



Folha de Dados

IDGED:

0246/02/04

LOTE:

2620

AUTOR:

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICO – SRH; GOLDER ASSOCIATES; PIVOT

TÍTULO:

ESTUDOS DE ALTERNATIVA, VIABILIDADE E PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA DA BARRAGEM TAQUARA

SUBTÍTULO:

TOMO II - RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS; VOLUME 4 ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH



PROÁGUA

S E M I Á R I O

ESTUDO DE ALTERNATIVAS, VIABILIDADE E
PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA SELECIONADA
DA BARRAGEM TAQUARA

TOMO II - RELATÓRIO DE ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 4 - ESTUDOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS

0246/02/04

Setembro - 2000



Lote 02620 - Prep Scan Index
Projeto Nº 246/02/04
Volume _____
Qtd A1 _____ Qtd A3 _____

**ESTUDO DE ALTERNATIVAS, VIABILIDADE E
PROJETO BÁSICO DA ALTERNATIVA
SELECIONADA DA BARRAGEM TAQUARA**

TOMO II - ESTUDOS BÁSICOS

VOLUME 4 - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Elaborado para:

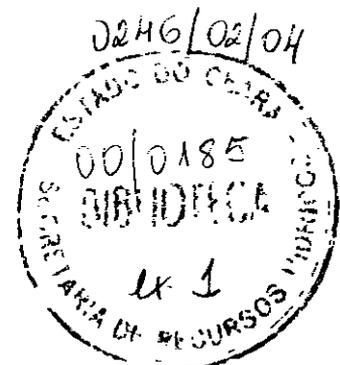
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil

Elaborado por:

Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Mota, 699
Fortaleza – CE
Brasil

Distribuição

02 Cópias - Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – CE
01 Cópia - Consórcio GOLDER-PIVOT



Setembro, 2000

009-5601-OS2-009

00001 3

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	GEOMORFOLOGIA	01
	2.1 Geomorfologia Regional	01
	2.2 Geomorfologia Local.	03
3	GEOLOGIA	04
	3.1 Geologia Regional	04
	3.2 Geologia Local	11
4	GEOTECNIA	19
	4.1 Investigações do Barramento e Vertedouro - Sondagens e Ensaio de campo .	19
	4.1.1 Investigações Realizadas nos Estudos Anteriores	19
	4.1.2 Investigações Realizadas no Estudo Atual	19
	4.2 Modelo Geomecânico do Maciço Rochoso.	19
	4.2.1 Descrição Geomecânica dos Testemunhos de Sondagens Existentes	19
	4.2.2 Planilhas de Classificação Geomecânica dos Testemunhos de Sondagem	27
	4.2.3 Elaboração de Seções Geomecânicas	51
	4.2.4 Classificação Geomecânica do Maciço Rochoso	51
	4.2.5 Estratos Geomecânicos do Maciço	52
	4.2.6 Descontinuidades Estruturais do Maciço Rochoso	52
	4.2.7 Condições de Fundação e Tratamentos previstos	62
	4.3 Materiais Naturais de Construção	66
	4.3.1 Materiais Terrosos	66
	4.3.2 Materiais Granulares	72
	4.3.3 Material Pétreo	74
5	BIBLIOGRAFIA	74
6	DESENHOS	76

1. INTRODUÇÃO

A SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ, através do seu SUBPROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO – PROÁGUA, contratou o CONSÓRCIO GOLDER-PIVOT para desenvolver o Estudo de Alternativas, Viabilidade e Projeto Básico da Alternativa Selecionada da Barragem Taquara, localizada no Rio Jaibas, Distrito de Ararius, Município de Cariré, situado no noroeste do estado do Ceará

Os estudos geológico-geotécnicos levados a termo, objetivaram o levantamento das características geomecânicas da fundação da barragem, bem como a disponibilidade e as características dos materiais naturais de construção

Os estudos geológicos de superfície envolveram trabalhos de fotointerpretação geológica, mapeamento geológico-geotécnico, reconhecimento de materiais naturais de construção e levantamentos de geologia estrutural

Os estudos geológicos de subsuperfície envolveram a execução de sondagens rotativas, sondagens a percussão, ensaios de permeabilidade *in situ* a carga constante, ensaios de perda d'água sob pressão e poços de inspeção. Uma campanha de ensaios de laboratório orientada à determinação e caracterização das propriedades físicas e geotécnicas dos materiais complementaram os estudos ora apresentados

A análise dos resultados destes estudos e suas consequências no projeto da barragem são apresentados e discutidos no desenvolvimento deste relatório

2. GEOMORFOLOGIA

2.1 Geomorfologia Regional

A região inclui, predominantemente, setores de relevos com altitudes inferiores a 200 m, em que as declividades, quase sempre iguais ou inferiores a 5°, têm larga predominância. Estendem-se a partir da orla litorânea, penetrando pelas depressões sertanejas através de aclives quase imperceptíveis. Em outras palavras, incluem setores de topografia plana ou suavemente rampeada, que se orientam para os fundos de vales ou para a faixa litorânea. A fisionomia é conferida por feições de topografia aplainada, decorrentes da pequena capacidade de incisão linear proporcionada pela rede de drenagem

À medida que as altitudes atingem as cotas superiores a 200 m, há a tendência generalizada para maior dissecação do relevo em feições morfológicas diversificadas. Dentre estas incluem-se formas de topos convexos, lombadas, morros, esporões e feições tabuliformes. Estas áreas com aspecto de rampas degradadas, eventualmente dissecadas, constituem patamares de acesso para os níveis elevados dos maciços residuais ou dos planaltos sedimentares. Em sua maior parte

representam regiões que circundam os planaltos, marcando a transição entre estes e as terras baixas

A vegetação predominante na área é constituída pela caatinga arbustiva aberta e pela caatinga arbórea

Os solos pedológicos de maior ocorrência na região são os litólicos eutróficos e distróficos, os podzólicos vermelho-amarelo eutróficos e distróficos, e os regossolos eutróficos e distróficos

A região, onde a semi-aridez é aguda e as caatingas têm distribuição extensiva, está inserida nas Depressões Sertanejas, com altitudes de, no máximo, 400 m, raramente pouco superiores a este valor, estando embutidas entre os maciços residuais cristalinos ou entre estes e os planaltos sedimentares

A oeste, próximo à divisa com o Estado do Piauí, aparece o planalto de Ibiapaba (Siluro-Devoniano), com altitudes na faixa de 750 a 850 m, declividade de 3 a 10%, apresentando superfície cuestasiforme limitada por escarpa erosiva

Apesar da extrema complexidade litológica, as depressões sertanejas se colocam como vastas superfícies de aplainamento, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente estas rochas. Este fato não invalida, porém, o trabalho de erosão diferencial, que tende a colocar em destaque rochas resistentes, dissecando ou rebaixando mais intensamente os setores de litologias menos resistentes

A topografia do sertão nem sempre tem aspecto aplainado, que tão bem caracteriza a superfície sertaneja. Nos locais em que a rede de drenagem se adensa, assumindo um padrão dendrítico, sem qualquer controle estrutural, o sulcamento linear tende a dissecar o relevo, dando ao mesmo feições onduladas

A morfologia das depressões sertanejas se evidencia através de vastas rampas sedimentares, que partem das bases dos maciços residuais, com caimento no sentido dos fundos dos vales

O processo evolutivo dos sedimentos está intimamente ligado às características climáticas e de vegetação das depressões sertanejas semi-áridas. À parte da aguda irregularidade das precipitações pluviométricas, das amplitudes diurnas de temperatura e do caráter caducifólio do revestimento florístico, o processo em questão guarda íntima associação com os processos morfogenéticos atuantes

O clima semi-árido, além de ser o principal fator condicionante da desagregação das rochas, contribui para impor os processos de remoção dos colúvios e de deposição deste material a jusante da área fonte. O tipo de revestimento vegetal pouco contribuiu para deter ou atenuar os efeitos do escoamento difuso ou em lençol, que tem salientado seu papel de agente de desgaste. O material carregado seletivamente justifica o adelgaçamento dos solos, pouco espessos em toda a região, sendo que os detritos grosseiros, impondo obstáculos à sua remoção, depositam-se em superfície, dando à mesma o aspecto de chão pedregoso. Quando este material é revestido por colúvio, se expande às áreas cujos solos apresentam linhas de seixos sotopostos aos horizontes superficiais dos solos

Resumidamente, pode-se dizer que a região apresenta as seguintes características geomorfológicas de maior significado: grande variação litológica, truncamento indistinto das litologias por processos de morfogênese mecânica que tenderam a aplainar a superfície, revestimento generalizado de caatinga com capacidade mínima para diminuir a ação de desgaste inerente aos processos de erosão, pequena espessura de manto de alteração das rochas, ocorrência frequente de pavimentos e paleopavimentos dendríticos, pequena capacidade de erosão linear em face da intermitência dos cursos de água, o que justifica a pequena amplitude altimétrica entre os interflúvios e os fundos de vales; presença de altos residuais nos locais de maior resistência litológica, e desenvolvimento de áreas de acumulação mundáveis a jusante das rampas sedimentares

2.2 Geomorfologia Local

O local a ser estudado para a implantação da barragem Taquara situa-se em vale com topografia não muito acidentada, onde o rio Jaibaras desenvolve-se com direção aproximada SW-SE, sendo que sua planície apresenta largura em torno de 300 a 400 m, com altitude aproximada de 108 a 110 m

A ombreira esquerda situa-se em encosta suave, com altitude máxima em torno de 130 a 135 m. A cerca de 700 m do rio aparece um platô aluvionar com cerca de 100 m de largura e altitude em torno de 120 m, no local denominado Fazenda Flores.

