log's de sondagens com suas verdadeiras texturas, além de fazer e editar seções. Além de se tratar de um programa bastante didático, tutorial, exemplos interativos e menus de ajuda.

6.2- Geração dos Dados para Importação

Os arquivos foram digitados em planilhas eletrônicas *EXCEL* com as mesmas ordem de informações sugeridas pelo programa *Down Hole Explorer* (DHE) e transformados em texto com formato TXT, com as seguintes pastas (arquivos) *collars*, *assays* e *lithology*.

A Figura 36 apresenta os menus dos comandos utilizados para importação e processamento do programa.

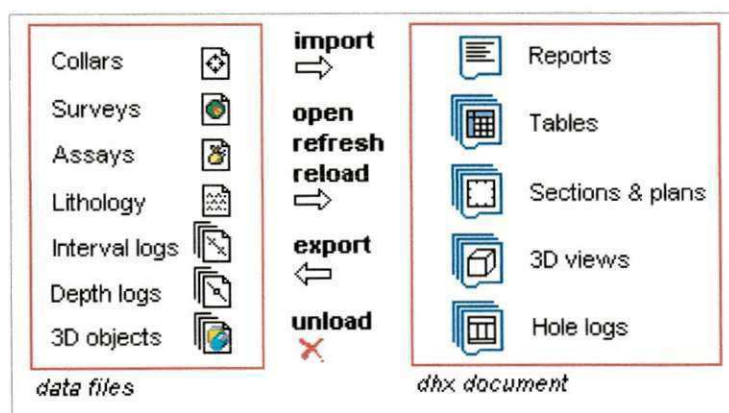


Figura 32 – Principais ferramentas de importação dos arquivos do *DHE*.
Fonte: modificado de Down Hole Explorer (2004)

Foram gerados dados contendo tamanho de furo e coordenadas (*collars*), valores para distribuições estatísticas da REC e do RQD (*assays*), tipo de litologia analisada e suas descrições litológicas para cada furo amostrado (*lithology*). Já em formato TXT, esses arquivos foram transferidos para o banco de dados do programa para serem importados e processados.

6.3- Importação dos Dados de Sondagem

Os dados podem ser importados através dos sub-itens da barra de ferramentas ou dos menus direto na tela, com as seguintes bases de dados: arquivos de colar (coordenadas da boca dos furos), assays (análise química /ao invés dos teores utilizou-se a REC e RQD), e litologia (tipo e descrição litológica). Podendo-se importar diretamente para o *DHE*, utilizando o comando *Data/Import*.

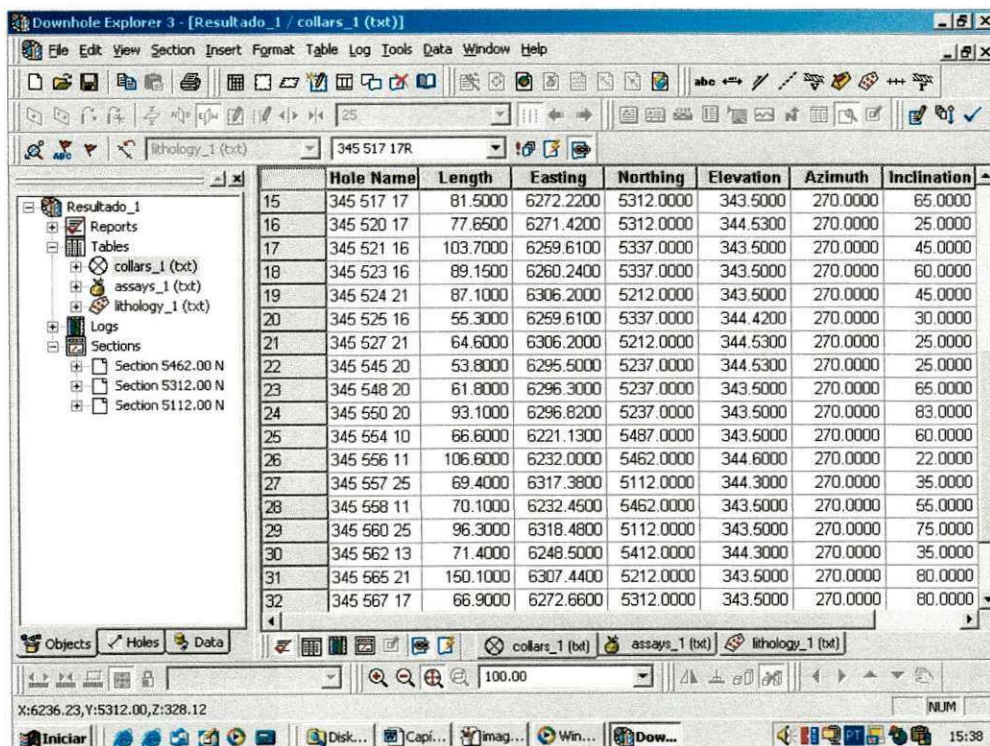


Figura 33 – Visor de arquivos importados e visor de erros desses arquivos

Devem-se seguir três passos básicos para se concluir a importação de cada um dos arquivos. Completada a importação, a validação dos dados é feita automaticamente e é apresentado um relatório de ocorrências, mostrando erros, como: sobreposição de amostras ou se existem intervalos faltosos nos testemunhos.

Todos os arquivos importados são apresentados em planilhas, para garantir a confiabilidade do software, os dados só podem ser modificados na sua base de dados. Caso qualquer problema seja apontado durante a importação, ele deverá ser corrigido na base de dados e depois, os dados são atualizados no *DHE*.

As Figuras (34 a 36) demonstram os dados dos furos importados do banco de dados do DHE e prontos para serem processados conforme a solicitação desejada do software.

	Hole Name	Length	Easting	Northing	Elevation	Azimuth	Inclination
14	345 516 25R	145.8500	6319.2800	5112.0000	343.5000	90.0000	75.0000
15	345 517 17R	81.5000	6272.2200	5312.0000	343.5000	270.0000	65.0000
16	345 520 17R	77.6500	6271.4200	5312.0000	344.5300	270.0000	25.0000
17	345 521 16R	103.7000	6259.6100	5337.0000	343.5000	270.0000	45.0000
18	345 523 16R	89.1500	6260.2400	5337.0000	343.5000	270.0000	60.0000
19	345 524 21R	87.1000	6306.2000	5212.0000	343.5000	270.0000	45.0000
20	345 525 16R	55.3000	6259.6100	5337.0000	344.4200	270.0000	30.0000
21	345 527 21R	64.6000	6306.2000	5212.0000	344.5300	270.0000	25.0000
22	345 545 20R	53.8000	6295.5000	5237.0000	344.5300	270.0000	25.0000
23	345 548 20R	61.8000	6296.3000	5237.0000	343.5000	270.0000	65.0000
24	345 550 20R	93.1000	6296.8200	5237.0000	343.5000	270.0000	83.0000
25	345 554 10R	66.6000	6221.1300	5487.0000	343.5000	270.0000	60.0000
26	345 556 11R	106.6000	6232.0000	5462.0000	344.6000	270.0000	22.0000
27	345 557 25R	69.4000	6317.3800	5112.0000	344.3000	270.0000	35.0000
28	345 558 11R	70.1000	6232.4500	5462.0000	343.5000	270.0000	55.0000
29	345 560 25R	96.3000	6318.4800	5112.0000	343.5000	270.0000	75.0000
30	345 562 13R	71.4000	6248.5000	5412.0000	344.3000	270.0000	35.0000
31	345 565 21R	150.1000	6307.4400	5212.0000	343.5000	270.0000	80.0000

Figura 34 – Exemplo do arquivo collars importado

	Hole Name	From	To	RQD(%)	Recup(%)
686	345 517 17	0.0000	1.0000	0	16
687	345 517 17	1.0000	3.3500	53.6	84.3
688	345 517 17	3.3500	5.1500	66.7	88.9
689	345 517 17	5.1500	6.8500	98.2	100
690	345 517 17	6.8500	7.9000	50.5	93.3
691	345 517 17	7.9000	9.9000	74	95
692	345 517 17	9.9000	11.4000	54.7	86.7
693	345 517 17	11.4000	12.9000	65.3	96.7
694	345 517 17	12.9000	14.7000	75.6	90.6
695	345 517 17	14.7000	16.2000	88.7	94.7
696	345 517 17	16.2000	19.2500	86.9	97.4
697	345 517 17	19.2500	22.3000	83.9	98.4
698	345 517 17	22.3000	25.3500	66.6	97.7
699	345 517 17	25.3500	26.8500	100	100
700	345 517 17	26.8500	28.4000	92.9	100
701	345 517 17	28.4000	31.4500	68.9	98.4
702	345 517 17	31.4500	33.0000	66.5	97.4
703	345 517 17	33.0000	34.5000	89.3	100
704	345 517 17	34.5000	37.5000	43.3	47.7

Figura 35 – Exemplo do arquivo assays importado

	Hole Name	From	To	Lith Code	Description
164	345 517 17	0.0000	31.4500	Serpent.Oliv.Orto.px	com trechos fraturados, venulados e silicosos
165	345 517 17	31.4500	32.4500	Serpent.Oliv.Orto.px	com zona de falha com pegmatito fraturado
166	345 517 17	32.4500	43.6500	Serpent.Oliv.Orto.px	com trechos fraturados, venulados e silicosos
167	345 517 17	43.6500	49.8000	Cromitito lump	com Cromitito lump
168	345 517 17	49.8000	55.6500	Serpent.Oliv.Orto.px	com Serpentinito Olivina Orto.px.
169	345 517 17	55.6500	72.9000	Serpent.Orto.px.Oliv.	com Serpentinito Orto.px.Olivina
170	345 517 17	72.9000	81.5000	Gabro	
171	345 520 17	0.0000	30.2000	Serpent.Oliv.Orto.px	com trechos fraturados, venulados e silicosos
172	345 520 17	30.2000	44.9000	Zona alterada	com zona alterada, Pegmatito e Cromitito lump
173	345 520 17	44.9000	50.3000	Cromitito lump	com Cromitito lump com venulações carbonáticas
174	345 520 17	50.3000	54.6000	Serpent.Oliv.Orto.px	com Serpent.Olivinico Orto.px.compacto
175	345 520 17	54.6000	55.0000	Pegmatito	
176	345 520 17	55.0000	71.7000	Serpent.Oliv.Orto.px	com Serpent.Olivinico Orto.px.compacto
177	345 520 17	71.7000	74.3000	Pegmatito	com Pegmat. esbranq. Qz Feldsp muito fraturado
178	345 520 17	74.3000	77.6500	Serpent.Oliv.Orto.px	com Serpent.Olivinico Orto.px.compacto
179	345 521 16	0.0000	24.9500	Serpent.Oliv.Orto.px	com trechos fraturados, venulados e silicosos
180	345 521 16	24.9500	25.0000	Serpent.Oliv.Orto.px	com zona de falha
181	345 521 16	25.0000	37.1500	Serpent.Oliv.Orto.px	

Figura 36 – Exemplo do arquivo lithology importado

6.3.2- Gerando seções

O *Down Hole Explorer* permite aos seus usuários criarem seções verticais, horizontais, planas ou 3D, com vista norte/sul ou leste/oeste. Os furos podem representar a litologia apresentada pelo testemunho ou os teores de interesse da empresa, em forma de histogramas, barras, textos etc.

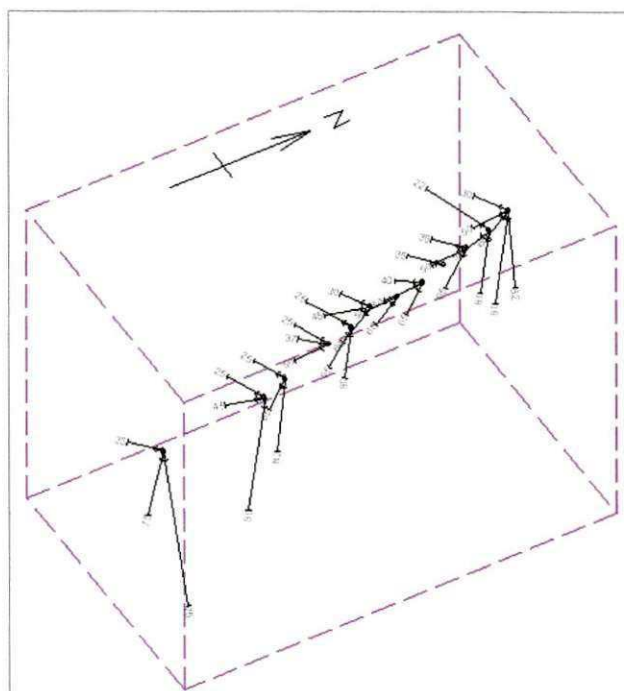


Figura 38 – Vista em 3D dos furos de sonda das seleções pesquisadas

6.4- Forma de Utilização das Representações Gráficas no Planejamento das Escavações.

Os furos com distribuições estatísticas do RQD, gerados pelo DHE, foram sobrepostos as suas respectivas seções geológicas, desenhadas através de programas interativos do “Office”. Essas seções foram desenhadas a partir das seções digitalizadas

(escaneadas), que foram elaboradas legivelmente pelo setor de geologia da Ferbasa. Esses furos foram adicionados aos seus perfis por sobreposição de imagem e a função de colagem direta, com a função de transparência ativada no software de desenho com formato *Bitmap*. Pode-se perceber mais tarde, com pleno entendimento do software, que o próprio software *DHE*, com um pouco mais de informações, elaboraria essas seções de forma mais prática e objetiva.

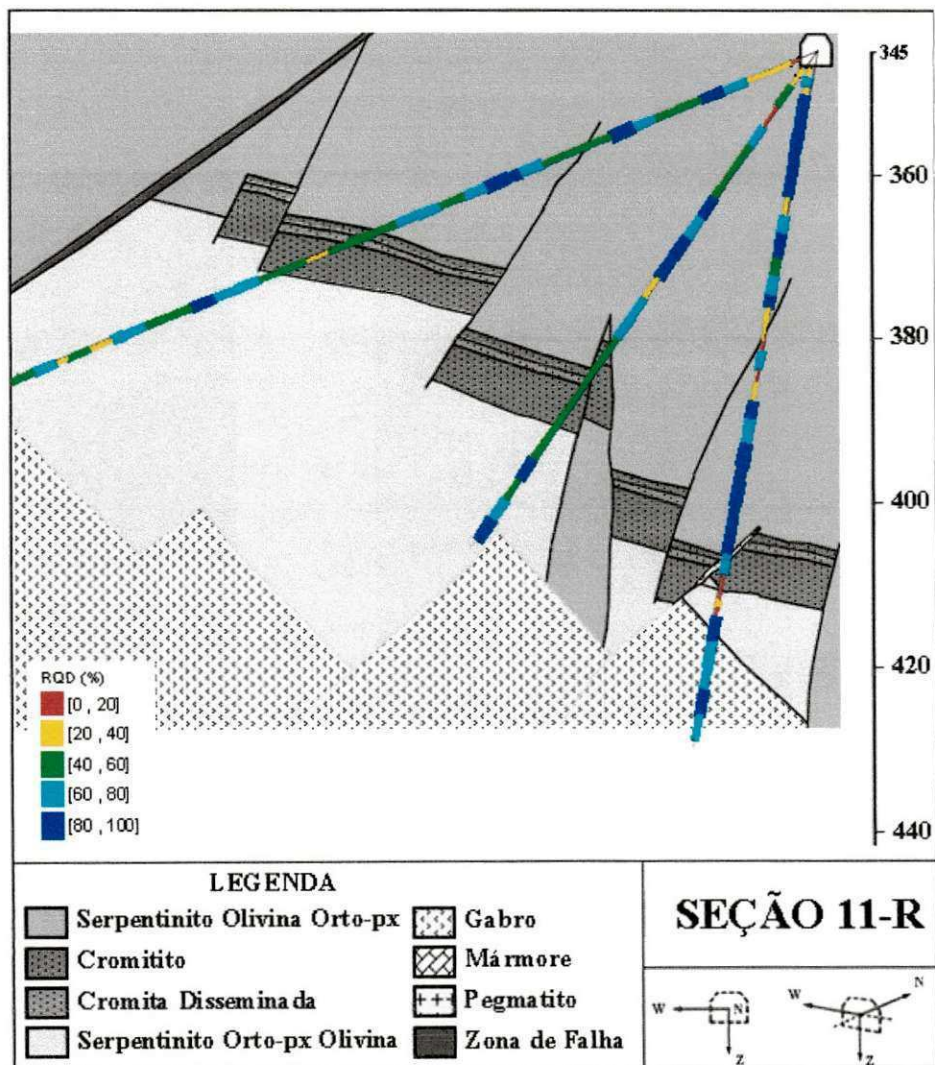


Figura 39 – Perfis das seções geológicas com superposições estatísticas do RQD

7- ANÁLISES E DISCUSÕES DOS RESULTADOS

7.1- Dos cálculos da Recuperação REC e RQD

- Valores abaixo do esperado para a REC e conseqüentemente para o RQD, do Serpentinito Olivina Orto-px e para o Cromitito. Para o serpentinito, pode estar relacionado ao início e as profundidades iniciais do furo, devido a influencia da área seccional da está perturbada e fragmentada pelos usos dos explosivos. Pois, percebe-se um baixo valor da REC e RQD após o embocamento do furo até a faixa de (0,5m a 2,0m) na maioria dos furos Apêndice A. Não descartando também as zonas de contato intrusivo com os pegmatitos e o contato brusco com o cromitito (cromita disseminada). Para o cromitito pode-se relacionar tanto o contato brusco com o serpentinito como a presença da cromita disseminada em níveis superiores, intermediários e inferiores de sua camada.

- Para o gabro seus valores podem estar relacionados aos contatos com o ortopiroxenito e possivelmente ineficiência do equipamento e pessoal, por se tratar da grande profundidade e do cansaço físico.

- Pode-se ressaltar ainda que o RQD obtido a partir de testemunhos de sondagem é mais preciso, e de levantamento mais rápido por analisar os próprios testemunhos da sondagem de detalhe, que aquele inferido por meio do índice volumétrico de contagem de juntas medido diretamente nas frentes de avanço após cada operação de desmonte e contenção realizadas (Lima et al., 2005).

7.2- Dos Dados Obtidos Através dos Ensaios de Resistência Mecânica

- Foram seguidas as indicações da ISRM (1981), que estabelece requisitos para classificação e modelamento dos corpos-de-prova, comumente empregadas por laboratórios nacionais e internacionais, mas com algumas restrições conforme ao tipo de amostra coletada, para fins geomecânicas e/ou geotécnicos.

- O baixo número de amostras ensaiadas em parte foi devido aos descartes por imperfeição das amostras brutas (testemunhos de rocha NQ e NW) e pós o seu modelamento e/ou preparação por apresentar ainda imperfeições. Um outro motivo foi devido a sua e sua dispersão pela grande extensão do eixo longitudinal das seções na região estudada, em que a maioria dos espaçamentos entre as seções continham furos em diâmetros BQ, dispensável para os ensaios. Dificultando até a uma extrapolação dos valores para essas seções descartadas.

- Para cada amostra de mesma espécie litológica foram observados diferentes tempos e taxas de carregamento, rupturas bruscas e leves para determinadas espécie. Possivelmente pelo tempo de repouso das amostras (perda de água), textura, e quantidade constituintes de elementos minerais acessórios, elementos intrusivos como vênulos carbonáticos e outros (heterogeneidade), resquícios estruturais da rocha e macroestrutura das amostras.

7.3- Dos dados obtidos, importados e gerados pelo DHE

- O DHE estabeleceu uma ótima correlação visual da região estudada, entre o RQD dos furos gerados com os tipos litológicos das seções desenhadas.

- Os dados gerados estavam dentro das especificações do software, podendo ainda gerar outros atributos de relevada importância, devido ao seu uso limitado. Obteve-se sucesso na importação dos dados obtidos na REC e RQD, para importação para o DHE, no qual para cada perfil das seções geradas foram observados: sequência de horizontes litológicos, espessura de cada horizonte, profundidade e inclinação dos furos e suas características geomecânicas estruturais.

- A principal vantagem desse software é pelo custo irrisório da operação, somente com o software e mão de obra especializada (qualificada), uma vez que seu custo maior com a obtenção da amostra já é sanado com essas amostras aproveitada da prospecção (Lima et al., 2005).

- Outra grande vantagem é que esses dados obtidos podem ser transportados para (exportados) para outros programas e/ou softwares de planejamento, a partir da sua base de dados em formato TXT. Portanto, em uma fase posterior a de implantação dessa metodologia de trabalho, é também recomendado que as seções geológicas sejam criadas em forma digital, para facilitar a integração com programas de geração de modelos de blocos e de planejamento da lavra (Lima et al., 2005).

- A possível desvantagem do software DIIE, é a sua necessidade de mão de obra especializada, mesmo por ser bastante didático, requer conhecimentos específicos para o tratamento dos dados contidos nos testemunhos de sondagem. E quanto ao seu sistema operacional, não apresenta opções ou atributos para desfazer tarefas já realizadas e a dificuldade de configurar janelas de ferramentas de sistema, a cada vez que se inicia o programa.

8- CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

8.1- Conclusões Finais

A utilidade dos testemunhos de sondagem para caracterização e classificação geomecânica encontrou-se exposto ao longo deste trabalho, sendo possível estar convenientemente assimilada pelo meio técnico e profissional, de forma que exista todo interesse em se divulgar esses aspectos relativos, principalmente pela adoção de programas que facilitem e automatizem o tratamento dos dados nas diversas etapas envolvidas. Como se pode demonstrar, o método proposto por esse trabalho de modo geral, permite conhecer antecipadamente as características geomecânicas de um maciço, através de testemunhos colhidos durante a sondagem de prospecção, tornando-se importante para o planejamento das atividades de desenvolvimento de galerias e da lavra do minério.

Foram realizados estudos fundamentados em análises e cálculos seguindo o índices e/ou parâmetros RQD propostos por Deere et al. em 1967 e o sistema de classificação "Q" de Barton et al. em 1974 para determinação da qualidade do maciço rochoso. Foram ensaiadas amostras em laboratório de resistência a compressão para dar auxílio e suporte a esse sistema. E como um importante suporte demonstrativo e criterioso, o software DHE, adequado a tecnologias e inovações atuais, tornou-se possível absorver determinadas informações geológico-geomecânicas e ilustrá-las de maneira clara e precisa.

Com todas essas ferramentas em conjunto e mais alguns requisitos básicos ainda sugerido por esse trabalho. Pode-se validar esses resultados para determinadas ações, como: Contribuir inteiramente para se estabelecer com mais eficácia a quantidade e o espaçamento ideal para os suportes de reforço (com cavilhas e cabos) do teto e das paredes das galerias de acesso e da lavra do minério; podendo estabelecer proximidades entre pilares para uma boa interação de furos em leques entre duas galerias (aberturas) adjacentes ou sobrepostas; e permitindo também a redução de custos com super dimensionamentos e diluições minério-estéreo, determinando seu tempo de sustentação, grau de quebra e/ou fraturamento (over-break e under-break). Viabilizando em geral o planejamento da lavra.

8.2- Sugestões para Trabalhos Futuros

- Com grande disponibilidade de amostras provenientes de variadas porções do maciço que são descritas por furos de sonda, tornado viável o tratamento estatístico dos dados obtidos por amostragem em testemunhos. Podendo ainda fazer correlações entre furos com a aplicação dos testes de hipóteses, inferir seções e analisar fatores de correlação, variogramas, crigagem, etc.

- Relacionar o RQD obtido anteriormente conforme descrito por esse trabalho “Capítulo 3”, com o RQD inferido por meio do índice volumétrico de contagem de juntas medidos nas frentes de avanço, segundo Brown (1981).

- Sugere-se criação de um banco de dados com seus valores processados em formato TXT ou facilmente transformável, assim como o sistemas do software “acsses” ou outro, com fórmulas eficazes para as situações e os ajustes necessários para analisar duas litologias por manobra.

- Incorporar ao banco de dados do DHE os seguintes índices: de impacto (Schmidt hammer), de carga pontual, de resistência à compressão e índice de qualidade do maciço com a classificação segundo Barton et al (1974) citado por Lima et al., (2005).

- Finalmente é sugerido com base em Lima et al. (2005) que os índices geotécnicos e geomecânicos determinados ao longo dos furos de sondagem sejam interpolados para domínios completos das seções, possibilitando a definição antecipada dos sistemas de reforço e suporte, bem como a incorporação de restrições de natureza geotécnica e/ou geomecânica no planejamento dos painéis de lavra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Silva, M. da G.; Misi, A. Embasamento Arqueano-Proterozóico inferior da região Nordeste do Estado da Bahia e mineralizações associadas: roteiros geológicos a distritos mineiros. Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1998. p.66-80.

Marques, J. C. Petrologia e Metalogênese do Depósito de Cromita do Sill Ipueira-Medrado, Vale do Rio Jacurici – Bahia. Plano de tese submetido para exame de qualificação. Universidade de Brasília-UNB/ Instituto de Geociências. Brasília, 1999. p.42-53.

Marques, J. C. The Chromite Deposit of the Ipueira-Medrado Sill, São Francisco Craton, Bahia State, Brazil: Economic Geology. Porto Alegre-RS, Brazil: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Vol. 98, 2003, p.87–108. Também disponível em: http://segweb.org/EG/papers/Abs98-1_files/05Marques.pdf.

Deus, P. B.; Viana, J.S. Distrito Cromitífero do Vale do Jacurici. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Salvador: SBG, Núcleo Bahia, 1982. p.45-52.

Júnior, O. T. R. Petrologia litogeoquímica e caracterização tipológica das rochas máfico-ultramáficas do vale do Jacurici: Implicações metalogenéticas e significado no contexto geodinâmico da porção NNE do Cráton do São Francisco, Bahia. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, Dezembro, 2002. p.11- 67.

Mello, C. H. de M. P.; Durão, G.; Viana, J. dos S.; Carvalho, C. J. C. Depósitos de Cromita das fazendas Medrado e Ipueira, Município de Senhor do Bonfim, Bahia. In: Principais depósitos minerais do Brasil, v. 2, DNPM/ CVRD, Brasília/DF, 1986 p.215-234.

Marinho, M. M.; Rocha, G. M. F.; Silva, O. A. Projeto Vale do Jacurici. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais. Bahia, 1986. p.03 – 37 e 91-103.

Marinho, M. M., et all. (.obs!! colocar os demais.)Geologia e Potencial Cromitífero do Vale do Jacurici – Bahia, 1986. In: Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, V. 5, Goiânia, SBG, p. 2.074-2087.

FERBASA - Cia. de Ferro Ligas da Bahia/ Mineração vale do Jacurici. Departamento de planejamento e departamento de geologia/Trabalhos, arquivos e relatórios internos não publicados. Bahia, 2003.

Carvalho, C.J.C. Mapas geológicos e perfis geológicos das seções da mina Ipueira 3, não publicados. Departamento de Geologia, Cia. de Ferro Ligas da Bahia/ FERBASA. Andorinhas/Bahia, 2004.

Mapa Rodoviário da Bahia e Atlas Rodoviário da Bahia. Disponível em:
<http://www.aondefica.com/p_atlasflash_ba.asp>. Em 25 de Abril de 2004.

SUMÁRIO MINERAL. A capacidade nominal de produção de concentrado de cromo. In: DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Brasília, 2004. Anais eletrônicos. Brasília: DNPM, 2004. Disponível em: < www.dnpm.gov.br/sumariomineral/cromo%202004.pdf >. Acesso em 17 Nov. 2004.

CONTECO. Industria e Comércio LTDA. Instruções para montagem e operação. Obtida via Internet, disponível em: <<http://www.contenco.com.br>>. Em 3 de Mai. 2004.

Earthworks Corporation. Downhole Explorer, Version 3.0, User's Manual / Earthworks Downhole Explorer. Software de perfilagem geomecânica. Disponível em: <http://www.earthworks.com.au/FAQs/Exploration-Office-FAQ.htm>, em 10 de Fev. 2004.

Bieniawski, Z. T., Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologist in mining, civil, and petroleum engineering, 1989. p.29-91

Loczy, L.; Ladeira, A. Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica. Edgard Blücher/RJ. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, São Paulo, 1980.

IRSM – INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS. Rock Characterization Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods. Brown, E.T., ed. In: Barton, N., et all. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. Pergamon Press. Oxford, 1981,a. p.44-52.

IRSM – _____. In: Bieniawski, Z.T., et all., Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. U.S.A., 1978. Pergamon Press. Oxford, 1981,b. p. 111-116.

IRSM – _____. In: Vogler, U.W.; Kovari, K., Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression. South Africa, 1977. Pergamon Press. Oxford, 1981,c. p. 123-127.

Hartman, H.L. - " SME Mining Engineering Handbook ",. 2 nd Edition, Colorado, 1992. p. 900-915

Vinueza, G. Classificação Geomecânica Subsidiando a Modelagem Numérica de uma Mina Subterrânea. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-012A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 1994. 129 p.

Carnero, L. T., Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995. p.176-187.

Guerra, P. A. G.; Salles, J. J. C. Geoestatística Operacional. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. Brasília, 1988.

Bussab, W. O.; Moretin, P. A. Estatística Básica: Métodos Quantitativos. Editora: Atual, São Paulo, 1987.

Alcântara, M. E., Implementação Elastoplástica do Critério de Ruptura de Roek-Brown para Maciço Rochoso. Dissertação de Mestrado, Departamento de Mineração e Geologia, CCT/UFPB, 1997.

Jaeger, J. C.; Cook, N. G. W., Fundamentals of Rock Mechanics. Second edition. Chapman and Hall. London, 1976. p.151-153.

Brown, E.T., ed. Rock Characterization Testing and Monitoring ISRM Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 1981. p. 45-46.

Brady, B. H. C., Brown E. T., Rock Mechanics for underground mining. Second edition. Chapman & Hall, London, 1993. p. 87-105.

Lima, et all., Aplicação de Software de Perfilagem para o Tratamento dos Dados Geotécnicos Obtidos via Testemunhos de Sondagem em Mina Subterrânea. Campina Grande, 2005.

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Geologia de engenharia. Editores: Antônio M. dos Santos Oliveira e Sérgio N. Alves de Brito. São Paulo, 1998.

Hoek, E., Practical Rock Engineering/ Evert Hoek. In: Rock Mass Classification. Nov/2000. Canadian, 2000. Disponível em:
<<http://www.rocscience.com/hoek/Hoek.asp>>. Acesso em 05 Abril.2004.

Hoek, E.; Kaiser, P. K.; Bawden, W.F. Suport of Underground Excavations in Hard Rock. A.A.Balkema, Rotterdam, 1997. p. 27- 98.

Ojima, L. M., metodologia de classificação de maciços rochosos aplicável a túneis. Síntese de Tese de Pós-Graduação, Nº 1. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1982.

Ladeira, L. F., Ensaios em Mecânica das Rochas. – Parte I – Ensaios de Laboratório. Ouro Preto: materiais e apostilas da Universidade Federal de Ouro Preto, 1983. p. 50-87

IPT – ISTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. Procedimentos de Ensaios e análises. Laboratório de mecânica das rochas/DIGEO. Edição Nº 01. São Paulo, 1995.

Maranhão, C. M. L., Introdução a Interpretação de Mapas Geológicos/ Carlos Marcelo Lobos Maranhão. Edições: UFC, Fortaleza, 1995.

BAGNI, F. L., Mecânica das Rochas. Caracterização de maciços rochosos. As características que traduzem a qualidade da rocha. Disponível em:
< www.geology.hpg.ig.com.br > em 5 de Outubro de 2004.