A ombreira direita é constituída por encosta também suave, com elevações máximas em torno de 135 m. A outra vertente deste morrote, que constitui sua encosta leste, constitui o local já estudado para a implantação do sangradouro, apresentando declividade suave, decrescente para NE. No local anteriormente previsto para a restituição das águas vertidas, as elevações são da ordem de 120 m

Nas proximidades do eixo estudado, junto à ombreira esquerda, existe um pequeno córrego secundário, que, à época da visita para elaboração da proposta, ao sítio (julho/99), apresentava um poção de água, com extensão longitudinal de cerca de 30 m

A área estudada está inserida na unidade geomorfológica denominada Planalto Sertanejo, que comporta-se, de modo geral, como um patamar de acesso aos níveis mais altos, uma vez que representa um degrau intermediário entre a Depressão Sertaneja e os topos dos Planaltos e Chapadas que o circundam

Morfologicamente caracteriza-se por uma intensa dissecação do relevo, resultando em formas predominantemente convexas e aguçadas, dispostas, geralmente, seguindo uma direção preferencial SO-NE e S-N. Trata-se de uma área de grandes dobramentos e falhamentos, que se refletem no relevo através de extensos alinhamentos de cristais, com escarpas íngremes e vales encaixados em “V”

O Planalto Sertanejo apresenta-se como importante centro dispersor de drenagem. Os rios que drenam este planalto possuem os cursos retilíneos, intercalados por curvas e ângulos anômalos, e são marcados por inflexões bruscas em vários sentidos. Correm geralmente encaixados, não

permitindo o desenvolvimento de planícies, salvo em pequenos trechos, principalmente nos setores em que interceptam litologias sedimentares. A maior parte do Planalto Sertanejo está incluída na categoria de "Serras Secas", submetidas às deficiências hídricas típicas do clima semi-árido

3 GEOLOGIA

3.1 Geologia Regional

O estado do Ceará está inserido em parte da chamada Província Borborema, conforme conceituada por Almeida *et alu* (1977) Do ponto de vista geotectônico esta Província possui fragmentos crustais antigos bordejados por cinturões orogênicos de idades paleoproterozóica e meso a neoproterozóicas e por sistemas de *rifts* mesoproterozóicos, neoproterozóicos e eopaleozóicos (FIGURA 3 1 e FIGURA 3 2).

Os fragmentos Crustais Antigos

Os fragmentos crustais fariam parte de um núcleo cratônico primitivo que, embora afetado pelos eventos Transamazônico e Brasileiro, preservou sua assinatura arqueana. O fragmento de maior expressão é o denominado Maciço de Tróia, sendo constituído de ortognaisses e uma associação de gnaisses variados, bimodais-félsicos e máficos, sequências de rochas supracrustais metamáfico-ultramáficas, com finas intercalações de metassedimentos clástico-químicos. Dentre os principais tipos petrográficos que caracterizam esta unidade litoestratigráfica, além da ampla diversidade de gnaisses, podem ser citados leptinitos, anfíbolitos, serpentinitos ricos em cromo, tremolita-antofilita-xistos, ultrabasitas, quatizitos, quartizitos ferríferos e rochas carbonáticas/dolomíticas e grafíticas. As rochas desta sequência supracrustal são interpretadas como pertencentes a uma associação metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt*. Bordejando os núcleos cratônicos arqueanos encontram-se os cinturões paleoproterozóicos e as faixas móveis meso a neoproterozóicas.

Os Cinturões Paleoproterozóicos

O cinturão paleoproterozóico Jaguaribeano compreende uma sequência de rochas supracrustais submetidas ao metamorfismo de fácies anfíbolito superior, onde são reconhecidos três domínios litotectônicos: domínio oeste e norte, também chamado de zona externa; domínio central ou zona interna; e domínio leste e sul.

No domínio oeste e norte predominam associações de rochas metassedimentares, originadas em um ambiente de margem continental passiva, sendo representado por quartizitos, metacarbonatos, xistos e paragnaisses granatíferos, parcialmente migmatizados.

No domínio central a sequência supracrustal metassedimentar e metavulcânica foi progressivamente migmatizada, resultando na geração de granitos anatóxicos (granitos do tipo S) e migmatitos, que ocorrem em associações com gnaisses aluminosos e peraluminosos.

Por fim, no domínio leste (Maciço de Rio Piranhas) e sul, predominam as suites granitóides (ortognáissicas) envolvendo vestígios de rochas supracrustais (anfíbolitos, xistos, gnaisses, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas), localmente preservadas. Esta suíte de rochas ortognáissicas granitóides são interpretadas como derivadas de uma série calcialcalina de arco magmático tipo Andino, onde suites sódicas dominam ao oeste e potássicas ao leste.

Em termos de tectônica, dois estilos estruturais são caracterizados para a região geológica em apreço, provavelmente referentes a dois eventos tectônicos distintos. O evento mais antigo é denominado de Transamazônico sendo responsável por uma deformação em regime compressivo, tangencial, dúctil, associado a metamorfismo de alto grau, que progrediu até a fácies anfíbolito superior. O evento mais recente é denominado de Brasileiro e caracterizado por uma tectônica transcorrente dextral, com metamorfismo de baixo grau, fácies xistoverde, restrito às proximidades das zonas de cisalhamento.

As faixas Móveis Meso a Neoproterozóicas

Os cinturões móveis meso a neoproterozóicos constituem um sistema ramificado de faixas orogênicas situado entre o domínio Jaguaribiano, consolidado no Transamazônico, e o cráton do São Francisco. Essas faixas são limitadas por expressivas zonas de cisalhamento e envolvem na sua arquitetura fragmentos arqueanos e paleoproterozóicos. Os diversos segmentos desse sistema recebem designações próprias de cinturões (ou faixas), como Seridó, Pajeú-Paraíba, Sergipano, Riacho do Pontal e Piancó-Alto Brígida. As rochas supracrustais desses cinturões compreendem duas sequências de idade mesoproterozóica (sedimentação terrígena e menos carbonática, com alguma contribuição vulcânica, e vulcanismo bimodal) e outra de idade esteniano-neoproterozóica, assentada discondantemente sobre as anteriores, sendo apenas localmente preservado, devido a subsequente ascensão e erosão. Estes cinturões, no entanto não tem distribuição significativa no estado do Ceará.

Os Rifts Mesoproterozóicos

Sucedendo à estabilização e cratonização do cinturão Jaguaribeano no Transamazônico ocorreu um importante evento extensional, que aproveitando as estruturas paleoproterozóicas existentes, acabaram por originar um sistema de *rifts* do Mesoproterozóico, onde estreitas faixas limitadas por falhas foram preenchidas por sequências metavulcanossedimentares, com vulcanismo bimodal ou do tipo félsico.

O sistema de *rift* de Orós-Jaguaribe contém uma espessa sequência vulcanossedimentar, constituída por metassedimentos psamíticos, associados a magmatismo intraplaca, sucedidos por sequência turbidítica, intrudidos por metagabros e ortognaisses graníticos. Já no segmento oriental desse sistema predominam as rochas plutonovulcânicas aos metassedimentos. O início da fase distensiva é indicada por rochas vulcânicas e subvulcânicas em 1,7Ga. O regime tectônico é transpressivo e exibe estruturas de três fases de deformação, atingindo a segunda condições metamórficas de fácies anfíbolito, enquanto as outras duas de fácies xistoverde.

No sistema de *rift* do Médio Coreaú, o *Graben* de Martinópolis é preenchido por uma sequência metassedimentar marinha, transgressiva e encerra evidências de uma tectônica transpressiva dextral, com estruturação final em forma de flor positiva. As idades radiométricas indicam influência dos eventos Uruaçuano e Brasileiro.

Os Rifts Neoproterozóicos

A reativação do sistema de falhas mesoproterozóico, em regime transcorrente, gerou bacias transtensivas do tipo *pull-apart*, afetando principalmente o sistema de *rift* do Médio Coreaú. No *Graben* de Martinópolis foi depositada a sequência cuprífera de Pedra Verde, que é distinguida do Grupo Martinópolis, sotoposto e de idade mesoproterozóica, pelo seu menor grau de metamorfismo e deformação, sendo constituída por metapelitos e metamargas.

No *Graben* de Ubajara é preservada uma sequência sedimentar terrígeno-carbonática, marinha (grupo Ubajara), que representa um ciclo completo de sedimentação, transgressivo-regressivo.

Período	Grupo	Formação
Quaternário		Aluviões, dunas, areias, etc
Terciário	Barreiras	Serra do Martins
Cretáceo		Basaltos e diabásios
	Sup	Apodi
	Inf	Aranpe
Jurássico	Rio do Peixe e Iguatu	Jandaíra e Açú Santana Itapecuru Exu
Carbonífero		Orozimbo Sergi e Aliança
Devoniano	Sup	Piauí e Poti
	Médio	Longá Cabeças Pimenteiras
	Inf	
Siluriano		Serra Grande e Tacaratu
Ordoviciano		Apráivel Parapuí
Cambriano	Jaibas	Pacujá (Jucá) Massapê
		Granito Meruoca
Pré-Cambriano* A	Bambuí	Coreau Frecheirinhas Caiçaras Trapiá
	Cachoeirinha	
	"Seridó"	Seridó Surucutu Equador
	Salgueiro e Ceará	
Pré-Cambriano C	Caicó e Uauá	
Pré-Cambriano Indiviso	Complexos Gnaiss-Migmatítico E Magmatítico-Granítico	Granitos, sienitos, gabros E diontos

* A divisão adotada para o Pré-Cambriano é a seguinte
Pré-Cambriano A (570 – 1 100 Ma), Pré-Cambriano B (1 100 – 1 700 Ma), Pré-Cambriano C (1 700 – 2 200 Ma) e
Pré-Cambriano D (>2 200 Ma)
FONTE Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Jaguaribe e Fortaleza Texto Explicativo MME.
Brasília, 1974

As Bacias Eopaleozóicas

As primeiras bacias do tipo *pull-apart* formadas no Fanerozóico estão ligadas à reativação, em regime rúptil, das falhas transcorrentes, sendo preenchidas por uma sequência de sedimentos molássicos continentais em ambiente oxidante. As rochas sedimentares, tipicamente de cores vermelhas, exibem intercalações de vulcânicas alcalinas, ácido a intermediário, pós-Brasiliano (datados de 520Ma a 480Ma), que por sua vez são intrudidas por granitos subvulcânicos alcalinos. Estas últimas bacias, ligadas à evolução do Evento Brasiliano (Cacoci, Jaibaras e outras menores) foram deformadas por uma tectônica vertical rúptil e/ou transcorrente, dextral. A Figura 3.3 sintetiza a coluna estratigráfica e a Figura 3.4 a geologia regional e os recursos minerais do estado do Ceará.

3.2 Geologia Local

A região do futuro barramento do açude de Taquara está inserida na porção sul do chamado *Graben* de Jaibaras. Diversos autores estudaram a sequência litológica que ocorre na Bacia de Jaibaras (Figura 3.5), cuja evolução estaria relacionada, inicialmente, pela atuação de uma tectônica extensional, em ambiente intracontinental, estabelecida no Neoproterozóico e relacionada à implantação da bacia Ubajara concomitante à deposição da Formação Pacujá, num ambiente de baixa energia, sujeito a ondas e tempestades, com exposições subaéreas devido a exposições regulares (Gorayeb e Nascimento, 1997; Quadros et al., 1994, Gorayeb et al., 1993; Abreu et al., 1993).