Apêndice A – Planilhas dos furos analisados do nível N-345 da mina de Ipueira 3.

DADOS PARA O CÁLCULO DO RQD							Data			
							Ref. da Sonda		Diâm. NQ	
Ref. Furo:	Local	G. Pesq	Furo	Inclin.	Área:		Diâm.(cm)	Comp.	Seção	
Dados:	I-GP	345	355	50W	Ipueira III		4,5	Furo(m)	10R	
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		Média	Médio	(m)
0,00	1,40	140	93	66,4	23	16,4				
1,40	2,40	100	72	72,0	16	16,0	Serpentinito olivínico orto-Px em (0,0 a 30,95)m			
2,40	3,60	120	102	85,0	39	32,5				
3,60	4,95	135	121	89,6	49	36,3				
4,95	6,55	160	160	100,0	124	77,5				
6,55	9,60	305	281	92,1	197	64,6	com Zona de falha em (8,60 a 12,40)m			
9,60	10,75	115	107	93,0	59	51,3				
10,75	12,40	165	147	89,1	61	37,0				
12,40	14,85	245	225	91,8	112	45,7				
14,85	15,70	85	74	87,1	10	11,8				
15,70	17,10	140	75	53,6	34	24,3				
17,10	18,70	160	153	95,6	72	45,0				
18,70	20,00	130	120	92,3	45	34,6				
20,00	20,95	95	69	72,6	23	24,2				
20,95	21,75	80	47	58,7	18	22,5				
21,75	23,25	150	147	98,0	128	85,3				
23,25	24,85	160	154	96,2	132	82,5				
24,85	27,90	305	303	99,3	277	90,8				
27,90	30,95	305	302	99,0	273	89,5		88,92	54,67	31,0
30,95	32,65	170	96	56,5	25	14,7	Pegmatito em (30,95 a 32,65)m			
32,65	34,05	140	135	96,4	117	83,6	Serpentinito olivínico orto-Px em (32,65 a 43,20)m			
34,05	37,05	300	293	97,7	223	74,3				
37,05	38,45	140	128	91,4	106	75,7	com Z. de falha, em (41,65 a 43,20)m			
38,45	39,75	130	130	100,0	64	49,2				
39,75	41,85	210	173	82,4	53	25,2				
41,85	42,75	90	60	66,7	0	0,0		90,99	55,74	10,1
42,75	44,20	145	79	54,5	0	0,0	Cromitito lump (43,20 a 58,10)m			
44,20	45,60	140	111	79,3	43	30,7	com Zona de falha em (44,20 a 45,60)m			
45,60	46,20	60	40	66,7	0	0,0	com Cromita dissiminada (46,50 a 47,80)m			
46,20	49,10	290	278	95,9	193	66,6				
49,10	50,85	175	170	97,1	84	48,0				
50,85	53,20	235	235	100,0	173	73,6				
53,20	55,60	240	208	86,7	91	37,9				
55,60	56,85	125	95	76,0	47	37,6				
56,85	58,35	150	150	100,0	95	63,3		87,56	46,54	11,5
58,35	59,00	65	65	100,0	27	41,5	Serpentinito olivínico orto-px (58,10 a 85,00)m			
59,00	60,20	120	95	79,2	42	35,0				
60,20	61,85	165	165	100,0	91	55,2	com trechos Silicosos compacto e fresco			
61,85	63,80	195	187	95,9	129	66,2				
63,80	66,50	270	270	100,0	168	62,2				
66,50	69,55	305	296	97,0	201	65,9				
69,55	70,60	105	105	100,0	49	46,7				
70,60	72,60	200	165	82,5	79	39,5				
72,60	74,25	165	161	97,6	151	91,5				
74,25	77,30	305	303	99,3	299	98,0				
77,30	80,35	305	285	93,4	240	70,7				
80,35	83,40	305	298	97,7	196	64,3				
83,40	84,45	105	99	94,3	21	20,0		95,56	64,87	26,1
84,45	86,50	205	203	99,0	138	67,3	Gabro (85,00 a 88,10)m			
86,50	88,10	160	134	83,8	121	75,6		92,33	70,96	3,6

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda	Diâm.			
Ref. Furo:							Diâm (cm)		Seção		
Dados	I-GP	G.Pesq	Furo	Inclin	BZE	Área:			10R		
Manobra		Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média	Médio	(m)
0,00	1,00	100	19	19,0	0	0,0	Serpentinó olivino				
1,00	3,25	225	178	79,1	89	39,6	orto-px				
3,25	3,95	70	69	98,6	30	42,9	em (0,0 a 36,30)m				
3,95	5,10	115	114	99,1	98	85,2	com trechos com venulas				
5,10	6,10	100	80	80,0	48	48,0	carbonáticas				
6,10	7,50	140	121	86,4	45	32,1					
7,50	8,65	115	107	93,0	56	48,7					
8,65	10,25	160	160	100,0	145	90,6					
10,25	11,70	145	132	91,0	112	77,2					
11,70	13,30	160	160	100,0	110	68,7					
13,30	14,75	145	141	97,2	99	68,3					
14,75	16,35	160	148	92,5	121	75,6					
16,35	17,80	145	138	95,2	92	63,4					
17,80	19,40	160	158	98,8	89	55,6					
19,40	21,30	190	185	97,4	152	80,0					
21,30	24,35	305	297	97,4	290	95,1					
24,35	26,95	260	251	96,5	141	54,2					
26,95	28,55	160	160	100,0	159	99,4					
28,55	30,45	190	185	97,4	161	84,7					
30,45	32,70	225	209	92,9	106	47,1					
32,70	34,65	195	194	99,5	166	85,1					
34,65	36,55	190	125	65,8	92	48,4			91,14	65,69	36,55
36,55	38,00	145	75	51,7	0	0,0	Zona Alterada				
38,00	39,60	160	48	30,0	0	0,0	com Zon de falha c/ Pegmatido e				
39,60	41,40	180	73	40,6	47	26,1	Serpentinó (trechos micáceos)				
41,40	43,65	225	160	71,1	130	57,8	em (36,30 a 45,70)m				
43,65	44,35	70	37	52,9	18	25,7					
44,35	45,70	135	35	25,9	0	0,0					
45,70	47,35	165	150	90,9	98	59,4	Serpentinó olivino				
47,35	48,75	140	67	47,9	17	12,1	orto-px				
48,75	49,95	120	102	85,0	69	57,5	em (45,70 a 65,00)m				
49,95	51,65	170	96	56,5	52	30,6					
51,65	53,25	160	128	80,0	27	16,9					
53,25	55,50	225	144	64,0	110	48,9					
55,50	57,00	150	74	49,3	0	0,0					
57,00	57,90	90	82	91,1	34	37,8					
57,90	59,15	125	106	84,8	66	52,8					
59,15	60,85	170	140	82,4	84	49,4					
60,85	61,55	70	70	100,0	43	61,4					
61,55	62,80	125	107	85,6	52	41,6					
62,80	65,45	265	242	91,3	190	71,7			76,35	42,63	19,75
65,45	67,45	200	90	45,0	12	6,0	Zona Alterada				
67,45	68,65	120	96	80,0	50	41,7	em (65,00 a 70,15)m				
68,65	71,15	250	241	96,4	152	60,8	com pegamat. mais serpentinó				
71,15	73,55	240	234	97,5	204	85,0	Serpentinó olivino				
73,55	74,80	125	98	78,4	58	46,4	orto-px				
74,80	75,60	80	54	67,5	11	13,8					
75,60	77,70	210	205	97,6	167	79,5					
77,70	79,30	160	130	81,3	87	54,4	com Pegmatito em				
79,30	80,70	140	105	75,0	61	43,6	(79,70 a 80,70)m				
80,70	82,90	220	167	75,9	152	69,1					
82,90	83,75	85	55	64,7	12	14,1					
83,75	85,15	140	123	87,9	109	77,9					
85,15	86,70	155	140	90,3	140	90,3					
86,70	89,75	305	297	97,4	298	97,7	Serpentinó olivino				
89,75	92,80	305	297	97,4	296	97,0	orto-px				
92,80	94,05	125	116	92,8	45	36,0					
94,05	95,15	110	110	100,0	59	53,6	Serpentinó olivino				
95,15	97,75	260	252	96,9	196	75,4	orto-px				
97,75	100,55	280	172	61,4	47	16,8	com Pegmatito cem				
100,55	101,95	140	125	89,3	86	61,4	(101,10 a 101,50)m		98,21	65,84	30,80
101,95	102,95	100	62	62,0	13	13,0	Cromitito lump				
102,95	103,85	90	76	84,4	28	31,1	(101,50 a 106,30)m				
103,85	105,00	115	97	84,3	60	52,2					
105,00	105,70	70	42	60,0	26	37,1					
105,70	106,10	40	18	45,0	11	27,5			71,08	33,25	4,15

(CONTINUAÇÃO)											
Ref. Furo	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área:	Diâm.(cm)		Seção			
Dados:	I-GP	345	374	82E	Ipueira III			10R			
Manobra		Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		Média	Médio	(m)	
106,10	106,90	80	49	61,2	15	18,7	Serpentinó olivínico orto-px em (106,30 a 119,55)m com Zonas bastante fraturadas com Pegmatito bastante fraturado em (109,10 a 109,70)m				
106,90	108,10	120	118	98,3	91	75,8					
108,10	108,70	60	42	70,0	15	25,0					
108,70	111,30	260	229	88,1	180	69,2					
111,30	112,50	120	116	96,7	55	45,8					
112,50	113,80	130	90	69,2	30	23,1					
113,80	114,80	100	71	71,0	30	30,0					
114,80	115,45	65	34	52,3	0	0,0					
115,45	116,85	140	102	72,9	49	35,0					
116,85	117,46	61	30	49,2	0	0,0					
117,46	118,45	99	54	54,5	0	0,0					
118,45	119,65	120	90	75,0	35	29,2			75,65	36,90	13,55
119,65	120,45	80	54	67,5	0	0,0		Zona Aliferada			
120,45	121,65	120	73	60,8	0	0,0					
121,65	122,80	115	15	13,0	0	0,0					
122,80	123,55	75	35	46,7	0	0,0					

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda	Diâm.			
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Diâm.(cm)		BQ			
Dados:	I-GP	345	554	60W	Ipueira III			Seção			
Manobra		Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		Média	Médio	(m)	
0,00	0,60	60	60	100,0	23	38,3	Serpentinó olivina orto-px em (0,0 a 19,10)m com Z. de Falha Serpentinó silicoso em (6,60 a 8,80)m e em (10,50 a 13,000m)				
0,60	3,60	300	289	96,3	168	56,0					
3,60	6,60	300	284	94,7	253	84,3					
6,60	9,60	300	282	94,0	152	50,7					
9,60	12,60	300	259	86,3	74	24,7					
12,60	15,60	300	276	92,0	217	72,3					
15,60	18,60	300	294	98,0	278	92,7		93,76	62,63	18,60	
18,60	21,60	300	289	89,7	82	27,3	Pegmatito (19,10 a 22,20)m				
21,60	24,60	300	276	92,0	154	51,3	Serpentinó olivina orto-px em (22,20 a 53,10)m com Pegmatito esbran .Qz feldspato em(39,70 a 40,45)m				
24,60	26,10	150	137	91,3	110	73,3					
26,10	29,10	300	287	95,7	205	68,3					
29,10	32,10	300	290	96,7	290	96,7					
32,10	35,10	300	287	95,7	258	86,3					
35,10	38,10	300	292	97,3	244	81,3					
38,10	41,10	300	273	91,0	154	51,3					
41,10	44,10	300	286	95,3	270	90,0					
44,10	47,10	300	295	98,3	254	84,7					
47,10	50,10	300	285	95,0	211	70,3					
50,10	53,10	300	285	95,0	220	73,3			85,02	75,27	31,50
53,10	56,10	300	249	83,0	110	36,7		Zona Alterada em (53,10 a 66,60)m, com Cromitilo (53,10 a 53,70)m e com trechos em Pegmatito e Serpentinó			
56,10	59,10	300	190	63,3	53	17,7					
59,10	62,10	300	110	36,7	18	6,0					
62,10	65,10	300	215	71,7	123	41,0					
65,10	66,60	150	150	100,0	95	63,3					

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									NQ		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área		Diâm (cm)		Seção		
Dados:	I-GP	345	370	82W	Ipueira III		4,5		10R'		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		REC(%)		
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)				Média		
(%)									RQD(%)		
								Médio			
								Comp.			
								(m)			
0,00	0,80	80	62	77,5	10	12,5	Serpentinito olivino orto-px (0,0 a 31,25)m				
0,80	1,80	100	92	92,0	63	63,0					
1,80	3,10	130	66	50,8	12	9,2					
3,10	5,25	215	167	77,7	94	43,7					
5,25	6,85	160	156	97,5	74	46,3					
6,85	9,00	215	192	89,3	148	67,9					
9,00	9,90	90	90	100,0	67	74,4					
9,90	12,95	305	296	97,0	252	82,6					
12,95	15,55	260	179	68,8	77	29,6					
15,55	17,55	200	163	81,5	102	51,0					
17,55	19,15	160	164	102,5	114	71,3					
19,15	22,20	305	224	73,4	154	50,5					
22,20	23,65	145	62	42,8	0	0,0		com Zona de Falha em (21,50 a 27,65)m			
23,65	25,25	160	115	71,9	37	23,1					
25,25	26,50	125	118	94,4	12	9,6					
26,50	27,65	115	96	83,5	22	19,1					
27,65	29,65	200	206	103,0	120	60,0					
29,65	31,25	160	158	98,7	141	88,1					
31,25	32,50	125	96	76,8	50	40,0					
32,50	34,30	180	137	76,1	42	23,3					
34,30	35,75	145	125	86,2	56	38,6	Pegmatito, em (31,25 a 35,75)m com trechos alterados/ Serpent. e Pegmatito				
35,75	37,35	160	146	91,2	98	61,3					
37,35	40,40	305	299	98,0	250	82,0	Serpentinito olivino orto-px, em (35,75 a 49,55)m com Serpentinilo silicoso				
40,40	43,45	305	293	96,1	28	9,2					
43,45	46,50	305	278	91,1	164	53,8					
46,50	49,55	305	297	97,4	232	76,1					
49,55	51,50	195	198	101,5	121	62,1					
51,50	52,60	110	125	113,6	76	69,1					
52,60	55,65	305	277	90,8	220	72,1					
55,65	57,65	200	184	92,0	114	57,0					
57,65	58,70	105	101	96,2	73	69,5					
58,70	61,05	235	36	15,3	0	0,0					
61,05	61,75	70	30	42,9	0	0,0					
61,75	63,20	145	103	71,0	22	15,2					
63,20	65,20	200	192	96,0	174	87,0					
65,20	66,25	105	103	98,1	42	40,0	Serpentinito olivino orto-px com Serpentinilo silicoso, (64,65 a 70,20)m				
66,25	67,85	160	109	68,1	40	25,0					
67,85	69,30	145	142	97,9	37	25,5					
69,30	70,90	160	162	101,2	79	49,4					
70,90	73,95	305	296	97,0	255	83,6	Gabro (70,20 a 77,00)m				
73,95	75,70	175	118	67,4	61	34,9					
75,70	77,00	130	129	99,2	73	56,2					
								83,39	47,90	31,3	
								95,14	55,94	13,8	
								79,62	51,12	4,7	
								90,53	34,74	5,7	
								89,02	63,77	6,1	

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									BQ		
Ref. Furo:	Local:	G. Pesq:	Furo:	Inclin.:	Área:		Diâm. (cm)		Seção		
Dados:	I-GP	345	558	55W	Ipueira III				11R		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média	Médio	(m)
0,00	2,60	260	220	84,6	56	21,5					
2,60	5,60	300	282	94,0	135	45,0	Serpentinó olivina orto-px.				
5,60	8,60	300	265	88,3	55	18,3	(0,0 a 44,60)m				
8,60	11,60	300	231	77,0	185	61,7	com trechos venulados e silicosos				
11,60	14,60	300	283	94,3	142	47,3					
14,60	17,60	300	270	90,0	122	40,7					
17,60	19,10	150	150	100,0	79	52,7					
19,10	22,10	300	300	100,0	253	84,3					
22,10	25,10	300	293	97,7	213	71,0					
25,10	28,10	300	299	99,7	278	92,7					
28,10	31,10	300	289	96,3	265	88,3	com Pegm.esbrand.qz.feldsp. em				
31,10	34,10	300	288	96,0	115	38,3	(33,35 a 34,90)m				
34,10	37,10	300	278	92,7	181	60,3					
37,10	40,10	300	290	96,7	211	70,3					
40,10	43,10	300	270	90,0	143	47,7	com Z. de falha (43,90 a 44,60)m				
43,10	46,10	300	265	88,3	130	43,3			92,69	55,60	46,10
46,10	49,10	300	254	84,7	122	40,7	Cromita dissemin.				
49,10	52,10	300	288	96,0	148	49,3	Cromitó lump				
52,10	55,10	300	285	95,0	139	46,3	(44,60 a 55,50)m		91,89	45,44	3,00
55,10	58,10	300	275	91,7	172	57,3	Serpentinó orto-px olivina				
58,10	61,10	300	290	96,7	241	80,3	em (55,50 a 70,10)m				
61,10	64,10	300	274	91,3	132	44,0	com trechos silicosos				
64,10	67,10	300	282	94,0	229	76,3					
67,10	70,10	300	300	100,0	256	85,3			94,73	68,67	15,00

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									BQ		
Ref. Furo:	Local:	G. Pesq:	Furo:	Inclin.:	Área:		Diâm. (cm)		Seção		
Dados:	I-GP	345	556	22W	Ipueira III				11R		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média	Médio	(m)
0,00	1,10	110	85	77,3	13	11,8	Serpentinó olivina				
1,10	4,10	300	283	94,3	103	34,3	orto-px				
4,10	7,10	300	227	75,7	85	28,3	em (0,0 a 41,60) com				
7,10	10,10	300	298	99,3	220	73,3	trechos silicosos e venulados				
10,10	13,10	300	298	99,3	250	83,3					
13,10	16,10	300	282	94,0	166	55,3	com Pegmat.esbrand.qz.felds.				
16,10	19,10	300	289	96,3	160	53,3	em (17,60 a 18,00)m				
19,10	22,10	300	244	81,3	195	65,0					
22,10	25,10	300	297	99,0	294	98,0					
25,10	28,10	300	277	92,3	144	48,0					
28,10	31,10	300	289	96,3	173	57,7					
31,10	34,10	300	295	98,3	157	52,3					
34,10	37,10	300	297	99,0	228	76,0					
37,10	38,60	150	149	99,3	125	83,3					
38,60	41,60	300	293	97,7	274	91,3			93,82	62,19	41,60
41,60	44,60	300	293	97,7	206	68,7	Serp.orto-px oliv.(41,6 a 44,6)m		97,67	68,67	3,00
44,60	47,60	300	298	99,3	152	50,7	Serpentinó olivina				
47,60	50,60	300	300	100,0	200	65,7	orto-px. em (44,60 a 58,90)m				
50,60	53,60	300	292	97,3	186	62,0					
53,60	56,60	300	297	99,0	162	54,0					
56,60	59,60	300	295	98,3	170	56,7			98,80	58,00	15,00
59,60	62,60	300	293	97,7	122	40,7	Cromitó lump				
62,60	65,60	300	290	96,7	84	28,0	em (58,90 a 71,90)m				
65,60	68,60	300	284	94,7	147	49,0	com cromita dissemin em				
68,60	71,60	300	294	98,0	131	43,7			96,75	40,33	12,00
71,60	74,60	300	297	99,0	216	72,0	Serpentinó ortopx olivina				
74,60	77,60	300	292	97,3	189	63,0	(71,90 a 106,60)m, com				
77,60	80,60	300	292	97,3	241	80,3	trechos silicosos em manchas				
80,60	83,60	300	290	96,7	173	57,7	esbranquiçadas				
83,60	86,60	300	295	98,3	170	56,7					
86,60	89,60	300	293	97,7	200	66,7					
89,60	91,10	150	145	96,7	120	80,0					
91,10	94,10	300	285	95,0	112	37,3					
94,10	97,10	300	292	97,3	120	40,0					
97,10	98,60	150	149	99,3	32	21,3					
98,60	101,60	300	289	96,3	217	72,3					
101,60	104,60	300	230	76,7	133	44,3	com Ortoproxenito alterados				
104,60	106,60	200	156	78,0	36	18,0	em (103,30 a 106,60)m		94,43	55,97	35,00

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
							Ref. da Sonda		Diâm.
									NQ
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:		Diâm. (cm)	Comp.	Seção
Dados:							Furo(m)		12R
Manobra		Avan.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Δ L	RQD(%)	(m)
0,00	1,10	110	48	43,6	0	0,0			
1,10	2,70	160	107	66,9	22	13,8			
2,70	4,30	160	92	57,5	33	20,6			
4,30	5,90	160	147	91,9	138	86,3			
5,90	6,75	85	56	65,9	11	12,9			
6,75	8,50	175	166	94,9	67	38,3			
8,50	9,55	105	53	50,5	0	0,0			
9,55	10,40	85	43	50,6	0	0,0			
10,40	11,55	115	41	35,7	24	20,9			
11,55	14,15	260	230	88,5	170	65,4			
14,15	16,50	235	234	99,6	229	97,4			
16,50	17,85	135	113	83,7	76	56,3			
17,85	20,50	265	255	96,2	184	69,4			
20,50	22,65	215	215	100,0	182	84,7			
22,65	24,25	160	139	86,9	81	50,6			
24,25	25,45	120	90	75,0	12	10,0			
25,45	26,90	145	142	97,9	58	40,0			
26,90	28,90	200	191	95,5	151	75,5			
28,90	30,50	160	139	86,9	93	58,1			
30,50	33,30	280	264	94,3	181	64,6			
33,30	35,00	170	155	91,2	107	62,9			
35,00	36,60	160	148	92,5	134	83,7			
36,60	39,65	305	296	97,0	230	75,4			
39,65	42,70	305	295	96,7	245	80,3			
42,70	45,75	305	304	99,7	274	89,8			
45,75	48,20	245	232	94,7	147	80,0			
48,20	49,70	150	140	93,3	110	73,3			
49,70	51,80	210	206	98,1	187	89,0			
51,80	53,35	155	135	87,1	47	30,3			
53,35	56,45	310	303	97,7	280	90,3			
56,45	59,25	280	247	88,2	194	69,3			
59,25	61,05	180	161	89,4	84	46,7			
61,05	61,80	75	42	56,0	10	13,3			
61,80	62,50	70	60	85,7	0	0,0			
62,50	64,10	160	88	55,0	37	23,1			
64,10	66,90	280	263	93,9	196	70,0			
66,90	68,60	170	151	88,8	97	57,1			
							88,20	61,69	59,25
Cromitito lump. (59,25 a 64,10)m com cromita disseminada									
							72,37	27,01	4,50
Serpent. Ortopx olivina Orto-px (64,10 a 68,60)m							92,00	65,11	4,50

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									NQ		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin:	Área:		Diâm.(cm)		Comp.	Seção	
Dados:	I-GP	345	387	65W	Ipueira III		Furo(m)		12R		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média	Médio	(m)
0,00	0,60	80	24	40,0	0	0,0					
0,60	1,71	111	30	27,0	0	0,0					
1,71	2,95	124	28	22,6	10	8,1					
2,95	4,10	115	87	75,7	34	29,6					
4,10	5,15	105	90	85,7	41	39,0					
5,15	6,65	150	144	96,0	66	44,0					
6,65	9,70	305	280	91,8	244	80,0					
9,70	11,25	155	111	71,6	87	56,1					
11,25	12,75	150	127	84,7	114	76,0					
12,75	15,75	300	300	100,0	263	87,7					
15,75	17,35	160	158	98,7	128	80,0					
17,35	19,15	180	149	82,8	114	63,3					
19,15	20,40	125	100	80,0	85	68,0					
20,40	21,70	130	128	98,5	75	57,7					
21,70	24,05	235	212	90,2	166	70,6					
24,05	25,15	110	107	97,3	85	77,3					
25,15	27,45	230	214	93,0	197	85,7					
27,45	29,65	220	204	92,7	178	80,9					
29,65	31,20	155	151	97,4	135	87,1					
31,20	34,25	305	289	94,8	222	72,8			85,64	65,52	34,25
34,25	36,25	200	185	92,5	99	49,5					
36,25	37,30	105	69	65,7	30	28,6					
37,30	38,25	95	27	28,4	0	0,0					
38,25	39,25	100	72	72,0	28	28,0					
39,25	40,35	110	108	98,2	75	68,2					
40,35	41,90	155	150	96,8	144	92,9					
41,90	42,70	80	42	52,5	0	0,0					
42,70	44,70	200	173	86,5	115	57,5					
44,70	45,55	85	19	22,4	0	0,0					
45,55	46,45	90	82	91,1	49	54,4					
46,45	49,30	285	255	89,5	245	86,0					
49,30	51,05	175	148	84,6	103	58,9					
51,05	52,55	150	150	100,0	149	99,3					
52,55	55,60	305	305	100,0	287	94,1					
55,60	57,85	225	176	78,2	144	64,0					
57,85	58,80	95	93	97,9	59	62,1					
58,80	60,05	125	115	92,0	73	58,4			87,31	69,38	20,80
60,05	60,95	90	22	24,4	0	0,0					
60,95	61,55	60	34	56,7	13	21,7					
61,55	62,60	105	91	86,7	51	48,6					
62,60	64,40	180	10	5,6	0	0,0					
64,40	64,80	40	35	87,5	21	52,5					
64,80	67,85	305	302	99,0	231	75,7					
67,85	70,90	305	302	99,0	277	90,8			97,68	73,04	3,45
70,90	73,95	305	303	99,3	278	91,1					
73,95	77,00	305	302	99,0	246	80,7					
77,00	80,05	305	299	98,0	235	77,0					
80,05	81,55	150	149	99,3	123	82,0			98,91	84,60	13,70

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda		Diâm.			
Dados:	I-GPS	345	233	50	Ipueira III	Diâm.(cm)	Comp.	NW			
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	55 mm	Furo(m)	Seção			
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
							Média	Médio	(m)		
0,00	0,70	70	27	38,6	0	0,0	Serpentinó olivina orto-px. em (0,0 a 16,00)m com trechos fraturados, venulados e silicosos				
0,70	1,60	90	65	72,2	12	13,3					
1,50	2,05	45	24	53,3	0	0,0					
2,05	2,50	45	17	37,8	0	0,0					
2,50	3,60	110	50	45,5	11	10,0					
3,60	5,10	150	98	65,3	15	10,0					
5,10	6,90	180	170	94,4	116	64,4					
6,90	9,65	275	266	96,4	162	58,9					
9,65	11,65	200	184	92,0	136	68,0					
11,65	13,15	150	145	96,7	94	62,7					
13,15	13,95	80	22	27,5	0	0,0					
13,95	15,85	190	186	97,9	59	31,1					
15,85	16,55	70	58	82,9	30	42,9					
16,55	18,95	240	221	92,1	139	57,9		Pegmatito em (16,00 a 18,95)m			
18,95	22,00	305	296	97,0	245	80,3	Serpentinó olivina orto-px. em (18,95 a 37,00)m				
22,00	25,05	305	283	92,8	254	83,3					
25,05	28,05	300	292	97,3	245	81,7					
28,05	31,05	300	269	89,7	235	78,3					
31,05	33,40	235	218	92,8	196	83,4					
33,40	35,40	200	180	90,0	154	77,0					
35,40	37,45	205	177	86,3	8	3,9					
37,45	38,60	115	96	83,5	21	18,3		Cromitito lump, em (37,00 a 47,50)m			
38,60	41,40	280	270	96,4	131	46,8		Cromita dissem e com Z.falhas			
41,40	44,45	305	296	97,0	152	49,8		serpentinó silicoso	96,02	43,18	310,65
44,45	47,50	305	303	99,3	130	42,6	Serpentinó olivino orto-px em (47,50 a 91,80)m, com Zona de falha em (58,75 a 59,75)m				
47,50	50,50	300	288	96,0	156	52,0					
50,50	51,60	110	108	98,2	104	94,5					
51,60	53,65	205	201	98,0	111	54,1					
53,65	56,70	305	302	99,0	175	57,4					
56,70	59,75	305	301	98,7	231	75,7					
59,75	62,80	305	300	98,4	232	76,1					
62,80	65,85	305	302	99,0	298	97,7					
65,85	68,90	305	300	98,4	236	77,4					
68,90	71,95	305	302	99,0	247	81,0					
71,95	75,00	305	300	98,4	280	91,8					
75,00	78,05	305	305	100,0	301	98,7					
78,05	81,10	305	270	88,5	235	77,0					
81,10	83,20	210	196	93,3	120	57,1					
83,20	85,35	215	190	88,4	104	48,4					
85,35	86,35	100	82	82,0	0	0,0					
86,35	88,25	190	87	45,8	13	6,8		com Zona de falha em (80,25 a 91,80)m			
88,25	89,55	130	81	62,3	0	0,0					
89,55	91,10	155	49	31,6	10	6,5					
91,10	92,55	145	79	54,5	40	27,6	Gabro, em (91,80 a 93,85)m	90,46	65,44	43,80	
92,55	93,85	130	95	73,1	63	48,5		63,27	37,45	2,75	

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									NW		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:		Diâm.(cm)	Comp.	Seção		
Dados:	I-GPS	345	234	40	Ipueira III			Furo(m)	14R		
Manobra		Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	55 mm	Média	Médio	(m)	
0,00	1,80	180	127	70,6	90	50,0	Serpentinito olivínico orto-px, em (0,0 a 38,50)m com techos silicosos e fraturados				
1,80	3,20	140	112	80,0	65	46,4					
3,20	4,00	80	51	63,8	15	18,8					
4,00	5,50	150	146	97,3	110	73,3					
5,50	5,90	40	28	70,0	0	0,0					
5,90	7,05	115	92	80,0	0	0,0					
7,05	8,15	110	84	76,4	32	29,1					
8,15	9,05	90	66	73,3	10	11,1					
9,05	9,85	80	55	68,8	0	0,0					
9,85	10,85	100	67	67,0	0	0,0					
10,85	11,55	70	62	88,6	26	37,1					
11,55	12,95	140	119	85,0	97	69,3		Com Zona de falha, pegmatito em (13,90 a 14,40)m			
12,95	14,00	105	94	89,5	41	39,0					
14,00	15,70	170	156	91,8	73	42,9					
15,70	17,90	220	216	99,1	140	63,6					
17,90	20,80	290	276	95,2	216	74,5					
20,80	23,50	270	268	99,3	250	92,6					
23,50	25,00	150	148	98,7	118	78,7					
25,00	27,00	200	195	97,5	159	79,5					
27,00	28,80	180	176	97,8	157	87,2					
28,80	31,50	270	265	98,1	226	83,7					
31,50	34,30	280	253	90,4	240	85,7					
34,30	37,10	280	275	98,2	258	92,1					
37,10	39,45	235	230	97,9	180	76,6			90,32	63,45	39,45
39,45	40,40	95	64	67,4	20	21,1		Pegmatito (38,50 a 41,40)m			
40,40	42,50	210	206	98,1	203	96,7		Gromilito lump (41,40 a 53,00)m			
42,50	45,30	280	271	96,8	209	74,6					
45,30	46,80	150	122	81,3	41	27,3					
46,80	48,95	215	205	95,3	86	40,0					
48,95	50,15	120	110	91,7	57	47,5					
50,15	52,80	265	245	92,5	134	50,6				93,47	58,87
52,80	53,70	90	88	97,8	80	88,9		Serpentinito olivínico orto-px, em(53,00 a 59,10)m			
53,70	56,20	250	244	97,6	152	60,8					
56,20	59,10	290	246	84,8	237	81,7			91,75	74,44	6,30