No mapeamento geológico-geotécnico foram identificadas rochas vulcano-plutônicas, metarenitos finos, metapelitos e metaconglomerados polimíticos. A seguir são comentadas as principais características dos constituintes que compõem o substrato rochoso da região, bem como as relações estruturais e geométricas presentes e identificadas no mapeamento.

Rochas Vulcano-Plutônicas

Foram identificadas na região da ombreira direita rochas vulcânicas com estruturas maciças e texturas que variam de amigdaloidais a porfiríticas e cumuloefíricas, onde observam-se acumulações de cristais de plagioclásio em formas de ripas (FOTO 1). Os fenocristais de plagioclásio apresentam-se, por vezes, com bordas corroídas. A matriz é vítrea de coloração castanha a cinza-escuro em tons arroxeados. Este tipo de rocha ocorre desde o riacho afluente da margem direita do Rio Jaibaras, na região do eixo, até a região central da alternativa atual do vertedouro, na ombreira direita.

Na região do vertedouro, nos testemunhos das sondagens SM-16 e SM-17, as vulcânicas apresentam-se intercalados por metarenitos finos arcósiolos. Esta zona de intercalação, apesar da ausência de afloramentos, deve estender-se por cerca de 170m na superfície, a partir de algum ponto entre os SM-15 e SM-16, em direção ao Rio Jaibaras. As relações deste contato não foram bem observadas em campo na atual fase dos estudos, sendo que, pelas interpretações de fotografias aéreas e pelos dados das sondagens e do mapeamento atual, este contato possui direção aproximada em torno de N30°E com camamentos da ordem de 30° a 45° para o quadrante sudeste, na região próxima ao vertedouro, infletindo para leste tanto ao norte quanto ao sul desta

região As vesículas encontradas no SM-12, apesar do número muito reduzido e, em contrapartida a ausência quase que absoluta de vesículas nas demais sondagens neste litotipo, podem ser indicativas de topo do derrame vulcânico.

Já na região junto ao riacho afluente da margem direita do rio Jaibaras, a aproximadamente 280m a montante do eixo, no que provavelmente corresponde a base do derrame, ocorrem brechas vulcânicas e/ou conglomerados vulcanoclásticos de matriz arcoseana, com abundantes seixos arredondados de rochas vulcânicas alteradas e oxidadas, de dimensões variadas, intercalados por pacotes centimétricos de metarenitos e metapelitos arcoseanos. A espessura deste pacote varia em torno de 3 a 7m, na região do leito do riacho, sendo que, a geometria do contato dá-se através de uma discordância angular (FOTO 2)



FOTO 01 – Detalhe da rocha vulcânica porfirítica encontrada na região do vertedouro.

Na região do leito do Rio Jaibaras, numa faixa de aproximadamente 200 a 300 metros de largura e cerca de 1.500m de extensão, alinhada segundo a direção N30°E, ocorre uma rocha magmática/metamórfica, de cor cinza escura e com textura microporfirítica a porfirítica fina, mas suas características diferem consideravelmente das lavas vulcânicas que ocorrem na ombreira direita, apresentando, basicamente, biotitas em sua constituição petrográfica observada a olho nú. No atual nível de conhecimento, tomaremos aqui a designação dessas rochas como rochas gabróides.

Seus contatos com as rochas metassedimentares não foram identificadas em campo. No entanto, a forma aparentemente alongada deste corpo, sugere que o mesmo possa tratar-se de um dique ou *sill*, ou mesmo, que este corpo configure a expressão megascópica de uma possível interdigitação entre os derrames vulcânicos e rochas sedimentares adjacentes.

Segundo Gorayeb (1997), as lavas que ocorrem na região sul do *Graben* de Jaibaras, no eixo Arariús-Jaibaras e entre as cidades de Ararius e Cacimbas, seriam predominantemente de composição basáltica.

Rochas Siliciclásticas

Os tipos de rochas sedimentares que ocorrem na região de implantação da barragem de Taquara são metarenitos arcoseanos, às vezes micáceos, de granulometria fina a grossa, intercalados por metasiltitos e metaconglomerados polimíticos. A matriz é predominantemente constituída por materiais terrígenos siltico-argilosos, o que confere uma característica de imaturo a esses arenitos.

Distribuem-se por três regiões distintas, a saber vertedouro e região das barragens auxiliares na margem direita, entre o riacho afluente da margem direita e as rochas gabróides, e em toda a extensão da ombreira esquerda até os limites da região mapeada

Nas proximidades do vertedouro e das barragens auxiliares, ocorrem metarenitos intercalados por metaconglomerados polimíticos com seixos subangulosos de rochas vulcânicas, rochas granito-gnáissicas e rochas metassedimentares (arenitos e siltitos) A matriz é silto-argilosa de coloração castanho avermelhada (FOTO 3 e 4) À medida em que se afasta do vertedouro em direção às barragens auxiliares as intercalações de materiais grossos dão lugar às intercalações centimétricas de metassiltitos Em alguns afloramentos é possível de se notar a diminuição granulométrica da sequência em direção ao topo, o que confere uma granodecrescência ascendente Estratificações cruzadas acanaladas também são observadas nestes afloramentos e parecem corroborar a idéia original de topo da sequência para leste As camadas exibem direções em torno de $N43^{\circ}-75^{\circ}E$ com mergulhos de 25° a 36° para o quadrante sudeste

Na região adjacente ao leito do Rio Jaibas, os metassedimentos caracterizam-se principalmente pela presença de arenitos finos, de cor cinza a marrom, finamente intercalados por siltitos e argilitos ou folhelhos As camadas exibem, na região do ponto PT-10 (FOTO 5), direções em torno de $N30^{\circ}-60^{\circ}E$ com mergulhos da ordem de 20° a 45° para SE, sendo seu contato com as vulcânicas porfíricas marcado por uma discordância angular (FOTO 6). Como já dito anteriormente, as relações de contato entre esta associação e as rochas gabróides não puderam ser identificadas

Por fim, ao longo de toda a ombreira esquerda, ocorre um grande pacote de metarenitos finos, arcoseanos e intercalados por siltitos e argilitos. Predominam nessas rochas cores avermelhadas, podendo às vezes, adquirirem cores acinzentadas As camadas apresentam-se com direções semelhantes às descritas anteriormente nas outras ocorrências de metarenitos No entanto, o caimento é de médio grau, cerca de 60° para o quadrante NW (FOTO 7) Este comportamento prossegue até a região do dique da ombreira esquerda. Não foram observados os contatos desta sequência com outras rochas



FOTO 02 – Contato através de discordância angular entre as rochas vulcânicas e a associação metassedimentar no leito do riacho afluente da margem direita do Rio Jaibaras. Fotografia tirada com vista para Norte-Nordeste.

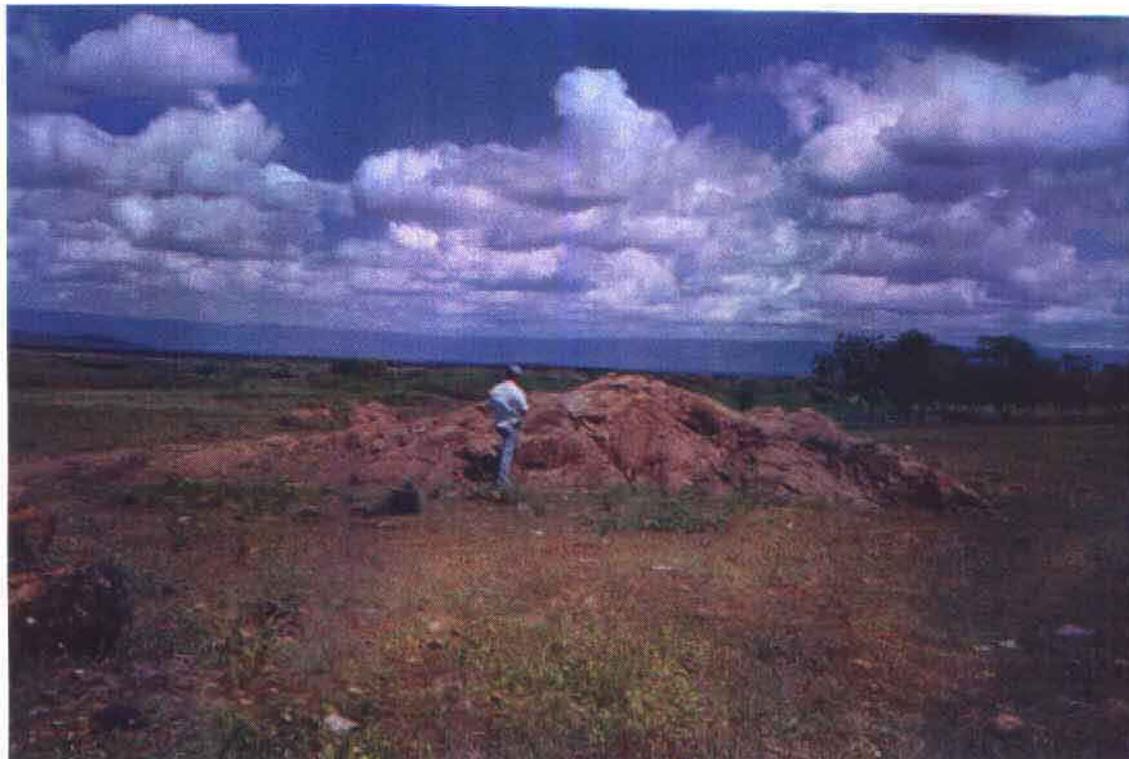


FOTO 03 – Afloramento de rochas metassedimentares na ombreira direita. Notar as intercalações de camadas conglomeráticas com areníticas. Fotografia tirada com vista para sul. A foto 4 mostra um detalhe do afloramento em questão.

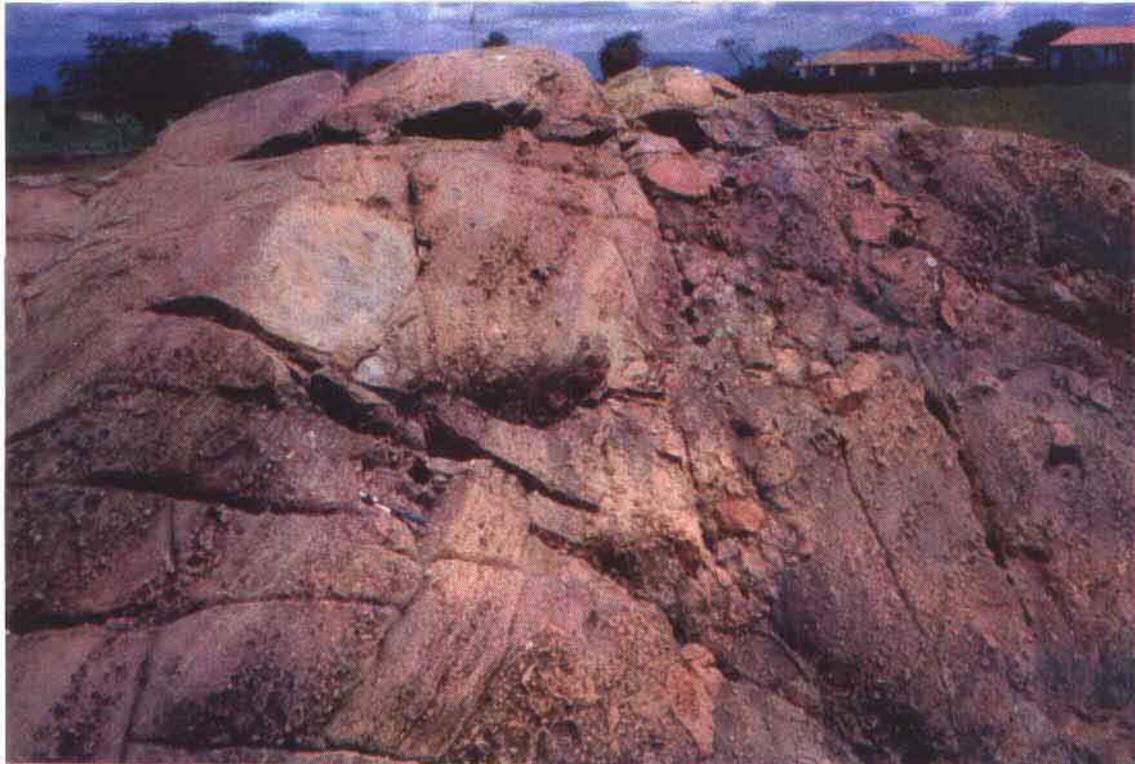


FOTO 04 – Detalhe do afloramento registrado na fotografia anterior. Notar os seixos de rochas vulcânicas (com vesículas, vacúolos), gnáissicas e de quartzitos. Como pode ser observado, predominam neste caso os seixos de rochas vulcânicas.



FOTO 05 – Intercalações de siltitos e arenitos finos observadas na associação metasedimentar (PT-10 - lapiseira apontando para o Norte).



FOTO 06 – Vista geral para sul do contato entre os metasedimentos à direita e as rochas vulcânicas (foto nas proximidades do ponto PT-10).



FOTO 07 – Metarenitos aflorantes na região da ombreira esquerda, próximo à estaca 5+00. Notar a pouca espessura do solo em toda a região de ocorrência dos metarenitos (foto tirada com vista para sudeste).

As condições de metamorfismo que afetaram as rochas da região são no geral de baixas temperaturas não devendo ultrapassar as condições de fácies xistoverde, o que pode ser evidenciado pela transformação localizada que acarreta nas rochas vulcânicas fenômenos de cloritização e sericitização dos minerais primários

Aluviões quaternários ocorrem no açude da Fazenda Flores e numa faixa de 350 m de largura ao longo do Rio Jaibaras, onde detectam-se espessuras de até 12 metros de areias finas silto-argilosas e siltes arenosos a argilosos

A ocorrência e distribuição dos materiais encontrados no mapeamento geológico-geotécnico local, bem como os resultados das fointerpretações geológicas encontram-se representados no desenho II-4-02/05-000 O desenho II-4-01/05-000 refere-se às convenções e legendas adotadas neste trabalho

4. GEOTECNIA

4.1 Investigações do Barramento e Vertedouro – Sondagens e Ensaio de Campo

4.1.1 Investigações Realizadas nos Estudos Anteriores

As campanhas de sondagens realizadas anteriormente à atual fase de estudos de viabilidade da barragem de Taquara estão resumidas na Tabela 4.1 Cabe-nos aqui salientar que os dados das campanhas anteriores foram utilizados com certa ressalva, principalmente pela incerteza nas locações dos furos e, quando da não disponibilidade de dados recentes

4.1.2 Investigações Realizadas no Estudo Atual

Para o desenvolvimento da atual fase de estudos foi realizada uma campanha de sondagens rotativas, sondagens a percussão e perfuração de poços de inspeção que subsidiaram os estudos de caracterização geológico-geotécnica e geomecânica aqui desenvolvidos (TABELA 4.2 e 4.3).

4.2 Modelo Geomecânico do Maciço

Para a elaboração do modelo geomecânico do maciço foram desenvolvidas as seguintes atividades descrição dos testemunhos de sondagens, elaboração de seções geomecânicas e classificação do maciço

4.2.1 Descrição Geomecânica dos Testemunhos de Sondagens Existentes

A caracterização geotécnica dos testemunhos de sondagem, foi realizada em todos os furos de sondagens disponíveis

TABELA 4.1

Resumo das Campanhas de Sondagens Anteriores para a Barragem de Taquara

SP-2	2,35	SEEBLA
SP-3	4,32	SEEBLA
SP-4	4,25	SEEBLA
SP-5	3,37	SEEBLA
SP-7	0,39	SEEBLA
SP-9	0,67	SEEBLA
SP-10	0,76	SEEBLA
SP-11	0,90	SEEBLA

SR-1	10,00	GEONORTE
SR-2	10,50	GEONORTE
SR-3	16,00	GEONORTE
SR-4	9,00	GEONORTE

SR-01	17,70	GEOTOP	17/12/80	20/12/80	30°
SR-02	19,50	GEOTOP	02/01/81	05/01/81	30°
SR-03	30,18	GEOTOP	23/12/80	05/01/81	30°
SR-04	30,18	GEOTOP	20/12/80	28/12/80	30°
SR-05	19,00	GEOTOP	03/01/81	09/01/81	30°

PI-1	0,54	GEONORTE	
PI-2	0,57	GEONORTE	
PI-3	0,86	GEONORTE	
PI-4	0,00	GEONORTE	Rocha Aflorante
PI-5	0,33	GEONORTE	
PI-6	1,65	GEONORTE	
PI-7	1,00	GEONORTE	
PI-8	0,45	GEONORTE	
PI-9	0,40	GEONORTE	
PI-10	0,40	GEONORTE	
PI-11	0,40	GEONORTE	
PI-12	0,45	GEONORTE	
PI-13	0,55	GEONORTE	
PI-14	0,48	GEONORTE	
PI-15	0,43	GEONORTE	
PI-16	0,68	GEONORTE	
PI-17	0,65	GEONORTE	
PI-18	0,90	GEONORTE	
PI-19	0,60	GEONORTE	
PI-20	0,50	GEONORTE	

TABELA 4.2

Sondagens Rotativas e a Percussão da atual Fase de Estudos – Barragem Taquara

SOND. Nº	AMARRAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)				PROF TOTAL (m)	DATA		Nº DE ENSAIOS			
		SOLO		ROCHA			INÍCIO	TÉRMINO	LE FRANC.		LU GEON	
		Prev.	Real	Prev.	Real				Prev.	Real	Prev.	Real
SONDAGENS ROTATIVAS												
SM-01	Est 70+00	14,00	10,90	12,00	12,60	23,50	04/05/00	18/05/00	10	4	4	4
SM-02	Est 74+00	6,00	8,60	9,00	12,40	21,00	13/04/00	20/04/00	4	4	3	4
SM-03	Est 67+00	4,00	12,70	9,00	15,30	28,00	13/04/00	03/05/00	3	6	3	5
SM-04	Est 87+14,00	6,00	0,30	9,00	9,20	9,50	25/04/00	26/04/00	4	0	3	3
SM-05	Est 60+00	2,00	11,20	9,00	9,60	20,80	12/04/00	19/04/00	1	6	3	3
SM-06	Est 82+00	2,00	0,80	6,00	15,70	16,50	23/05/00	26/05/00	1	0	2	5
SM-07	Est 63+00	2,00	8,55	6,00	15,60	24,15	10/05/00	15/05/00	1	4	2	5
SM-08	Est 92+00	4,00	0,80	12,00	15,20	16,00	12/05/00	14/05/00	2	0	4	5
SM-09	Est 50+00	4,00	1,30	8,00	8,70	10,00	22/05/00	24/05/00	-	1	-	3
SM-10	Est 33+00	4,00	0,20	8,00	9,30	9,50	16/05/00	17/05/00	-	0	-	3
SM-11	Est 17+00	4,00	0,45	8,00	6,55	7,00	20/05/00	21/05/00	-	0	-	2
SM-12	Est 25E - 100LEH	1,00	0,90	9,00	3,70	4,60	19/06/00	20/06/00	0	0	0	0
SM-13	Est 22E	1,00	1,00	9,00	9,00	10,00	17/06/00	19/06/00	0	0	0	0
SM-14	Est 25E - 100LDH	1,00	0,70	9,00	9,30	10,00	16/06/00	16/06/00	0	0	0	0
SM-15	Est 31E	1,00	0,70	9,00	9,30	10,00	09/06/00	10/06/00	0	0	0	0
SM-16	Est 28E	1,00	2,15	9,00	7,85	10,00	11/06/00	12/06/00	0	0	0	0
SM-17	Est 25E	1,00	0,50	19,00	18,50	19,00	13/06/00	15/06/00	0	0	6	6
TOTAL PARCIAL ROTATIVA		58,00	61,75	160,00	187,80	249,55	-	-	26	25	30	48
SONDAGENS A PERCUSSÃO												
SP-01	Est 64+00	10,00	10,53	-	-	10,53	16/05/00	16/05/00	7	5	-	-
SP-03	Est 64 - 60m Jus	10,00	10,37	-	-	10,37	17/05/00	17/05/00	7	5	-	-
SP-04	Est 69+00	10,00	6,30	-	-	6,30	20/04/00	20/04/00	7	3	-	-
SP-05	Est 69 - 60m Jus	10,00	6,60	-	-	6,60	22/04/00	22/04/00	7	3	-	-