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									NQ		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área:	Diâm.(cm)		Comp.	Seção		
Dados:	I-GPS	345	242	60	Ipueira III	47 mm		Furo(m)	15R		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		Média	Médio	(m)	
0,00	0,75	75	24	32,0	0	0,0	Serpentinó olivina orto-px, (0,00 a 41,00)m com manchas esbranquiadas, vênulos e silicosos nas fraturas				
0,75	1,65	90	11	12,2	0	0,0					
1,65	2,15	50	41	82,0	13	28,0					
2,15	2,90	75	21	28,0	0	0,0					
2,90	4,00	110	101	91,8	88	80,0					
4,00	7,05	305	286	93,8	170	55,7					
7,05	10,10	305	290	95,1	269	88,2					
10,10	13,15	305	300	98,4	237	77,7					
13,15	15,40	225	223	99,1	186	82,7					
15,40	17,75	235	205	87,7	170	72,3					
17,75	19,60	185	180	97,3	165	89,2					
19,60	20,20	60	42	70,0	20	33,3					
20,20	20,80	60	55	91,7	42	70,0					
20,80	22,35	155	153	98,7	115	74,2		com Zona de falha em (23,35 a 24,90)m			
22,35	24,90	255	250	98,0	220	86,3					
24,90	26,90	200	200	100,0	176	88,0					
26,90	29,95	305	299	98,0	273	89,5					
29,95	32,40	245	222	90,6	162	66,1					
32,40	34,50	210	136	64,8	122	58,1					
34,50	35,65	115	49	42,6	34	29,6					
35,65	36,75	110	58	52,7	23	20,9	com Zona de falha em (35,65 a 37,00)m				
36,75	39,00	225	221	98,2	205	91,1					
39,00	41,65	265	264	99,6	219	82,6			87,20	69,84	41,65
41,65	42,80	115	91	79,1	36	31,3	Cromitito lump (41,50 a 51,70)m com Cromita disseminada				
42,80	45,05	225	217	96,4	104	46,2					
45,05	46,10	105	102	97,1	61	58,1					
46,10	49,15	305	261	85,6	185	60,7					
49,15	51,40	225	189	84,0	110	48,9			88,21	50,87	30,51
51,40	53,70	230	172	74,8	144	62,6	Serpentinó Olivina orto-px em (51,70 a 70,45)m com trechos fraturados, venulados e silicosos				
53,70	56,05	235	235	100,0	229	97,4					
56,05	58,25	220	202	91,8	162	73,6					
58,25	61,30	305	295	96,7	265	86,9					
61,30	64,35	305	301	98,7	298	97,7					
64,35	67,40	305	269	88,2	212	69,5					
67,40	69,60	220	218	99,1	183	83,2					
69,60	70,45	85	81	95,3	77	90,6			93,07	82,41	19,05

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data			
							Ref. da Sonda		Diâm.	
									NQ	
Ref. Furo:	Local	G. Pesq	Furo	Inclin.	Área:	Diâm.(cm)		Comp.	Seção	
Dados:	I-GPS	345	241	50	Ipueira III	47 mm		Furo(m)	15R	
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		Média	Médio	(m)
0,00	1,00	100	6	6,0	0	0,0				
1,00	2,10	110	30	27,3	0	0,0				
2,10	3,50	140	126	90,0	112	80,0				
3,50	6,55	305	304	99,7	253	83,0				
6,55	9,60	305	298	97,7	291	95,4				
9,60	12,65	305	292	95,7	226	74,1				
12,65	15,70	305	293	96,1	257	84,3				
15,70	18,75	305	292	95,7	235	77,0				
18,75	21,80	305	300	98,4	234	76,7				
21,80	22,80	100	96	96,0	45	45,0				
22,80	24,15	135	57	42,2	29	21,5				
24,15	25,80	165	160	97,0	114	69,1				
25,80	27,20	140	113	80,7	57	40,7				
27,20	28,10	90	87	96,7	36	40,0				
28,10	30,60	250	247	98,8	223	89,2				
30,60	33,65	305	292	95,7	258	84,6				
33,65	36,70	305	305	100,0	291	95,4				
36,70	39,75	305	288	94,4	276	90,5				
39,75	42,80	305	300	98,4	256	83,9				
42,80	45,35	255	245	96,1	176	69,0				
45,35	47,35	200	194	97,0	173	86,5				
47,35	49,30	195	182	93,3	145	74,4				
49,30	51,90	260	260	100,0	259	99,6				
51,90	53,10	120	114	95,0	66	55,0				
53,10	54,90	180	171	95,0	126	70,0				
54,90	57,95	305	304	99,7	296	97,0				
57,95	59,80	185	176	96,2	139	75,1				
59,80	60,55	75	50	66,7	24	32,0				
60,55	61,00	45	31	68,9	0	0,0				
61,00	61,85	85	59	69,4	11	12,9				
61,85	64,05	220	200	90,9	173	78,6				
64,05	65,55	150	117	78,0	45	30,0		91,40	73,62	65,55
65,55	67,10	155	72	46,5	22	14,2				
67,10	68,10	100	70	70,0	48	48,0				
68,10	68,65	55	52	94,5	27	49,1				
68,65	71,40	275	259	94,2	200	72,7				
71,40	73,10	170	169	99,4	114	67,1				
73,10	74,80	170	170	100,0	136	80,0				
74,80	76,10	130	125	96,2	94	72,3				
76,10	78,55	245	225	91,8	155	63,3		95,69	69,47	10,45

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda				
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área:		Diâm.(cm)		Diâm.		
Dados:							35 mm		BQ	Seção	
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		REC(%)	RQD(%)	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)				Média	Médio	(m)
0,00	0,50	50	27	54,0	10						
0,50	1,00	50	39	78,0	0						
1,00	1,50	50	33	66,0	11						
1,50	2,50	100	66	66,0	0						
2,50	3,65	115	103	89,6	36						
3,65	4,75	110	108	98,2	70						
4,75	6,55	180	164	91,1	93						
6,55	8,10	155	152	98,1	113						
8,10	9,60	150	143	95,3	120						
9,60	11,90	230	196	85,2	104						
11,90	14,25	235	220	93,6	167						
14,25	15,80	155	155	100,0	151						
15,80	17,50	170	162	95,3	67						
17,50	18,70	120	117	97,5	74						
18,70	21,00	230	183	79,6	112						
21,00	22,20	120	53	44,2	0						
22,20	23,35	115	102	88,7	44						
23,35	26,25	290	286	98,6	279						
26,25	29,30	305	276	90,5	198						
29,30	31,90	260	155	59,6	73				85,89	53,98	31,90
31,90	32,90	60	33	55,0	0						
32,90	33,50	100	42	42,0	0						
33,50	34,05	55	22	40,0	0						
34,05	35,50	145	102	70,3	32						
35,50	37,00	150	125	83,3	47						
37,00	38,55	155	128	82,6	40						
38,55	41,60	305	196	64,3	117						
41,60	44,60	300	300	100,0	265						
44,60	47,65	305	305	100,0	296						
47,65	49,20	155	93	60,0	28				77,80	47,69	47,30
49,20	52,25	305	305	100,0	300						
52,25	55,30	305	300	98,4	300				99,18	98,36	8,10

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data					
							Ref. da Sonda			Diâm.		
										BQ		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Diâm (cm)						
Dados:	I-GPS	345	521	45W	Ipueira III	35 mm			Seção			
Manobra	Avan	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição			REC(%)	RQD(%)	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)				Média	Médio	(m)
0,00	0,50	50	21	42,0	10	20,0	Serpentinó olivina orto-px. (0,00 a 37,15)m com trechos fraturados, venulados e silicosos					
0,50	1,00	50	22	44,0	13	26,0						
1,00	2,00	100	28	28,0	15	15,0						
2,00	3,00	100	37	37,0	10	10,0						
3,00	3,70	70	60	85,7	17	24,3						
3,70	5,15	145	145	100,0	142	97,9						
5,15	6,55	140	140	100,0	120	85,7						
6,55	8,20	165	157	95,2	121	73,3						
8,20	9,60	140	138	98,6	109	77,9						
9,60	12,65	305	302	99,0	198	64,9						
12,65	15,70	305	303	99,3	210	68,9						
15,70	18,35	265	260	98,1	200	75,5						
18,35	19,30	95	82	86,3	75	78,9						
19,30	20,55	125	125	100,0	125	100,0						
20,55	21,85	130	129	99,2	129	99,2						
21,85	24,95	310	305	98,4	302	97,4						
24,95	28,00	305	305	100,0	254	83,3						
28,00	31,05	305	302	99,0	283	92,8						
31,05	34,10	305	305	100,0	261	85,6						
34,10	37,15	305	297	97,4	273	89,5						
									93,22	77,17	37,15	
37,15	39,40	225	223	99,1	193	85,8	Cromilito lump. (37,15 a 39,80)m	99,11	85,78	2,25		
39,40	40,60	120	115	95,8	108	90,0	Serpentinó olivina orto-px. em (39,80 a 74,00)m					
40,60	42,55	195	195	100,0	195	100,0						
42,55	44,30	175	166	94,9	162	92,6						
44,30	46,30	200	198	99,0	181	90,5						
46,30	47,85	155	154	99,4	122	78,7						
47,85	48,95	110	107	97,3	67	60,9						
48,95	50,65	170	155	91,2	95	55,9						
50,65	51,60	95	93	97,9	75	78,9						
51,60	53,80	220	203	92,3	161	73,2						
53,80	55,40	160	158	98,7	158	98,7						
55,40	56,90	150	150	100,0	141	94,0						
56,90	58,45	155	155	100,0	155	100,0						
58,45	60,00	155	153	98,7	101	65,2						
60,00	61,50	150	146	97,3	145	96,7						
61,50	64,55	305	301	98,7	273	89,5						
64,55	67,60	305	302	99,0	287	94,1		com Cromita disseminada em (68,70 a 69,50)m				
67,60	70,65	305	297	97,4	274	89,8						
70,65	73,70	305	305	100,0	288	94,4				97,76	87,11	34,30
73,70	75,60	190	180	94,7	141	74,2		Gabro em (74,00 a 103,70)m com trechos fraturados micáceo e trechos alterados				
75,60	76,80	120	117	97,5	84	70,0						
76,80	78,95	215	185	86,0	113	52,6						
78,95	79,95	100	98	98,0	93	93,0						
79,95	81,50	155	151	97,4	142	91,6						
81,50	83,05	155	115	74,2	84	54,2						
83,05	84,95	190	76	40,0	26	13,7						
84,95	86,20	125	121	96,8	112	89,6						
86,20	87,75	155	95	61,3	55	35,5						
87,75	89,25	150	141	94,0	137	91,3						
89,25	90,80	155	120	77,4	71	45,8						
90,80	91,40	60	44	73,3	0	0,0						
91,40	92,25	85	80	94,1	60	70,6						
92,25	93,05	80	76	95,0	42	52,5						
93,05	95,30	225	222	98,7	142	63,1						
95,30	97,30	200	181	90,5	97	48,5						
97,30	98,40	110	106	96,4	69	62,7						
98,40	100,00	160	157	98,1	89	55,6						
100,00	101,40	140	121	86,4	50	35,7						
101,40	103,70	230	163	70,9	87	37,6				84,97	56,47	30,00

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data			
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda		Diâm.		
Dados:	I-GPS	345	517	65	Ipuçira III	Diâm.(cm)		BQ		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		Seção		
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
							Média	Médio	(m)	
0,00	1,00	100	16	16,0	0	0,0	Serpentinó olivina orto-px com (0,00 a 43,65)m com trechos fraturados, venulados e silicosos			
1,00	3,35	235	198	84,3	126	53,6				
3,35	5,15	180	160	88,9	120	66,7				
5,15	6,85	170	170	100,0	167	98,2				
6,85	7,90	105	98	93,3	53	50,5				
7,90	9,90	200	190	95,0	148	74,0				
9,90	11,40	150	130	86,7	82	54,7				
11,40	12,90	150	145	96,7	98	65,3				
12,90	14,70	180	163	90,5	136	75,6				
14,70	16,20	150	142	94,7	133	88,7				
16,20	19,25	305	297	97,4	265	86,9				
19,25	22,30	305	300	98,4	256	83,9				
22,30	25,35	305	298	97,7	203	66,6				
25,35	26,85	150	150	100,0	150	100,0				
26,85	28,40	155	155	100,0	144	92,9				
28,40	31,45	305	300	98,4	210	68,9				
31,45	33,00	155	151	97,4	103	66,5				
33,00	34,50	150	150	100,0	134	89,3				
34,50	37,50	300	143	47,7	130	43,3				
37,50	39,30	180	180	100,0	131	72,8				
39,30	40,50	120	120	100,0	93	77,5				
40,50	43,55	305	301	98,7	271	88,9	90,86	72,40	43,55	
43,55	45,05	150	150	100,0	135	90,0				
45,05	46,55	150	133	88,7	89	59,3				
46,55	48,75	220	195	88,6	180	81,8				
48,75	49,65	90	88	97,8	87	96,7	92,79	80,49	6,00	
49,65	52,65	300	300	100,0	245	81,7				
52,65	55,65	300	297	99,0	284	94,7	99,50	88,17	6,00	
55,65	58,70	305	305	100,0	300	98,4				
58,70	61,75	305	296	97,0	283	92,8				
61,75	64,80	305	301	98,7	299	98,0				
64,80	67,85	305	300	98,4	300	98,4				
67,85	70,90	305	305	100,0	293	96,1				
70,90	73,95	305	302	99,0	257	84,3	98,85	94,64	18,30	
73,95	77,00	305	302	99,0	294	96,4				
77,00	80,05	305	303	99,3	260	85,2				
80,05	81,50	145	126	86,9	122	81,1	96,82	89,54	7,55	

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data			
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda		Diâm.		
Dados:	I-GP	345	567	80W	Ipuçira III	Diâm.(cm)		BQ		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		Seção		
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
							Média	Médio	(m)	
0,00	0,90	90	83	92,2	54	60,0	Serpentinó olivina orto-px. (0,00 a 48,60)m com trechos fraturados, venulados, silicosos e trecho com pegmatito intercalado			
0,90	3,90	300	298	99,3	288	96,0				
3,90	5,40	150	150	100,0	144	96,0				
5,40	8,40	300	300	100,0	285	95,0				
8,40	11,40	300	296	98,7	280	93,3				
11,40	14,40	300	300	100,0	225	75,0				
14,40	17,40	300	299	99,7	285	95,0				
17,40	20,40	300	300	100,0	300	100,0				
20,40	23,40	300	292	97,3	270	90,0				
23,40	26,40	300	298	99,3	281	93,7				
26,40	29,40	300	300	100,0	288	96,0				
29,40	32,40	300	298	99,3	284	94,7				
32,40	35,40	300	300	100,0	260	86,7				
35,40	36,90	150	143	95,3	143	95,3				
36,90	39,90	300	300	100,0	238	79,3		99,17	90,85	39,90
39,90	42,90	300	287	95,7	176	58,7				
42,90	45,90	300	296	98,7	263	87,7				
45,90	48,90	300	274	91,3	143	47,7		95,00	67,67	6,00
48,90	51,90	300	268	89,3	150	50,0				
51,90	54,90	300	264	88,0	138	46,0		88,67	48,00	6,00
54,90	57,90	300	282	94,0	240	80,0				
57,90	60,90	300	268	89,3	176	58,7	91,67	69,33	6,00	
60,90	62,40	150	136	90,7	61	40,7				
62,40	65,40	300	222	74,0	157	52,3				
65,40	66,90	150	79	52,7	23	15,3	72,83	40,17	6,00	