continua

SOND Nº	AMARRAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)				PROF TOTAL (m)	DATA		Nº DE ENSAIOS			
		SOLO		ROCHA			INÍCIO	TÉRMINO	LE FRANC.		LU GEON.	
		Prev	Real	Prev	Real				Prev	Real	Prev	Real
SP-06	Est 69 - 60m Mont	14,00	6,75			6,75	23/04/00	23/04/00	10	3	-	
SP-07	Est 77+00	14,00	2,50	-		2,50	24/04/00	24/04/00	10	1		
SP-08	Est 77 - 40m Jus	14,00	2,17	-		2,17	24/04/00	24/04/00	10	1	-	
SP-09	Est 77 - 40m Mont	14,00	3,39		-	3,39	24/04/00	24/04/00	10	2		
SP-10	Est 85+00	14,00	1,25	-	-	1,25	27/04/00	27/04/00	10	0		
SP-11	Est 85 - 60m Jus	5,00	0,25	-	-	0,25	27/04/00	27/04/00	3	0		
SP-11A	Est 85 - 63m Jus	0,00	0,25		-	0,25	27/04/00	27/04/00	0	0	-	
SP-11B	Est 84+17,00/60m Jus	0,00	0,30		-	0,30	27/04/00	27/04/00	0	0	-	
SP-11C	Est 85+3,00/60m Jus	0,00	0,20			0,20	27/04/00	27/04/00	0	0		
SP-12	Est 85 - 60m Mont	5,00	1,39	-		1,39	23/05/00	23/05/00	3	1	-	
SP-13	Est 80+00	5,00	0,20	-	-	0,20	22/05/00	22/05/00	3	0		
SP-13A	Est 79+16	5,00	0,40	-	-	0,40	22/05/00	22/05/00	3	0		
SP-13B	Est 80 - 4m Jus	5,00	0,30			0,30	22/05/00	22/05/00	3	0	-	
SP-13C	Est 80 - 4m Mont	5,00	0,55			0,55	22/05/00	22/05/00	3	0	-	
SP-14	Est 95+00	5,00	0,30			0,30	12/05/00	12/05/00	3	0	-	
SP-15	Est 57+00	5,00	3,33	-	-	3,33	19/05/00	19/05/00	3	1		
SP-16	Est 54+00	4,00	0,25	-	-	0,25	12/05/00	12/05/00	2	0		
SP-17	Est 44+00	4,00	0,35	-	-	0,35	12/05/00	12/05/00	2	0	-	
SP-18	Est 37+00	4,00	0,60	-	-	0,60	12/05/00	12/05/00	2	0		
SP-19	Est 24+00	4,00	0,45		-	0,45	12/05/00	12/05/00	2	0	-	
SP-20	Est 12+00	4,00	0,95			0,95	24/05/00	24/05/00	2	0	-	
SP-21	Est 62 - 50m Jus	4,00	8,29		-	8,29	30/05/00	30/05/00	2	4	-	
SP-22	Est 62 - 50m Mont	4,00	7,28	-		7,28	29/05/00	30/05/00	2	3		
SP-23	Est 66+00	4,00	5,12	-		5,12	31/05/00	31/05/00	2	2		
SP-24	Est 67 - 50m Mont	4,00	7,25	-	-	7,25	31/05/00	31/05/00	2	3	-	
SP-25	Est 67 - 50m Jus	4,00	6,30	-	-	6,30	01/06/00	01/06/00	2	3	-	
SP-26	Est 72+00	4,00	4,30		-	4,30	01/06/00	01/06/00	2	2	-	
SP-27	Est 85 - 40m Mont	4,00	0,20		-	0,20	11/06/00	11/06/00	2	0	-	
SP-27A	Est 85 - 25m Mont	4,00	0,90		-	0,90	11/06/00	11/06/00	2	0	-	
SP-27B	Est 85+15,00/40m Mont	4,00	0,95		-	0,95	11/06/00	11/06/00	2	0	-	
TOTAL PARCIAL PERCUSSÃO		216,00	100,52	0,00	0,00	100,52	-	-	137	42	0	0
TOTAL GERAL		274,00	162,27	160,00	187,80	350,07	-	-	163	67	30	48

**TABELA 4.3 - POÇOS DE INSPEÇÃO NAS BARRAGENS/DIQUES AUXILIARES
BARRAGEM DE TAQUARA**

DIQUE MARGEM DIREITA				DIQUE MARGEM ESQUERDA			
POÇO Nº	ESTACA	PROF. (m)	OBS	POÇO Nº	ESTACA	PROF. (m)	OBS
P1	0 - B2	0,00	Topo Rochoso Aflorante	P1	E - 0	0,00	Topo Rochoso Aflorante
P2	1 - B2	0,00	Topo Rochoso Aflorante	P2	E - 1	0,10	
P3	2 - B2	0,20		P3	E - 3	0,40	
P4	3 - B2	0,30		P4	E - 5	0,30	
P5	4 - B2	0,25		P5	E - 7	0,40	
P6	5 - B2	0,40		P6	E - 9	1,25	
P7	6 - B2	0,50		P7	E - 11	0,80	
P8	7 - B2	0,40		P8	E - 13	0,00	Topo Rochoso Aflorante
P9	8 - B2	0,20		P9	E - 15	0,50	
P10	9 - B2	0,30		P10	E - 17	0,40	
P11	10 - B2	0,18		P11	E - 19	1,30	
P12	11 - B2	0,10		P12	E - 21	1,10	
P13	12 - B2	0,10		P13	E - 23	1,05	
P14	13 - B2	0,30		P14	E - 25	0,80	
P15	14 - B2	1,60		P15	E - 27	1,08	
P16	15 - B2	1,58		P16	E - 29	1,10	
P17	16 - B2	0,15		P17	E - 31	1,08	
P18	17 - B2	0,30		P18	E - 33	1,10	
P19	18 - B2	0,00	Topo Rochoso Aflorante	P19	E - 35	0,50	
P20	19 - B2	0,20		P20	E - 37	0,40	
P21	20 - B2	0,50		P21	E - 39	0,00	
P22	21 - B2	0,42		P22	E - 41	0,38	
P23	22 - B2	0,47		P23	E - 43	0,40	
P24	23 - B2	0,40		P24	E - 45	0,32	
P25	24 - B2	0,20		P25	E - 47	0,10	
P26	25 - B2	0,30		TOTAL		14,86	
P27	26 - B2	0,30		METRAGEM TOTAL = 24,71m			
P28	27 - B2	0,20					
TOTAL		9,85					

Os testemunhos de sondagens foram descritos segundo os conceitos sugeridos pela ISRM (International Society for Rock Mechanics - 1981), juntamente com as classificações de Bieniawski (1989) e as respectivas classificações encontram-se discriminadas no item subsequente 4.2.2

A Tabela 4.4 apresenta os graus de alteração, a Tabela 4.5 os graus de resistência e a Tabela 4.6 a classificação de Bieniawski (1989), adotados na descrição dos testemunhos.

TABELA 4.4
GRAUS DE ALTERAÇÃO

A1	Rocha Sã	Alteração mineralógica nula a incipiente. Minerais preservam brilho original, cor e clivagem. Eventual descoloração nas descontinuidades. Foliação visível e selada. Resistência original da rocha não afetada pela alteração.
A2	Rocha Pouco Alterada	Alteração mineralógica perceptível, cores esmaecidas e perda do brilho. Leve descoloração e oxidação na matriz e ao longo das descontinuidades. Foliação visível e selada. Juntas fechadas, paredes ligeiramente alteradas. Resistência original da rocha parcialmente afetada pela alteração.
A3	Rocha Moderadamente Alterada	A matriz apresenta-se descolorida, com evidências de oxidação. Juntas abertas (< 1.0 mm) e oxidadas, podendo ocorrer material mais alterado ao longo das descontinuidades. Foliação realçada pelo intemperismo. Resistência afetada pelo intemperismo.
A4	Rocha Muito Alterada	Alteração mineralógica muito acentuada, alguns minerais parcialmente decompostos em argilo-minerais. Matriz totalmente oxidada e cores muito modificadas. Fraturas abertas (2 < e < 5 mm) e oxidadas, preenchidas por materiais alterados. Foliação realçada pelo intemperismo. Deslocamentos ao longo da foliação. Resistência muito afetada pela alteração.
A5	Rocha Completamente Alterada	Todo o material está completamente alterado para solo estruturado. Extremamente descolorido, minerais resistentes quebrados e outros transformados em argilo-minerais. Foliação preservada. Juntas não discerníveis. Desintegra em água após um período de imersão.

Referência: Adaptado de Brown, 1981. "Suggested Methods for Rock Characterization Testing and Monitoring" - ISRM

TABELA 4.5

GRAUS DE RESISTÊNCIA / COERÊNCIA

R0	Extremamente Branda e Solo Estruturado Coesivo. Rijo a Duro	<ul style="list-style-type: none"> - Penetrada pela ponta do dedo polegar - Moldada pelas mãos - Facilmente penetrada pelo canivete e martelo de geólogo - Escavada por equipamento manual 	0,25 - 1,0
R1	Muito Branda	<ul style="list-style-type: none"> - Esmigalha-se facilmente sob o impacto de martelo de geólogo - Indentada facilmente pela ponta fina do martelo de geólogo - Riscada e raspada facilmente pelo canivete - Deslocamentos ao longo da foliação sob pressão dos dedos - Bordas dos fragmentos facilmente quebradas pela pressão dos dedos - Pequenos fragmentos (2 x 2 x 2 cm) não quebram sob pressão dos dedos - Escavação por equipamentos mecanizados 	1,0 - 5,0
R2	Rocha Branda	<ul style="list-style-type: none"> - Quebra-se sob único impacto do martelo - Indentação rasa sob impacto firme da ponta fina do martelo de geólogo - As bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos - A lâmina do canivete provoca sulco acentuado na superfície do fragmento - Podem ser raspadas pelo canivete - Escavação por equipamentos mecanizados, exigindo em alguns casos, fogo de afrouxamento do maciço 	5,0 - 25,0
R3	Medianamente Resistente	<ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão podem ser quebradas sob poucos golpes firmes do martelo de geólogo - Bordas finas dos fragmentos podem ser quebradas pelas mãos com certa dificuldade - Superfície pouco riscável por lâmina de aço - Não pode ser raspada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo 	25,0 - 50,0
R4	Resistente	<ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão requerem alguns golpes do martelo para serem quebrados - Bordas dos fragmentos dificilmente quebradas pelas mãos - Superfície dificilmente riscada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo 	50,0 - 100,0
R5	Muito Resistente	<ul style="list-style-type: none"> - Espécimes de mão requerem muitos golpes do martelo para serem quebrados - Fragmentos possuem bordas cortantes que resistem ao corte por lâmina de aço - Superfície praticamente não riscada pelo canivete - Escavada por desmonte a fogo 	100 - 250
R6	Extremamente Resistente	<ul style="list-style-type: none"> - Espécime somente lascados com uso do martelo 	> 250