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda	Diâm.				
Dados:	I-GP	345	520	25	Ipueira III	Diâm.(cm)	BQ				
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	35 mm	17R				
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Descrição	REC(%)	RQD(%)	Comp.	
							Média	Médio	(m)		
0,00	1,00	100	42	42,0	0	0,0	Serpentinolite olivina orto-px. (0,00 a 37,20)m com trechos fraturados, venulados e silicosos				
1,00	2,00	100	41	41,0	0	0,0					
2,00	3,30	130	110	84,6	48	36,9					
3,30	4,30	100	97	97,0	78	78,0					
4,30	5,75	145	130	89,7	97	66,9					
5,75	7,75	200	200	100,0	200	100,0					
7,75	9,10	135	125	92,6	104	77,0					
9,10	12,15	305	300	98,4	300	98,4					
12,15	15,20	305	290	95,1	274	89,8					
15,20	17,95	275	228	82,9	133	48,4					
17,95	20,05	210	162	77,1	100	47,6					
20,05	21,60	155	155	100,0	155	100,0					
21,60	24,45	285	267	93,7	250	87,7					
24,45	27,50	305	300	98,4	297	97,4					
27,50	29,05	155	154	99,4	114	73,5					
29,05	30,60	155	151	97,4	134	86,5					
30,60	33,65	305	300	98,4	293	96,1					
33,65	36,70	305	302	99,0	269	88,2					
36,70	39,25	255	244	95,7	142	55,7		Cromitito lump (37,20 a 39,80)m	95,69	55,7	21,55
39,25	41,65	240	230	95,8	153	63,8		Serpentinolite olivina orto-px. em (39,80 a 44,90)m	96,33	73,94	5,45
41,65	44,70	305	295	96,7	250	82,0		Cromitito lump. (44,90 a 50,30)m com venulações carbonáticas			
44,70	46,55	185	180	97,3	162	87,6					
46,55	47,05	50	37	74,0	16	32,0					
47,05	47,95	90	81	90,0	63	70,0					
47,95	49,40	145	145	100,0	127	87,6		94,26	78,30	4,70	
49,40	51,55	215	215	100,0	141	65,6	Serpentinolite olivina orto-px. (50,30 a 55,00)m com pegmatito em (54,60 a 55,00)m	93,71	77,00	7,00	
51,55	54,60	305	305	100,0	300	98,4	Serpentinolite Orto.px.Oliv em (54,60 a 71,70)m				
54,60	56,40	180	136	75,6	98	54,4					
56,40	59,45	305	300	98,4	222	72,8					
59,45	62,40	295	281	95,3	233	79,0					
62,40	65,40	300	298	99,3	278	92,7					
65,40	68,35	295	295	100,0	277	93,9					
68,35	70,75	240	231	96,2	128	53,3		97,91	79,30	14,35	
70,75	72,75	200	92	46,0	21	10,5	Pegmatito em (71,70 a 74,30)m				
72,75	74,30	155	72	46,5	0	0,0					
74,30	77,00	270	233	86,3	172	63,7	Serpentinolite Orto.px.Oliv em (74,30 a 77,85)m	84,78	58,21	3,35	
77,00	77,85	65	51	78,5	23	35,4					

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
							Ref. da Sonda		Diâm.
									BQ
Ref. Furo:	Local	G. Pesq	Furo	Inclin.	Área		Diâm. (cm)		Seção
Dados:	I-GP	345	573	50W	Ipueira III		35 mm		18R
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		Soma
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Δ L	RQD(%)	Comp. (m)
0,00	0,90	90	75	83,3	0	0,0	0,00		
0,90	3,90	300	288	96,0	199	66,3	199,00		
3,90	6,90	300	293	97,7	266	88,7	266,00		
6,90	9,90	300	249	83,0	160	53,3	160,00		
9,90	12,90	300	300	100,0	290	96,7	290,00		
12,90	15,90	300	300	100,0	298	99,3	298,00		
15,90	17,40	150	150	100,0	134	89,3	134,00		
17,40	20,40	300	286	95,3	236	78,7	236,00		
20,40	23,40	300	296	98,7	252	84,0	252,00		
23,40	26,40	300	300	100,0	245	81,7	245,00		
26,40	29,40	300	300	100,0	290	96,7	290,00		
29,40	32,40	300	291	97,0	249	83,0	249,00		
32,40	35,40	300	300	100,0	277	92,3	277,00		
35,40	36,90	150	150	100,0	132	88,0	132,00		
36,90	39,90	300	300	100,0	281	93,7	281,00	82,93	39,90
39,90	42,90	300	280	93,3	159	53,0	159,00		
42,90	45,90	300	289	96,3	212	70,7	212,00	61,83	6,00
45,90	48,90	300	300	100,0	233	77,7	233,00		
48,90	51,90	300	294	98,0	248	82,7	248,00		
51,90	53,40	150	150	100,0	130	86,7	130,00		
53,40	56,40	300	282	94,0	198	66,0	198,00		
56,40	59,40	300	284	94,7	201	67,0	201,00	74,81	13,50
59,40	62,40	300	287	95,7	122	40,7	122,00		
62,40	65,40	300	300	100,0	238	79,3	238,00		
65,40	68,40	300	290	96,7	193	64,3	193,00		
68,40	71,40	300	300	100,0	291	97,0	291,00	70,33	12,00
71,40	74,40	300	294	98,0	285	95,0	285,00		
74,40	75,90	150	133	88,7	115	76,7	115,00		
75,90	78,90	300	277	92,3	179	59,7	179,00		
78,90	81,90	300	239	79,7	164	54,7	164,00		
81,90	84,20	230	92	40,0	41	17,8	41,00	61,25	12,80

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
							Ref. da Sonda		Diâm.
									BQ
Ref. Furo:	Local	G. Pesq	Furo	Inclin.	Área		Diâm. (cm)		Seção
Dados:	I-GP	345	570	25W	Ipueira III		35 mm		18R
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD		Descrição		Soma
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Δ L	RQD(%)	Comp. (m)
0,00	0,80	80	73	91,3	0	0,0	0,00		
0,80	2,30	150	143	95,3	82	54,7	82,00		
2,30	5,30	300	295	98,3	235	78,3	235,00		
5,30	8,30	300	300	100,0	297	99,0	297,00		
8,30	11,30	300	294	98,0	286	95,3	286,00		
11,30	14,30	300	300	100,0	267	89,0	267,00		
14,30	17,30	300	300	100,0	228	76,0	228,00		
17,30	20,30	300	296	98,7	224	74,7	224,00		
20,30	23,30	300	300	100,0	257	85,7	257,00		
23,30	26,30	300	296	98,7	221	73,7	221,00		
26,30	29,30	300	300	100,0	267	89,0	267,00		
29,30	32,30	300	299	99,7	288	96,0	288,00		
32,30	35,30	300	298	99,3	252	84,0	252,00		
35,30	38,30	300	298	99,3	253	84,3	253,00		
38,30	41,30	300	293	97,7	224	74,7	224,00	81,86	41,30
41,30	44,30	300	293	97,7	264	88,0	264,00	88,00	3,00
44,30	45,80	150	150	100,0	150	100,0	150,00		
45,80	48,80	300	300	100,0	262	87,3	262,00		
48,80	51,80	300	300	100,0	247	82,3	247,00		
51,80	54,80	300	300	100,0	280	93,3	280,00		
54,80	57,80	300	256	85,3	149	49,7	149,00		
57,80	60,00	220	220	100,0	219	99,5	219,00	83,25	15,70

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda	Diâm.		
Dados:	I-GP	345	576	37	Ipueira III	Diâm. (cm)	BQ		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição	Soma	Média	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Δ L	RQD(%)	(m)
0,00	0,90	90	69	76,7	0	0,0	0,00		
0,90	3,90	300	287	95,7	170	56,7	170,00		
3,90	6,90	300	300	100,0	246	82,0	246,00		
6,90	9,90	300	300	100,0	253	84,3	253,00		
9,90	12,90	300	300	100,0	282	94,0	282,00		
12,90	15,90	300	299	99,7	253	84,3	253,00		
15,90	18,90	300	282	94,0	220	73,3	220,00		
18,90	21,90	300	300	100,0	248	82,7	248,00		
21,90	24,90	300	299	99,7	285	95,0	285,00		
24,90	27,90	300	300	100,0	297	99,0	297,00		
27,90	30,90	300	300	100,0	241	80,3	241,00		
30,90	33,90	300	299	99,7	242	80,7	242,00		
33,90	36,90	300	292	97,3	247	82,3	247,00		
36,90	39,90	300	298	99,3	280	93,3	280,00		
39,90	42,90	300	286	95,3	182	60,7	182,00	80,33	42,90
42,90	45,90	300	282	94,0	127	42,3	127,00	42,3	3,00
45,90	48,90	300	300	100,0	274	91,3	274,00		
48,90	51,90	300	300	100,0	254	84,7	254,00		
51,90	54,90	300	298	99,3	271	90,3	271,00		
54,90	56,40	150	150	100,0	117	78,0	117,00		
56,40	59,40	300	300	100,0	288	96,0	288,00		
59,40	61,40	200	185	92,5	95	47,5	95,00	83,81	15,50

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:	Ref. da Sonda	Diâm.		
Dados:	I-GP	345	548	65W	Ipueira III	Diâm. (cm)	BQ		
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição	Soma	Média	Comp.
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Δ L	RQD(%)	(m)
0,00	2,20	220	180	81,8	42	19,1	42,00		
2,20	5,20	300	262	87,3	179	59,7	179,00		
5,20	8,20	300	294	98,0	264	88,0	264,00		
8,20	11,20	300	293	97,7	267	89,0	267,00		
11,20	14,20	300	292	97,3	246	82,0	246,00		
14,20	17,20	300	294	98,0	282	94,0	282,00		
17,20	20,20	300	242	80,7	133	44,3	133,00		
20,20	23,20	300	241	80,3	117	39,0	117,00		
23,20	26,20	300	242	80,7	125	41,7	125,00		
26,20	29,20	300	290	96,7	274	91,3	274,00	66,06	29,20
29,20	32,20	300	286	95,3	260	86,7	260,00		
32,20	35,20	300	287	95,7	236	78,7	236,00	82,67	6,00
35,20	38,20	300	299	99,7	274	91,3	274,00		
38,20	41,20	300	290	96,7	247	82,3	247,00		
41,20	44,20	300	289	96,3	253	84,3	253,00		
44,20	45,70	150	149	99,3	141	94,0	141,00		
45,70	48,70	300	281	93,7	245	81,7	245,00	85,93	13,50
48,70	51,70	300	287	95,7	250	83,3	250,00		
51,70	54,70	300	279	93,0	227	75,7	227,00	79,50	6,00
54,70	57,70	300	300	100,0	280	93,3	280,00		
57,70	60,70	300	287	95,7	264	88,0	264,00		
60,70	61,80	110	100	90,9	45	40,9	45,00	82,96	7,10

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data			
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área:	Ref. da Sonda		Diâm.		
Dados:	I-GP	345	550	82W	Ipueira III	Diâm.(cm)		BQ		
Manobra	Avan.	Rec	Rec	RQD	RQD	Descrição		Seção		
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Soma	Média		
							A L	RQD(%)	Comp.	
									(m)	
0,00	2,60	260	233	89,6	90	34,6	Serpentinó olivina orto-px.	90,00		
2,60	5,60	300	290	96,7	245	81,7	(0,00 a 34,00)m	245,00		
5,60	8,60	300	287	95,7	254	84,7	com trechos fraturados ,	254,00		
8,60	11,60	300	272	90,7	168	56,0	venulados e silicosos	168,00		
11,60	14,60	300	254	84,7	122	40,7		122,00		
14,60	17,60	300	291	97,0	276	92,0		276,00		
17,60	20,60	300	292	97,3	253	84,3		253,00		
20,60	23,60	300	279	93,0	169	56,3		169,00		
23,60	26,60	300	296	98,7	256	85,3		256,00		
26,60	29,60	300	257	89,0	184	61,3		184,00		
29,60	32,60	300	287	95,7	157	52,3		157,00		
32,60	35,60	300	270	90,0	147	49,0		147,00	65,20	35,60
35,60	38,60	300	283	94,3	198	66,0	Pegmatito em (34,00 a 37,90)m	198,00		
38,60	40,10	150	144	96,0	118	78,7	Gabro em (37,90 a 60,00)m	118,00		
40,10	43,10	300	278	92,7	204	68,0	com trechos esbranquisado e	204,00		
43,10	46,10	300	283	94,3	230	76,7	alterados (silicosos), com	230,00		
46,10	49,10	300	291	97,0	192	64,0	zona de falha (40,10 a 41,10)m	192,00		
49,10	50,60	150	150	100,0	143	95,3		143,00		
50,60	53,60	300	282	94,0	228	76,0		228,00		
53,60	56,60	300	282	94,0	216	72,0		216,00		
56,60	59,60	300	286	95,3	152	50,7		152,00	70,62	21,00
59,60	61,10	150	133	88,7	87	58,0	com Veio de Qz (60,00 a 62,10)m	87,00		
61,10	64,10	300	260	86,7	131	43,7	Gabro em (62,10 a 77,60)m	131,00		
64,10	67,10	300	285	95,0	223	74,3	com trechos esbranquisado e	223,00		
67,10	70,10	300	269	89,7	117	39,0	alterados (silicosos)	117,00		
70,10	71,60	150	150	100,0	116	77,3		116,00		
71,60	73,60	200	194	97,0	175	87,5		175,00		
73,60	76,60	300	288	96,0	209	69,7		209,00	62,65	15,50
76,60	79,60	300	280	93,3	170	56,7	Cromitito lump	170,00		
79,60	82,60	300	277	92,3	210	70,0	em (77,60 a 82,60)m	210,00	63,33	6,00
82,60	84,10	150	84	56,0	43	28,7	Serpentinó olivina orto-px.	43,00		
84,10	87,10	300	244	81,3	195	65,0	em (82,60 a 88,60)m	195,00	57,17	6,00
87,10	88,60	150	140	93,3	105	70,0		105,00		
88,60	91,60	300	215	71,7	109	36,3	Serpentinó orto-px.olivina.	109,00		
91,60	93,10	150	105	70,0	57	38,0	em (88,60 a 93,10)m	57,00	36,89	4,50

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data			
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.	Área:	Ref. da Sonda		Diâm.		
Dados:	I-GP	345	545	25W	Ipueira III	Diâm.(cm)		Seção		
Manobra	Avan.	Rec	Rec	RQD	RQD	Descrição		20R		
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	Soma	Média		
							A L	RQD(%)	Comp.	
									(m)	
0,00	2,50	250	80	32,0	21	8,4	Serpentinó olivina orto-px.	21,00		
2,50	5,50	300	272	90,7	121	40,3	(0,00 a 27,10)m	121,00		
5,50	8,50	300	290	96,7	272	90,7	com trechos silicosos e venulados	272,00		
8,50	11,50	300	300	100,0	297	99,0	compacto a semi-compacto	297,00		
11,50	14,50	300	293	97,7	228	76,0		228,00		
14,50	17,50	300	283	94,3	188	62,7		188,00		
17,50	20,50	300	300	100,0	212	70,7		212,00		
20,50	23,50	300	296	98,7	292	97,3	com Pegmatito esbranq. Qz feldspato	292,00		
23,50	26,50	300	294	98,0	160	53,3	em (25,50 a 27,10)m	160,00	67,58	26,50
26,50	29,50	300	290	96,7	238	79,3	Cromitito lump (27,10 a 35,60)m	238,00		
29,50	32,50	300	293	97,7	272	90,7	com Cromita disseminada	272,00		
32,50	35,50	300	292	97,3	266	88,7		266,00	86,22	9,00
35,50	38,50	300	288	96,0	227	75,7	Serpentinó olivina orto-px.	227,00		
38,50	41,50	300	286	95,3	224	74,7	(35,60 a 53,80)m	224,00		
41,50	44,50	300	293	97,7	216	72,0	com trechoa fraturados, venulados	216,00		
44,50	47,50	300	298	99,3	236	78,7	e alterados	236,00		
47,50	50,50	300	271	90,3	210	70,0		210,00		
50,50	53,50	300	209	69,7	30	10,0	com Zona de falha (50,60 a 53,80)m	30,00		
53,50	53,80	30	7	23,3	0	0,0		0,00	62,46	18,30

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data		
							Ref. da Sonda		Diâm.
									NO
Ref. Furo:	Local	G. Pesc	Furo	Inclin.	Área:	Diâm. (cm)		Seção	
Dados:	I-GP	345	524	45	Ipueira III			21R	
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	ROD	Descrição		Soma	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)		AL	
							Média	Comp.	
							RQD(%)	(m)	
0,00	0,60	60	33	55,0	0	0,0		0,00	
0,60	1,65	105	90	85,7	65	61,9	Serpentinolite olivina orto px.	65,00	
1,65	3,45	180	155	86,1	94	52,2	em (0,00 a 20,20)m	94,00	
3,45	4,45	100	49	49,0	10	10,0	com trechos fraturados,	10,00	
4,45	5,50	105	75	71,4	36	34,3	ventilados e silicosos	36,00	
5,50	6,00	50	33	66,0	25	50,0		25,00	
6,00	7,40	140	126	90,0	82	58,6	com Z. de falha em	82,00	
7,40	8,80	140	112	80,0	84	60,0	(11,80 a 12,75)m	84,00	
8,80	10,65	185	152	82,2	114	61,6		114,00	
10,65	11,80	115	59	51,3	15	13,0		15,00	
11,80	12,75	95	49	51,6	17	17,9		17,00	
12,75	13,80	105	94	89,5	86	81,9		86,00	
13,80	15,30	150	139	92,7	111	74,0		111,00	
15,30	17,75	245	244	99,6	190	77,6		190,00	
17,75	19,85	210	201	95,7	186	88,6		186,00	
19,85	20,70	85	85	100,0	60	70,6		60,00	56,76
20,70	22,90	220	209	95,0	189	85,9	Pegmatito.		
22,90	23,95	105	84	80,0	55	52,4	em (20,20 a 24,65)m		
23,95	24,65	70	50	71,4	23	32,9	com Zona de falha		
24,65	25,65	100	100	100,0	73	73,0	Cromitito lump		
25,65	26,20	55	45	81,8	25	45,5	em (24,65 a 29,20)m.		
26,20	27,40	120	108	90,0	77	64,2	com Cromita disseminada		
27,40	29,20	180	170	94,4	128	71,1			66,59
29,20	30,55	135	128	94,8	100	74,1	Serpentinolite olivina ortopx.	100,00	
30,55	32,05	150	130	86,7	123	82,0	em (29,20 a 36,70)m	123,00	
32,05	33,75	170	158	92,9	105	61,8		105,00	
33,75	35,00	125	125	100,0	101	80,8		101,00	
35,00	36,70	170	157	92,4	141	82,9		141,00	76,00
36,70	37,70	100	96	96,0	77	77,0	Serpent. Orto. px. oliv	77,00	
37,70	38,50	80	72	90,0	34	42,5	em (36,70 a 56,55)m	34,00	
38,50	39,70	120	120	100,0	109	90,8		109,00	
39,70	41,00	130	120	92,3	85	65,4	com Cromita disseminada	85,00	
41,00	42,45	145	145	100,0	137	94,5	em (41,00 a 43,40)m	137,00	
42,45	43,85	140	135	96,4	108	77,1		108,00	
43,85	45,85	200	200	100,0	196	98,0	com trechos fraturados,	196,00	
45,85	47,45	160	157	98,1	157	98,1	ventilados e silicosos	157,00	
47,45	50,10	265	265	100,0	265	100,0	em (43,40 a 55,95)m	265,00	
50,10	51,80	170	164	96,5	130	76,5		130,00	
51,80	53,10	130	128	98,5	110	84,6		110,00	
53,10	53,85	75	75	100,0	72	96,0		72,00	
53,85	54,90	105	95	90,5	69	65,7		69,00	
54,90	55,95	105	87	82,9	50	47,6	com Ortopiroxenito	50,00	
55,95	56,55	60	55	91,7	42	70,0	em (55,95 a 56,55)m	42,00	82,67
56,55	57,35	80	60	75,0	42	52,5		42,00	19,85
57,35	58,75	140	135	96,4	88	62,9	Gabro, em (56,55 a 83,00)m,	88,00	
58,75	61,00	225	224	99,6	189	84,0	com trechos em	189,00	
61,00	62,50	150	147	98,0	130	86,7	pontos esbraquiados,	130,00	
62,50	63,65	115	76	66,1	52	45,2	micaceo e semi-alterados.	52,00	
63,65	64,60	95	62	65,3	14	14,7	com Z. de falha em	14,00	
64,60	65,20	60	31	51,7	0	0,0	(63,20 a 68,40)m	0,00	
65,20	66,50	130	86	66,2	36	27,7		36,00	
66,50	67,05	55	45	81,8	36	65,5		36,00	
67,05	68,40	135	68	50,4	22	16,3		22,00	
68,40	70,15	175	175	100,0	175	100,0		175,00	
70,15	70,85	70	66	94,3	24	34,3		24,00	
70,85	72,20	135	134	99,3	100	74,1		100,00	
72,20	73,20	100	100	100,0	87	87,0		87,00	
73,20	74,80	160	132	82,5	89	55,6		89,00	
74,80	76,25	145	144	99,3	108	74,5		108,00	
76,25	77,70	145	134	92,4	61	42,1		61,00	
77,70	79,30	160	156	97,5	111	69,4		111,00	
79,30	80,90	160	114	71,2	82	51,2		82,00	
80,90	81,50	60	45	75,0	10	16,7		10,00	
81,50	82,35	85	85	100,0	51	60,0		51,00	58,41
82,35	83,95	160	95	59,4	48	30,0	Serpentina marmore		25,80
83,95	84,20	25	19	76,0	16	64,0	em (83,00 a 87,10)m		
84,20	85,45	125	125	100,0	125	100,0			
85,45	87,10	165	158	95,8	158	95,8			

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data					
							Ref. da Sonda		Diâm.			
									NQ			
Ref. Furo:	Local	G. Pesq	Furo	Inclín.	Área		Diâm. (cm)					
Dados:	I-GP	345	527	25	Ipueira III		21R					
Manobra	Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição			Soma	Média	Comp.	
De	Até	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)				Δ L	RQD(%)	(m)
0,00	0,60	60	43	71,7	0	0,0	Serpentinó olivina orto-px.			0,0		
0,60	1,30	70	65	92,9	25	35,7	em (0,00 a 42,30)m.			25,0		
1,30	2,05	75	56	74,7	16	21,3	com trechos fraturados, venulados e silicosos			16,0		
2,05	2,80	75	55	73,3	12	16,0				12,0		
2,80	4,65	185	174	94,1	86	46,5				86,0		
4,65	6,10	145	132	91,0	78	53,8				78,0		
6,10	7,70	160	160	100,0	114	71,3				114,0		
7,70	9,15	145	142	97,9	119	82,1				119,0		
9,15	10,40	125	120	96,0	95	76,0	com Pegmat. esbranq. Fraturado em (10,15 a 10,40)m			95,0		
10,40	12,20	180	168	93,3	160	88,9				160,0		
12,20	13,80	160	144	90,0	112	70,0				112,0		
13,80	15,25	145	142	97,9	104	71,7				104,0		
15,25	18,30	305	304	99,7	240	78,7				240,0		
18,30	21,35	305	284	93,1	257	84,3				257,0		
21,35	24,40	305	289	94,8	279	91,5				279,0		
24,40	25,95	155	143	92,3	136	87,7				136,0		
25,95	27,40	145	145	100,0	140	96,6				140,0		
27,40	30,45	305	185	60,7	254	83,3				254,0		
30,45	31,25	80	77	96,2	78	95,0				78,0		
31,25	32,60	135	134	99,3	122	90,4				122,0		
32,60	33,90	130	116	89,2	96	73,8				96,0		
33,90	36,35	245	245	100,0	203	82,9				203,0		
36,35	37,90	155	145	93,5	103	86,5				103,0		
37,90	38,25	35	23	65,7	23	55,7				23,0		
38,25	39,35	110	97	88,2	85	77,3				85,0		
39,35	40,35	100	87	87,0	68	68,0				68,0		
40,35	42,30	195	189	96,9	182	93,3				182,0	75,30	42,30
42,30	45,00	270	91	33,7	0	0,0	Zona Alterada/falha, Serpent. oliv. e Cromitito, em (42,30 a 47,95)m					
45,00	47,95	295	78	26,4	0	0,0						
47,95	49,80	185	185	100,0	101	54,6	Cromitito lump, em (47,95 a 52,20)m			101,0		
49,80	51,25	145	134	92,4	110	75,9				110,0	63,94	3,30
51,25	54,30	305	305	100,0	256	83,9	Serpentinó orto-px olivina (52,20 a 64,60)m			256,0		
54,30	56,35	205	200	97,6	131	63,9				131,0		
56,35	58,85	250	233	93,2	174	69,6	com Pegmatito esbranquisado em (56,35 a 57,30)m			174,0		
58,85	59,85	100	94	94,0	60	60,0				60,0		
59,85	61,50	165	165	100,0	120	72,7				120,0		
61,50	63,00	150	148	98,7	83	55,3				83,0		
63,00	64,60	160	159	99,4	138	86,3				138,0	72,06	13,35

DADOS PARA O CALCULO DO RQD							Data				
							Ref. da Sonda		Diâm.		
									BQ		
Ref. Furo:	Local	G.Pesq	Furo	Inclin.:	Área:		Diâm.(cm)		Seção		
Dados:		I-GP	345	565	80W	Ipueira III			21R		
Manobra		Avan.	Rec.	Rec.	RQD	RQD	Descrição		Soma		
De	Alé	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)			Média		
								A L	RQD(%)		
								Comp.			
								(m)			
0,00	0,80	80	50	62,5	10	12,5	Serpentinito olivina orto px.		10,0		
0,80	3,80	300	280	93,3	147	49,0	em (0,00 a 34,40)m		147,0		
3,80	6,80	300	255	85,0	138	46,0	com trechos em serpent. silicoso		138,0		
6,80	9,80	300	289	96,3	243	81,0	micáceo		243,0		
9,80	12,80	300	281	93,7	225	75,0			225,0		
12,80	15,80	300	295	98,3	260	86,7			260,0		
15,80	17,30	150	147	98,0	145	96,7			145,0		
17,30	20,30	300	288	96,0	138	46,0			138,0		
20,30	23,30	300	296	98,7	278	92,7			278,0		
23,30	26,30	300	300	100,0	284	94,7			284,0		
26,30	29,30	300	286	95,3	224	74,7			224,0		
29,30	32,30	300	284	94,7	163	54,3	Com/Pegmat. fratur.(28,40 a 29,50)m		163,0		
32,30	35,30	300	277	92,3	52	17,3	Com/Z. falha serpent.(29,50 a 34,30)m		52,0	65,35	35,30
35,30	38,30	300	301	100,3	197	65,7	Gabro em (34,30 a 67,80)m ,		197,0		
38,30	41,30	300	301	100,3	173	57,7	com trechos micáceos		173,0		
41,30	44,30	300	295	98,3	167	65,7	e com manchas esbranquiçadas		167,0		
44,30	45,80	150	144	96,0	85	56,7			85,0		
45,80	48,80	300	294	98,0	159	53,0			159,0		
48,80	51,80	300	297	99,0	204	68,0			204,0		
51,80	54,80	300	297	99,0	189	63,0			189,0		
54,80	57,80	300	286	95,3	119	39,7			119,0		
57,80	60,80	300	300	100,0	172	57,3			172,0		
60,80	63,80	300	300	100,0	164	54,7			164,0		
63,80	66,80	300	288	96,0	170	56,7			170,0		
66,80	68,30	150	136	90,7	69	46,0			69,0	56,61	33,00
68,30	71,30	300	215	71,7	25	8,3	Veio de Quartzo em(67,80 a 70,30)m		25,0		
71,30	72,80	150	140	93,3	36	24,0	Gabro , em (70,30 a 80)m , com		36,0		
72,80	74,30	150	150	100,0	53	35,3	com Z. de falha em (70,30 a 73,50)m		53,0		
74,30	77,30	300	301	100,3	183	61,0			183,0	45,33	6,00
77,30	80,30	300	293	97,7	159	53,0	Zona Alterada em (80,00 a 87,00)m :				
80,30	83,30	300	297	99,0	173	57,7	Pegmatito, Cromita disseminada,				
83,30	86,30	300	272	90,7	152	50,7	Cromitito lump e Serpentinó				
86,30	89,30	300	263	87,7	83	27,7					
89,30	92,30	300	293	97,7	210	70,0	Gabro , em (87,00 a 150,10)m , com		210,0		
92,30	95,30	300	289	96,3	243	81,0	trechos esbranq. micáceo e		243,0		
95,30	98,30	300	299	99,7	217	72,3	alterados		217,0		
98,30	101,30	300	296	98,7	173	57,7			173,0		
101,30	104,30	300	300	100,0	238	79,3			238,0		
104,30	107,30	300	273	91,0	142	47,3			142,0		
107,30	110,30	300	290	96,7	249	83,0			249,0		
110,30	113,30	300	295	98,3	255	85,0			255,0		
113,30	116,30	300	277	92,3	206	68,7			206,0		
116,30	119,30	300	282	94,0	128	42,7			128,0		
119,30	122,30	300	289	96,3	221	73,7			221,0		
122,30	125,30	300	297	99,0	218	72,7			218,0		
125,30	126,80	150	150	100,0	81	54,0			81,0		
126,80	129,80	300	288	96,0	124	41,3			124,0		
129,80	132,80	300	300	100,0	180	60,0			180,0		
132,80	134,30	150	143	95,3	72	48,0			72,0		
134,30	137,30	300	284	94,7	167	55,7			167,0		
137,30	140,30	300	245	81,7	176	58,7			176,0	64,71	51,00
140,30	141,80	150	123	82,0	43	28,7	Com/ Pegmat.esbranq.qz feldsp				
141,80	144,80	300	210	70,0	114	38,0	em (140,30 a 142,50)m				
144,80	147,80	300	245	81,7	197	65,7	Com/Ortopiroxenito(142,50 a 144,80)m				
147,80	150,10	230	133	57,8	22	9,6					

Apêndice B – Planilha dos valores dos ensaios de resistência a compressão uniaxial e triaxial dos furos selecionados da mina Ipueira 3.