Referência: Adaptado de Brown 1981 "Suggested Methods for Rock Characterization Testing and Monitoring"- ISRM Setembro, 2000

TABELA 4.6

CLASSIFICAÇÃO RMR (BIENIAWISKI, 1989)

Resistência da rocha intacta	Índice puntiforme (MPa)	10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Utilizar compressão simples		
	Compressão simples (MPa)	250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	15 - 25	1 - 15	1
Peso Relativo		15	12	7	4	2	1	0
RQD (%) (Designação de Qualidade da Rocha)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Peso Relativo		20	17	13	8	3		
Espaçamento de fraturas		> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60mm		
Peso Relativo		30	25	10	8	5		
Condições das fraturas		Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras	Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras	Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles	Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas	Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm contínuas		
Peso Relativo		30	25	20	10	0		
Água subterrânea	Infiltração em 10 m de túnel (l/min)	Nenhuma (ou)	< 1,0	< 25 (ou)	25 - 125 (ou)	> 125 (ou)		
	Relação [pressão de água na fratura / tensão principal máxima]	0 (ou)	< 0,1	0,1 - 0,2 (ou)	0,2 - 0,5 (ou)	0,5 (ou)		
	Condições gerais	Completamente seco		Umidade	Água sob pressão moderada	Problemas graves de água		
Peso Relativo		10		7	4	0		
Ajuste para orientação das descontinuidades								
Direção e mergulho		Muito favorável	Favorável	Acentável	Desfavorável	Muito desfavorável		
Peso Relativo	Túneis	0	-2	-5	-10	-12		
	Fundações	0	-2	-7	-15	-50		
	Taludes	0	-2	-25	-50	-60		
Classes do maciço rochoso								
Classe		I	II	III	IV	V		
Descrição		Muito bom	Bom	Regular	Pobre	Muito pobre		
Soma dos Pesos		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20		
Significado das classes								
Classe		I	II	III	IV	V		
Tempo médio de auto-sustentação		10 anos	6 meses	1 semana	5 horas	10 minutos		
vão da seção (m)		15	10	5	2,5	1,0		
Coesão (KPa)		> 400	400 - 300	300 - 200	200 - 100	< 100		
Ângulo de atrito (°)		> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		

4.2.2 Planilhas de Classificação Geomecânica dos Testemunhos de Sondagens

A seguir são apresentadas as planilhas de classificação geomecânica dos testemunhos de sondagem da atual campanha dos estudos

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo N°: SM-01
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ----
 Elevação: 108,55m

Data de Execução: 04/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Faturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	10,90	SOLO										R1	A5					Matacão de 9,35m a 9,55m.
PESO RELATIVO (RMR)																	V	
10,90	11,11	PLUT.	100	57	9	J	P-I	MR,K			U	R5	A2	SH,I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)																	13	
11,11	12,30	PLUT.	100	92	12	J	P-I	MR,K		25	7	15		-7	5	58	III	
PESO RELATIVO (RMR)																	20	
12,30	13,10	PLUT.	100	83	7	J	P	MR,K			U	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)																	17	
13,10	13,55	PLUT.	100	0	15	J	P	MR,K			U	R5	A1	SH,I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)																	3	
13,55	15,07	PLUT.	100	57	30	J	P,C	MR,K			U	R5	A1	SV,I,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)																	13	
15,07	23,50	PLUT.	100	71	77	J	P,C	MR,K			U	R5	A1	SH,I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)																	13	
23,50	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU Fratura: Fr Cisalhamento: CIS Veio: V	Falha: FL Acamamento: A Foliação: FO, FOL	P: Planar C: Curvado O: Ondulado	D: Dentada I: Irregular
		P: Polida K: Slickensided L: Lisa	R: Rugosa MR: Muito Rugosa
		Arg: Argila CA: Calcita S: Sulfeto QZ: Quartzo	G: Gouge TQ: Testemunho Quebrado CL: Clorita B: Biotita
			OX: Óxido FE: Ferro

000032

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo Nº: SM-02
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 109,027m

Data de Execução: 13/04/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	8,60	SOLO										R1	A5				V	
8,60	11,16	PLUT.	100	75	25	J	P,C	R,K			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				17						20	7	15		-7	8	60	III	
11,16	11,52	PLUT.	100	0	8	J	P-C	R,K			U	R5	A1	I	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	7	15		-7	5	43	III	
11,52	18,28	PLUT.	100	78	65	J	P,C,I	MR,K			U	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	10	67	II	
18,28	19,05	PLUT.	100	19	18	J	P,C,I	MR,K			U	R5	A1	SH,I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						25	7	15		-7	5	48	III	
19,05	20,80	PLUT.	100	69	15	J	P,C	MR,K			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
20,80	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:		Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:				
Junta: J, JU	P. Planar	D: Dentada	P: Polida	R: Rugosa	Arg: Argila	G: Gouge	OX: Óxido	
Fratura: Fr	Falha: FL	C: Curvado	I: Irregular	K: Stickensided	MR: Muito Rugosa	CA: Calcita	TQ: Testemunho Quebrado	FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	Acamamento: A	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto	CL: Clorita	BI: Biotita		
Veio: V	Foliação: FO, FOL			QZ: Quartzo				

000033

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A, C-C
 Furo Nº: SM-03
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ----
 Elevação: 109.647m

Data de Execução: 03/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	12,70	SOLO										R1	A5				V	
12,70	13,95	PLUT.	100	33	25	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	7	15		-7	8	51	III	
13,95	16,56	PLUT.	100	62	38	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	7	15		-7	8	56	III	
16,56	16,70	PLUT.	100	0	5	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						25	7	15		-7	5	48	III	
16,70	17,70	PLUT.	100	35	16	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SV,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	7	15		-7	8	56	III	
17,70	21,30	PLUT.	100	74	32	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
21,30	22,00	PLUT.	100	61	15	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
22,00	23,30	PLUT.	100	51	23	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SV,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
23,30	28,00	PLUT.	100	64	72	J	P,C	R			U	R5	A1	I,SH,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
28,00	LIMITE DA SONDAEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU	P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	G: Couge OX: Óxido
Fratura Fr	Falha FL	C: Curvado I: Irregular	CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferró
Cisalhamento CIS	Acarramento A	K: Slickensided MR: Muito Rugosa	S: Sulfeto CL: Clorita BI: Biotita
Veio: V	Foliação: FO, FOL	L: Lisa	QZ: Quartzo

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: A-A
 Furo N°: SM-04
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 108,03m

Data de Execução: 25/04/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Faturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,30	SOLO										R1	A5				V	
0,30	2,12	VULC.	100	91	1	Fr	P,C	R			U	R5	A2	I	F2			
					2	J	P,C	L,R			U	R5	A2	(,SV	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						20	7	15		-7	25	80	I	
2,12	2,28	VULC.	100	0	5	J	P,C	L,R			U	R5	A1	I	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	7	15		-7	5	43	III	
2,28	9,50	VULC.	100	97	19	J	P	R			U	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	7	15		-7	25	85	I	
9,50	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles	20
Superfícies estrimadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:		Forma:		Rugosidade:		Preenchimento:		
Junta: J, JU		P: Planar	D: Dentada	P: Polida	R: Rugosa	Arg: Argila	G: Gouge	OX: Oxido
Fratura Fr	Falha FL	C: Curvado	I: Irregular	K: Slickensided	MR: Muito Rugosa	CA: Calcita	TQ: Testemunho Quebrado	FE: Ferro
Cisalhamento CIS	Acamamento: A	O: Ondulado		L: Lisa		S: Sulfeto	CL: Clorita	
Veio: V	Foliação FO, FOL					QZ: Quartzo	Bl: Biotita	

PAGINA: 1 DE: 1

000035

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: A-A
 Furo N°: SM-05
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 108,781m

Data de Execução: 11/04/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	11,20	SOLO										R1	A5				V	
11,20	11,62	PLUT.	100	64	4	J	P,I	R,MR			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25	10	7	15		-7	10	73	II	
11,62	11,84	PLUT.	100	0		J	P,I	R,MR			U	R5	A1	I,SH,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3					25	10	7	15		-7	5	58	III	
11,84	20,80	PLUT.	100	88	36	J	P,C	R,MR			U	R5	A1	I,SH,SV	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17					25	10	7	15		-7	25	92	I	
20,80	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU	P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Oxido
Fratura: Fr Falha: FL	C: Curvado I: Irregular	K: Slickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TQ: Testemunho/Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento: CIS Acamamento: A	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita
Veio: V Folição: FO, FOL			QZ: Quartzo BI: Biotite

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo N°: SM-06
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 107,90m

Data de Execução: 23/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Numero	Observações
0,00	0,80	SOLO										R1	A5				V	
0,80	0,94	ARENITO	100	0		J	P,I	R,MR	ARG		U	R3	A3	I,SV,SH	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	7	7		-7	5	35	IV	
0,94	3,80	ARENITO	100	60	19	J	P,I	R,MR	ARG		U	R5	A1	SH,I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	7	15		-7	10	58	III	
3,80	4,50	ARENITO	100	60	8	J	P,C	R,MR			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
4,50	5,65	ARENITO	100	65	11	J	P,I	R,MR			U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
5,65	6,30	ARENITO	100	71	9	J	P,I	R,MR			U	R5	A1	I,SV,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
6,30	7,00	ARENITO	100	34	11	J	P,I	R,MR			U	R5	A1	SH,I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	7	15		-7	8	56	III	
7,00	16,50	ARENITO	100	67	53	J	P,I	R,MR			U	R5	A1	SH,I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
16,50	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estrididas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU	P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	C: Curvado I: Irregular	K: Stickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TC: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento CIS		L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita
Velo: V	Falha: FL		QZ: Quartzo BI: Biotita
	Acamamento: A		
	Foliação: FO, FOL		