Ensaio de Compressão Uniaxial (Serpentinito Olivina Orto.Px.)						
Amostras		Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Res. Compressão (kgf/cm ²)	Resistência Comp. (Mpa)
1	Corpo 1	5,50	13,50	2,95	1516,87	148,81
	Corpo 2	5,50	13,45	2,67	728,11	71,43
	Corpo 3	5,50	13,43	2,67	1126,70	110,53
2	Corpo 1	5,46	13,00	2,71	795,40	78,03
	Corpo 2	5,45	12,96	2,68	435,31	65,50
	Corpo 3	5,45	11,82	2,66	739,39	72,53
3	Corpo 1	5,44	13,72	2,72	1034,83	101,52
	Corpo 2	5,45	12,42	2,60	1440,18	141,28
	Corpo 3	5,44	12,54	2,61	743,83	72,97
	Corpo 4	5,45	12,69	2,91	1175,14	115,28
	Corpo 5	5,45	13,11	2,62	1496,37	146,79
4	Corpo 1	4,72	12,35	2,71	597,88	58,65
	Corpo 2	4,72	12,20	2,62	751,92	73,76
	Corpo 3	4,72	12,30	2,65	562,43	55,17
5	Corpo 1	4,75	11,61	2,62	926,51	90,89
	Corpo 2	4,74	12,00	2,71	1182,17	115,97
	Corpo 3	4,75	12,37	2,68	1606,86	157,63
	Corpo 4	4,74	12,10	2,71	1179,67	115,73
6	Corpo 1	4,75	12,48	2,52	644,78	63,25
	Corpo 2	4,75	12,06	2,58	1281,65	125,73
	Corpo 4	4,75	12,47	2,58	692,53	67,94
Conf.=0	Corpo 1	4,76	12,07	2,73	1737,86	170,48
Conf.=0	Corpo 1	4,73	12,93	2,62	1627,31	159,64
Média		5,09	12,59	2,68	1044,51	103,46

Nota: amostras: (1) - IGPS 237 65 14R; (2) - IGPS 233 50 14R; (3) - IGPS 234 40 14R; (4) - IGPS 241 40 15R; (5) - IGPS 345 524 45 21R; (6) - IGP 345 516 75 25R

Ensaio de Compressão Uniaxial (Serpentinito Orto.Px.Olivina)						
Amostras		Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Res. Compressão (kgf/cm ²)	Resistência Comp. (Mpa)
1	Corpo 1	4,73	12,16	2,88	1750,30	171,70
	Corpo 2	4,73	12,73	2,90	2214,92	217,28
	Corpo 3	4,73	11,98	2,86	1311,30	128,64
Conf.=0	Corpo 4	4,74	12,00	2,95	1990,13	195,23
2	Corpo 1	4,77	12,42	2,70	1160,07	113,80
	Corpo 2	4,76	11,61	2,73	1520,28	149,14
	Corpo 3	4,76	11,83	2,84	1030,01	101,04
	Corpo 4	4,76	12,11	2,77	1195,64	117,29
Média		4,75	12,11	2,83	1521,58	149,27

Nota: amostras: (1) - IGP 345 355 50 10R ; (2) - IGP 345 384 35

Ensaio de Compressão Uniaxial (Gabro)						
Amostras		Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Res. Compressão (kgf/cm ²)	Resistência Comp. (Mpa)
1	Corpo 1	4,78	11,88	2,83	796,72	78,16
	Corpo 2	4,77	12,50	2,89	1168,47	114,63
	Corpo 3	4,77	12,46	2,92	1046,41	102,65
	Corpo 4	4,77	12,44	2,90	1060,97	104,08
2	Corpo 1	4,75	11,47	3,01	898,48	88,14
	Corpo 2	4,75	12,40	3,10	1894,81	185,88
	Corpo 3	4,75	12,41	3,10	1635,65	160,46
	Corpo 4	4,75	12,42	3,10	1537,58	150,84
Conf.=0	Corpo 1	4,74	12,43	3,03	1282,40	125,80
Média		4,76	12,27	2,99	1257,94	123,40

Nota: amostras: (1) - IGP 345 370 82 10R ; (2) - IGP 345 411 80 11R

Ensaio de Compressão Uniaxial (Cromitito)						
Amostras		Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Res. Compressão (kgf/cm ²)	Resistência Comp. (Mpa)
1	Corpo 1	4,71	11,09	3,98	751,67	73,74
	Corpo 2	4,72	12,57	3,99	829,11	81,34
	Corpo 3	4,72	12,34	3,90	990,36	97,15
2	Corpo 1	4,75	12,66	4,10	1129,32	110,79
	Corpo 2	4,76	12,08	3,89	968,84	95,04
	Corpo 3	4,75	12,20	3,97	995,45	97,65
3	Corpo 1	4,73	12,42	3,88	2134,63	209,41
	Corpo 2	4,73	12,55	4,01	2311,14	226,72
	Corpo 3	4,73	12,34	3,78	2052,53	201,35
Conf.=0	Corpo 1	4,76	12,50	4,02	1753,61	172,03
Média		4,74	12,27	3,95	1391,67	136,52

Nota: amostras: (1) - IGP 345 355 87 E 10 ; (2) - IGP 345 395 35W 12R ; (3) - IGP 345 359 70W 10R

Ensaio de Compressão Triaxial (Serpentinolito Olivina Orto.Px.)						
Furo (Ref.):	IGPS 242 60		15R			
Amostra01	Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Pressão confinante (Mpa)	Resistência Comp. (kgf/cm ²)	Resistência Compress. (Mpa)
Corpo 1	4,76	12,07	2,73	0	1737,86	170,48
Corpo 2	4,77	12,68	2,77	4	1970,42	193,30
Corpo 3	4,76	12,38	2,65	8	2015,04	197,68
Corpo 4	4,76	11,63	2,70	12	2517,68	246,98
Média	4,76	12,19	2,71		2060,25	202,11
Furo (Ref.):	IGP 345 366		10R			
Amostra02	Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Pressão confinante (Mpa)	Resistência Comp. (kgf/cm ²)	Resistência Compress. (Mpa)
Corpo 1	4,73	12,93	2,62	0	1627,31	159,64
Corpo 2	4,73	12,32	2,62	4	2137,44	209,68
Corpo 3	4,73	11,95	2,37	8	2240,15	219,76
Corpo 4	4,73	12	2,60	12	2352,56	230,79
Média	4,73	12,3	2,55		2089,36	204,97

Valores médios entre as Amostras 01 e 02		
Corpos-de-prova	Pressão confinante (Mpa)	Tensão de Ruptura (Mpa)
1	0	165,06
2	4	201,49
3	8	208,72
4	12	238,89

Ensaio de Compressão Triaxial (Serpentinolito Orto.Px.Olivina)						
Furo (Ref.):	IGP 345 381 50		12R			
Amostra01	Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Pressão confinante (Mpa)	Resistência Comp. (kgf/cm ²)	Resistência Compress. (Mpa)
Corpo 1	4,74	12,00	2,95	0	1990,13	195,23
Corpo 2	4,75	12,30	2,99	4	2444,23	239,78
Corpo 3	4,75	11,80	2,88	8	2440,27	239,39
Corpo 4	4,74	12,83	2,92	12	2760,10	270,77
Média	4,74	12,23	2,93		2408,68	236,29

Ensaio de Compressão Triaxial (Gabro)						
Furo (Ref.):	IGP 345 387 82		12R			
Amostra01	Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Pressão confinante (Mpa)	Resistência Comp. (kgf/cm ²)	Resistência Compress. (Mpa)
Corpo 1	4,74	12,43	3,03	0	1282,40	125,80
Corpo 2	4,74	12,45	2,97	4	2473,31	242,63
Corpo 3	4,73	12,68	3,00	8	2177,34	213,60
Corpo 4	4,74	12,66	2,93	12	2036,62	199,79
Média	4,74	12,56	2,98		1992,42	195,46

Ensaio de Compressão Triaxial (Cromitito)						
Furo (Ref.):	IGP 345 370 82W		10R			
Amostra01	Diametro (cm)	Altura (cm)	Peso Específico (g/cm ³)	Pressão confinante (Mpa)	Resistência Comp. (kgf/cm ²)	Resistência Compress. (Mpa)
Corpo 1	4,76	12,50	4,02	0	1753,61	172,03
Corpo 2	4,75	12,84	4,02	4	2169,20	212,80
Corpo 3	4,75	12,53	4,05	8	2382,06	233,68
Corpo 4	4,75	12,44	4,07	12	2598,30	254,89
Média	4,75	12,58	4,04		2225,79	218,35

Anexo A - Quadros representativos dos índices RQD, J_n , J_r , J_a , J_w e SRF.

1. DESIGNAÇÃO DE QUALIDADE DA ROCHA. (nota 1)		RQD
R1	muito pobre	0-25
R2	pobre	25-50
R3	regular	50-75
R4	bom	75-90
R5	excelente	90-100
2. NÚMERO DE FAMÍLIAS DE JUNTAS. (nota 2)		Jn
A	maciço, nenhuma ou poucas juntas	0,5-1,0
B	um sistema de juntas	2
C	um sistema de juntas mais juntas aleatórias	3
D	dois sistemas de juntas	4
E	dois sistemas de juntas mais juntas aleatórias	6
F	três sistemas de juntas	9
G	três sistemas de juntas mais juntas aleatórias	12
H	quatro ou mais sistemas de juntas, aleatórias, muito fraturado, poliedros irregulares.	15
I	rocha fragmentada, "brita"	20
3. ÍNDICE DE RUGOSIDADE DAS JUNTAS. (nota3)		Jr
a) paredes das juntas em contato. (notas 3 e 4)		
b) paredes com menos de 10 cm de cisalhamento		
A	juntas descontinuas	4
B	rugosa e irregular, ondulada	3
C	lisa e ondulada	2
D	estrias de fricção e ondulada	1,5
E	rugosa ou irregular e plana	1,5
F	lisa e plana	1,0
G	estrias de fricção e plana	0,5
c) sem contato entre paredes, zonas cisalhadas		
H	zonas contendo argilo-minerais com espessuras suficiente para impedir contato entre paredes	1,0
J	arenosa, ou fragmentada com espessura suficiente para impedir o contato entre paredes.	1,0
4. ÍNDICE DE ALTERAÇÃO E PREENCHIMENTO DE JUNTAS. (nota4)		Jr ~ Ja
a) contato entre paredes sem películas		
A	selada, duro, impermeável, preenchida por quartzo, calcita, etc.	0,75
B	paredes sãs, superfície descolorida somente	25° - 35°
C	parede pouco alterada, sem minerais brandos recobrimdo, sem argila e rocha desintegrada	25° - 30°
D	paredes com silte ou areno argilosa, pouca argila.	20° - 25°
E	materiais brandos com baixo atrito, argilo minerais, caulinita ou micas. Também clorita, talco, gipsita, etc. e pouca qtd de minerais expansivos.	8° - 16°
b) paredes com menos de 10 cm de cisalhamento, preenchimento fino		
F	partículas arenosa, sem argilo minerais e rocha decomposta	25°-30°
G	argila rígida dura, contínua porém ≤ 5 mm	16° - 4°
H	argila pouco medianamente consolidada, contínua porém ≤ 5 mm	12° - 16°
J	argilo minerais expansivos, esmeclitas, contínua porém ≤ 5 mm; valor de Ja dependerá da % de argila expansivas e acesso à água., etc.	6° - 12°
c) sem contato entre paredes, zonas cisalhadas		
KLM	zonas ou bandas desintegradas, rocha fragmentada e argila, ver G, H, J.	6° - 24°
N	zonas ou bandas de silte ou argilo arenoso e pouco argilo minerais, dura	-
OPR	espessa, contínua zona ou banda de argila, ver G, H, J, para descrição.	6° - 24°
5. FATOR DE REDUÇÃO DEVIDO PRESENÇA DE ÁGUA. (nota 5)		Jw
A	escavação seca ou gotejamento, ≤ 5 l / min localmente	1,0
B	vazão média ou pressão, pode lavar o preenchimento	0,66
C	vazão alta ou alta pressão em rocha competente e juntas não preenchidas	0,5
D	vazão alta ou pressão, considerável lavagem das juntas	0,33
E	excepcionais vazões após a detonação, caindo no tempo	0,2 0,1
F	excepcionais vazões após a detonação, sem diminuição significativa.	0,1 0,05

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$$

6. FATOR DE REDUÇÃO DEVIDO TENSÕES NO MACIÇO			SRF
a) zonas de fraqueza interceptando a escavação, as quais poderão causar queda de blocos de rocha quando o túnel é escavado. (nota 6)			
A	múltipla ocorrências de zonas fracas contendo argila ou rocha quimicamente desintegrada, muito material solto na superfície da rocha.		10
B	única zona de fraqueza com argila ou rocha desintegrada (profundidade ≤ 50 m)		5
C	única zona de fraqueza com argila ou rocha desintegrada (profundidade > 50 m)		2,5
D	múltiplas zonas cisalhadas e rocha competente, sem argila; material solto na superfície da rocha; qualquer profundidade.		7,5
E	única zona cisalhada em rocha competente, sem argila; (profundidade ≤ 50 m)		5,0
F	única zona cisalhada em rocha competente, sem argila. (profundidade ≥ 50 m)		2,5
G	fragmentada, juntas abertas, mto fraturada, "brita"		5,0
b) rocha competente: problemas de tensão no maciço (nota 7)			
		σ_0/σ_1	σ_0/σ_c
H	baixa tensão, próximo da superfície	>200	$< 0,01$
J	média tensão, condições favoráveis de tensão	$200 - 10$	$0,01 - 0,3$
K	tensão alta,	$10 - 5$	$0,3 - 0,4$
* L	moderado deslocamento em rocha maciça, após + de 1 hora	$5 - 3$	$0,5 - 0,65$
* M	desplacamento e explosão de rocha em rocha maciça, após poucos minutos	$3 - 2$	$0,65 - 1$
* N	muita explosão de rocha (deformação /explosão) deformação dinâmica imediata, rocha maciça	< 2	$> 1,0$
c) Squeezing rock: fluxo plástico de rocha incompetente causado por altas pressões de rocha. (nota 8)			
		σ_0/σ_3	
** O	moderado squeezing e conseqüente pressão de rocha		$1 - 5$
** P	intenso squeezing e conseqüente pressão de rocha		> 5
d) Expansibilidade de rochas: expansão dependente da presença de água.			
** R	moderada expansansibilidade e conseqüente pressão de rocha		$5 - 10$
** S	intensa expansansibilidade e conseqüente pressão de rocha		$10 - 15$

(*) Fatores correspondentes de L até N deverão ser utilizados somente em escavações com profundidades superiores a 500m.

(**) Fatores correspondentes de O até S estão relacionados a fluxo plástico de rocha. Não deverão seu usados na classificação dos maciços de Ipueira e Medrado.

nota geral \rightarrow Jr, índice de rugosidade de juntas, e Ja, índice de alteração, são aplicados para sistemas de juntas ou descontinuidades que são as menos favoráveis para a estabilidade, ambas do ponto de vista de orientação e resistência ao cisalhamento, $\tau (\tau = \sigma_n \tan^i (J_r / J_n))$.

Escolha e inicie a classificação pela descontinuidade mais desfavorável à estabilidade.

(nota 1) \rightarrow quando o RQD for medido ≤ 10 cm (inclusive zero) usar o valor 10 para determinação de Q; usar valores de intervalos múltiplos de 5.

Para determinação na frente escavada, escolha o trecho mais representativo do maciço, e faça a contagem volumétrica (3 eixos) das juntas, nessa região.

$RQD = 115 - 3,3 J_v$. (J_v é o somatório das juntas por metro encontradas nos 3 eixos.)

(nota 2) \rightarrow para interseção de túneis usar $3 \times J_n$; portais usar $2,0 J_n$.

(nota 3) \rightarrow descrição referente as feições de pequena e intermediária escala, nesta ordem.

(nota 4) \rightarrow adicione 1 se o espaçamento do principal sistema de juntas for maior que 3 m.

(nota 5) \rightarrow os itens C e F são estimativa grosseiras, os valores de J_w poderão ser aumentados se vazões forem medidas nas drenagens executadas.

(nota 6) \rightarrow reduzir esses valores de SRF, de 25% a 50%, se relevantes zonas de fraqueza influenciam mas não interceptam a escavação.

(nota 7) \rightarrow para forte campo de tensões virgens (se medido): quando $5 \leq \sigma_1/\sigma_3 \leq 10$, reduzir σ_c em 25%; $\sigma_1/\sigma_3 > 10$ reduzir σ_c em 50%, onde σ_c = resistência à compressão uniaxial, σ_1 e σ_3 máxima e mínima tensões principais atuantes, σ_0 tensão tangencial máxima (estimada da teoria da elasticidade).

Para poucos casos registrados, onde a cobertura é menor que o vão; sugere-se o aumento do SRF de 2,5 para 5,0, item H.

(nota 8) \rightarrow Squeezing (compressão), pode ocorrer em profundidades de $H > 350 Q^{1/3}$, resistência à compressão do maciço pode ser estimada da seguinte relação: $0,7 \gamma Q^{1/3}$ em MPa, onde γ = densidade da rocha em kN/m^3 .