000037

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A, B-B
 Furo N°: SM-07
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 106,00m

Data de Execução: 10/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
18,15	19,35	PLUT.	100	66	8	J	P-I	R			U	R5	A1	I,V,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
19,35	21,15	PLUT.	100	91	11	J	P	R			U	R5	A1	H,I,V	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	7	15		-7	10	70	II	
21,15	22,00	PLUT.	100	54	12	J	P	R			U	R5	A1	SH,I,V	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
22,00	22,70	PLUT.	100	54	5	J	P	R			U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
22,70	24,15	PLUT.	100	55	14	J	P-I	R			U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
24,15	LIMITE DA SONDAAGEM																	

000038

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A, B-B
 Furo N°: SM-07
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 106,00m

Data de Execução: 10/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Meig	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	8,55	SOLO										R1	A5				V	
8,55	9,00	PLUT.	88	40	4	J	P	R	OX		U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	7	15		-7	10	53	III	
9,00	10,55	PLUT.	100	40	12	J	P-I	R-MR			U	R5	A1	SV,I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	7	15		-7	8	56	III	
10,55	11,65	PLUT.	100	50	7	J	P	R			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
11,65	12,15	PLUT.	100	64	3	J	P	R			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
12,15	13,65	PLUT.	100	77	7	J	P-C	R			U	R5	A1	I,V	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	25	82	I	
13,65	15,15	PLUT.	100	87	8	J	P	R			U	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	25	82	I	
15,15	16,45	PLUT.	100	86	5	J	P	R			U	R5	A1	I,SV,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	25	82	I	
16,45	17,85	PLUT.	100	89	7	J	P-O	R			U	R5	A1	I,V	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	25	82	I	
17,85	18,15	PLUT.	100	80	2	J	P	R			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	10	67	II	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:		Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU		P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	Falha: FL	C: Curvado Irregular	K: Stickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	Açarnamento: A	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita BI: Biotita
Veio: V	Foliação: FO, FOL			QZ: Quartzo

000039

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo N°: SM-08
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 115,10m

Data de Execução: 12/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	1,00	SOLO										R1	A5				V	
1,00	2,25	VULC.	100	0	28	J	P	R,MR	AG		S	R4	A3	SH,I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	10	12		-7	5	43	III	
2,25	3,15	VULC.	100	43	11	J	P	R,MR	AG		S	R4	A2	I,SH,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	10	12		-7	8	51	III	
3,15	6,37	VULC.	100	98	6	J	P	R,MR	AG		S	R5	A1	I,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						20	10	15		-7	25	83	I	
6,37	8,30	VULC.	100	88	12	J	P	R,MR			S	R3	A3	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	7		-7	10	62	II	
8,30	16,00	VULC.	100	75	37	J	P	R,MR			U	R5	A1	I,SH	F2			Fragmentado de 14,10m a 14,50m
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	25	82	I	
16,00	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:		Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU		P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	Falha: FL	C: Curvado I: Irregular	K: Slickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TO: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	Acamamento: A	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita
Veio: V	Foliação: FO, FOL			OZ: Quartzo BI: Biotita

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo N°: SM-10
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 121,34m

Data de Execução: 16/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nivel D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Número	Observações
3,00	3,50	ARENITO	100	72	3	J	P	R			U	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
3,50	4,60	ARENITO	100	60	10	J	P	R-L	ARG		U	R5	A1	SH,I	F3			
					1	A	P	L			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
4,60	5,90	ARENITO	100	58	9	J	P,I	R-MR	OX		U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
5,90	6,50	ARENITO	100	52	7	J	P	R-K	OX		U	R5	A1	I,SH	F4			
					3	A	P	L-R	OX		U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	
6,50	8,00	ARENITO	100	56	7	J	P,O	R			U	R5	A1	I,SH	F3			
					6	A	P	L-R			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
8,00	9,50	ARENITO	100	70	7	A	P	L			U	R5	A1	I	F3			
					4	J	P	R			U	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	63	II	
9,50	LIMITE DA SONDAAGEM																	

PROJETO: TAQUARA PROJETO N°: 009-5601 DESCRITO: CMS DATA: 27/05/00 PÁGINA 2 DE 2

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo Nº: SM-10
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 121,34m

Data de Execução: 16/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: ---
 Leste: ---
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,20	SOLO										R1	A5				V	
0,20	0,50	ARENITO	100	60	3	A	P	L	ARG		U	R4	A2	I	F4			Descontinuidades oxidadas.
					2	J	P	R	ARG,SIL		U	R4	A2	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	7	12		-7	8	53	III	
0,50	0,90	ARENITO	100	71	3	J	P	R-L	ARG,		U	R5	A1	I,SH	F3			Paredes alteradas a 0,50m.
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	7	15		-7	10	58	III	
0,90	1,15	ARENITO	100	46	2	A	P	L			U	R5	A1	I	F4			
					1	J	P	R			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	7	15		-7	8	56	III	
1,15	1,55	ARENITO	100	30	8	J	P	R			U	R5	A1	I	F5			
					11	A	P	L			U	R5	A1	I	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	7	15		-7	5	53	III	
1,55	1,90	ARENITO	100	80	4	A	P	L			U	R5	A1	I	F4			
					3	J	P	R			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	8	65	II	
1,90	3,00	ARENITO	100	63	6	A	P	L			U	R5	A1	I	F4			Superfícies das fraturas oxidadas.
					7	J	P	R			U	R5	A1	I,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	61	II	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhoriz. 0
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU Fratura: Fr	P: Planar D: Dentada C: Curvado I: Irregular	P: Polida R: Rugosa K: Slickensided MR: Muito Rugosa	Arg Argila G: Gouge OX: Oxido CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferro S: Sulfeto CL: Clorita Velo: V Folição: FO, FOL

PAGINA: 1 DE 1

000043

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: A-A
 Furo Nº: SM-11
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 121,75m

Data de Execução: 20/05/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,45	SOLO										R1	A5				V	
0,45	1,35	ARENITO	100	30	9	J	P-C	R,MR	ARG		U	R4	A2	I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	7	12		-7	5	-45	III	
1,35	1,75	ARENITO	100	0	10	J	P-C	R,MR	ARG		U	R4	A2	I,SV,SH	F5			Fragmentado de 1,35m a 1,85m
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	7	12		-7	5	-40	IV	
1,75	2,40	ARENITO	100	22	11	J	P-C	R,MR	ARG		U	R5	A1	I,SH,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	7	15		-7	8	-46	III	
2,40	3,70	ARENITO	100	65	15	J	P-C	R,MR			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	-61	II	
3,70	4,00	ARENITO	100	100	3	J	P-C	R,MR			U	R5	A1	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	7	15		-7	8	-68	II	
4,00	5,25	ARENITO	100	56	12	J	P-C	R,MR			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	10	-63	II	
5,25	6,55	ARENITO	100	84	9	J	P-C	R,MR			U	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	7	15		-7	10	-67	II	
6,55	7,00	ARENITO	100	67	6	J	P-C	R,MR			U	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	7	15		-7	8	-61	II	
7,00	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidade	0
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 27/05/00

Forma	Rugosidade	Preenchimento
P: Planar	P: Polida	Arg: Argila
D: Dentada	R: Rugosa	G: Gouge
C: Curvado	K: Stickensided	CA: Calcita
I: Irregular	MR: Muito Rugosa	TC: Testemunho Quebrado
O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto
		CL: Clorita
		QZ: Quartzo
		Bl: Biotita
		OX: Óxido
		FE: Ferro

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: F-F
 Furo Nº: SM-12
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 134,15m

Data de Execução: 19/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: ---
 Leste: ---
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,90	SOLO										R1	A5				V	
0,90	1,30	VULC.	100	78	4	J	P	R			S	R4	A2	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17					20		10	12		-7	10	62	II	
1,30	1,80	VULC.	100	57	4	J	P	R,MR			S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25		10	15		-7	10	66	II	
1,80	2,30	VULC.	100	73	2	J	P	R			S	R5	A1	I,SV	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25		10	15		-7	25	81	I	
2,30	3,60	VULC.	100	85	9	J	P,C	R			S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17					25		10	15		-7	10	70	II	
3,60	4,60	VULC.	100	100	2	J	P,C	R			S	R5	A1	I,SV	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20					25		10	15		-7	25	88	I	
4,60	LIMITE DA SONDAAGEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estradas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidade		0
H	Horizontais (mergulho < 5°)	
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)	
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)	
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)	
V	Verticais (mergulho > 85°)	

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade		Forma	Rugosidade	Preenchimento
Junta: J, JU	Falha: FL	P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	Acarnamento: A	C: Curvado I: Irregular	K: Stickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	Foliação: FO, FOL	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita BI: Biotita
Veio: V				

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: G-G
 Furo Nº: SM-13
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ----
 Elevação: 130,76m

Data de Execução: 17/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Faturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	1,00	SOLO										R1	A5				V	
1,00	1,50	ARENITO	100	74	6	J	P,C	R,MR	ARG		S	R4	A2	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13					20		10	12		-7	8	56	III	
1,50	1,90	ARENITO	100	45	6	J	P,C	R	ARG		S	R5	A1	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8					20		10	15		-7	8	54	III	
1,90	2,40	ARENITO	100	78	3	J	P,C	R	ARG		S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17					20		10	15		-7	10	65	II	
2,40	3,60	ARENITO	100	64	7	J	P,C	R,MR	ARG		S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					20		10	15		-7	10	61	II	
3,60	4,80	ARENITO	100	91	8	J	P,C	R,MR	ARG		S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				20					20		10	15		-7	10	68	II	
4,80	5,80	ARENITO	100	66	8	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25		10	15		-7	10	66	II	
5,80	6,80	ARENITO	100	80	4	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17					25		10	15		-7	25	85	I	
6,80	7,90	ARENITO	100	77	4	J	P,C	R,MR			S	R5	A1	I,SV	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17					25		10	15		-7	25	85	I	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas; abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas; abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm; contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm; contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	0
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU Fratura: Fr Clisalhamento: CIS Veto: V	Falha: FL Acamamento: A Foliação: FO, FOL	P: Plana C: Curvado L: Lisa K: Slickensided MR: Muito Rugosa	R: Rugosa Arg: Argila CA: Calcita S: Sulfeto QZ: Quartzo G: Gouge TQ: Testemunho Quebrado CL: Clonita BI: Brita

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: F-F
 Furo N°: SM-14
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 132,00m

Data de Execução: 16/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,70	SOLO										R1	A5				V	
0,70	1,00	ARENITO	100	0	8	J	P,I	R,MR	ARG		S	R4	A2	I,SH	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	10	12		-7	5	43	III	
1,00	1,45	ARENITO	100	25	5	J	P,I	R,MR	ARG		S	R4	A2	I,SV,SH	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				3						20	10	12		-7	8	46	III	
1,45	2,95	ARENITO	100	74	13	J	P,C	R,MR	ARG		S	R4	A2	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	10	12		-7	10	58	III	
2,95	3,65	ARENITO	100	73	4	J	P,I	R,MR	ARG		S	R4	A2	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	10	12		-7	10	58	III	
3,65	4,45	ARENITO	100	61	11	J	P,I	R,MR	ARG		S	R4	A2	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	10	12		-7	8	56	III	
4,45	5,15	ARENITO	100	52	6	J	P	R			S	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	10	15		-7	10	66	II	
5,15	6,65	ARENITO	100	78	8	J	P	R			S	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	10	70	II	
6,65	8,15	ARENITO	100	69	10	J	P,I	R			S	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	10	15		-7	10	66	II	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidade	Q
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO N°: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU	P. Planar; D. Dentada	P. Polida; R. Rugosa	Arg: Argila; G. Gouge; OX. Óxido
Fratura: Fr	C. Curvado; I. Irregular	K. Stickensided; MR. Muito Rugosa	CA: Calcita; TQ: Testemunho Quebrado; FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	O. Ondulado	L: Lisa	S: Sulfato; CL: Clorita
Velo: V	Folhação: FO, FOL		QZ: Quartzo; BI: Biotita

PÁGINA: 1 DE: 2

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: G-G
 Furo Nº: SM-15
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 132,25m

Data de Execução: 09/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,70	SOLO										R1	A5				V	
0,70	1,10	VULC.	100	100	0						S	R5	A1		F1			
PESO RELATIVO (RMR)				20						30	10	15		-7	30	98	I	
1,10	1,60	VULC.	100	100	0						S	R5	A1		F1			
PESO RELATIVO (RMR)				20						30	10	15		-7	30	98	I	
1,60	2,05	VULC.	100	100	0						S	R5	A1		F1			
PESO RELATIVO (RMR)				20						30	10	15		-7	30	98	I	
2,05	3,55	VULC.	93	100	1	J	P	R			S	R5	A1	I	F1			Leve oxidação da superfície.
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	30	93	I	
3,55	5,00	VULC.	100	100	2	J	P	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
5,00	6,45	VULC.	100	88	4	J	P	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	25	85	I	
6,45	7,90	VULC.	100	95	3	J	P	R,MR			S	R5	A1	SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
7,90	9,30	VULC.	100	95	3	J	P	R,MR			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura: 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU Fratura: Fr Cisalhamento: CIS Veio: V	P: Planar C: Curvado O: Ondulado D: Dentada I: Irregular	P: Polida K: Stickensided L: Lisa R: Rugosa MR: Muito Rugosa	Arg: Argila CA: Calcita S: Sulfeto QZ: Quartzo G: Gouge TC: Testemunho Quebrado CL: Clorita B: Biotita OX: Óxido FE: Ferro

PAGINA: 1 DE 2

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.



Seção: G-G
 Furo Nº: SM-16
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 132,77m

Data de Execução: 11/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX

De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Número	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	2,15	SOLO										R1	A5				V	
2,15	3,65	ARENITO	100	64	14	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25		10	15		-7	10	66	II	
3,65	5,10	ARENITO	100	71	8	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13					25		10	15		-7	10	66	II	
5,10	6,50	ARENITO	100	99	3	J	P,C	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20					25		10	15		-7	25	88	I	
6,50	7,80	VULC.	100	83	4	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			Contato selado entre litologias.
PESO RELATIVO (RMR)				17					25		10	15		-7	25	85	I	
7,80	9,15	VULC.	100	97	3	J	P	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20					25		10	15		-7	25	88	I	
9,15	10,00	VULC.	100	95	1	J	P	R			S	R5	A1	SH	F1			
PESO RELATIVO (RMR)				20					25		10	15		-7	30	93	I	
10,00	LIMITE DA SONDADEM																	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizontais (5° < mergulho < 30°)
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade:		Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU		P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	Falha: FL	C: Curvado I: Irregular	K: Slickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento: CIS	Acamamento: A	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita
Veio: V	Foliação: FO, FOL			QZ: Quartzo BI: Biotta

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: F-F, G-G
 Furo Nº: SM-17
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ---
 Elevação: 132,68m

Data de Execução: 13/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fratramento	RMR	Classe Número	Observações
6,30	7,50	ARENITO	100	100	2	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
7,50	9,10	ARENITO	100	95	4	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
9,10	10,50	ARENITO	100	83	6	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	25	85	I	
10,50	11,80	ARENITO	100	68	9	J	P,J	R,MR			S	R5	A1	I,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	10	15		-7	10	66	II	
11,80	12,50	ARENITO	100	74	4	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I,SH,SV	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	10	15		-7	10	66	II	
12,50	13,50	ARENITO	100	35	14	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						25	10	15		-7	8	59	III	
13,50	15,00	ARENITO	100	61	13	J	P,I	R,MR			S	R5	A1	I,SH	F3			
PESO RELATIVO (RMR)				13						25	10	15		-7	10	66	II	
15,00	15,90	ARENITO	100	100	2	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
15,90	16,50	VULC.	100	100	2	J	P	R			S	R5	A1	I,SH	F2			Contato selado entre litologias.
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
16,50	17,80	VULC.	100	100	2	J	P	R			S	R5	A1	SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
17,80	19,00	VULC.	100	94	3	J	P	R			S	R5	A1	SH	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
19,00	LIMITE DA SONDAAGEM																	

000053

PLANILHA DE CLASSIFICAÇÃO - BIENIAWSKI SISTEMA RMR

NOTA: Sempre medir superfícies da base do testemunho.

Seção: F-F, G-G
 Furo Nº: SM-17
 Inclinação: VERTICAL
 Azimute: ----
 Elevação: 132,68m

Data de Execução: 13/06/2000
 Tipo de Sondagem: MISTA
 Empresa: MINAS SOLOS

Norte: _____
 Leste: _____
 Diâmetro do Testemunho: NX



De	até	Tipo de Rocha	TCR (%)	RQD (%)	Numero	Tipo	Forma	Rugosidade	Preenchimento	Cond.	Nível D'água	Resistência	Alteração	Dir./Merg	Fraturamento	RMR	Classe Número	Observações
0,00	0,50	SOLO										R1	A5				V	
0,50	1,00	ARENITO	100	66	6	J	P,C	R	ARG		S	R5	A1	I,SV	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				13						20	10	15		-7	8	59	III	
1,00	1,30	ARENITO	100	42	5	J	P	R	ARG		S	R5	A1	I	F4			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	10	15		-7	8	54	III	
1,30	1,80	ARENITO	100	25	12	J	P,I	R,MR	ARG		S	R5	A1	I,SV	F5			
PESO RELATIVO (RMR)				8						20	10	15		-7	5	51	III	
1,80	2,70	ARENITO	100	92	4	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	25	88	I	
2,70	3,40	ARENITO	100	80	5	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	25	85	I	
3,40	4,50	ARENITO	100	86	5	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	25	85	I	
4,50	5,80	ARENITO	100	88	6	J	P	R			S	R5	A1	I	F2			
PESO RELATIVO (RMR)				17						25	10	15		-7	25	85	I	
5,80	6,30	ARENITO	100	100	0						S	R5	A1		F1			
PESO RELATIVO (RMR)				20						25	10	15		-7	30	93	I	

Condições das Fraturas	valor
Superfícies muito rugosas, não contínuas, fechadas, paredes duras.	30
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes duras.	25
Superfícies pouco rugosas, abertura < 1 mm, paredes moles.	20
Superfícies estriadas ou preenchimento < 5 mm ou abertura 1 - 5 mm, contínuas.	10
Preenchimento mole > 5 mm ou abertura > 5 mm, contínuas.	0

Orientação das Descontinuidades	
H	Horizontais (mergulho < 5°)
SH	Subhorizc 0
I	Inclinadas (30° < mergulho < 60°)
SV	Subverticais (60° < mergulho < 85°)
V	Verticais (mergulho > 85°)

PROJETO: TAQUARA
 PROJETO Nº: 009-5601
 DESCRITO: CMS
 DATA: 05/07/00

Tipo de Descontinuidade:	Forma:	Rugosidade:	Preenchimento:
Junta: J, JU	P: Planar D: Dentada	P: Polida R: Rugosa	Arg: Argila G: Gouge OX: Óxido
Fratura: Fr	C: Curvado I: Irregular	K: Slickensided MR: Muito Rugosa	CA: Calcita TQ: Testemunho Quebrado FE: Ferro
Cisalhamento CIS	O: Ondulado	L: Lisa	S: Sulfeto CL: Clorita
Veio: V	Foliação: FO, FOL		QZ: Quartzo BI: Biotita

4.2.3 Elaboração de Seções Geomecânicas

Para a elaboração do modelo geomecânicos do maciço, 6 seções geomecânicas verticais foram elaboradas a partir da caracterização dos testemunhos de sondagem

Seções Verticais

- Seção Vertical Longitudinal A-A pelo eixo da Barragem (Desenho II-4-03/05-000),
- Seção Vertical B-B Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-4-04/05-000);
- Seção Vertical C-C Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-4-04/05-000),
- Seção Vertical D-D Transversal ao eixo da Barragem (Desenho II-4-04/05-000),
- Seção Vertical E-E Longitudinal ao eixo do Vertedouro (Desenho II-4-04/05-000),
- Seção Vertical F-F Transversal ao eixo do Vertedouro (Desenho II-4-04/05-000),

Em cada seção vertical estão indicadas as classes geomecânicas de maciço bem como os parâmetros de classificação utilizadas

4.2.4 Classificação Geomecânica do Maciço

Para a classificação geomecânica do maciço foi utilizada a classificação de Bieniawski apresentada na Tabela 4.6, aplicada aos testemunhos de sondagens da atual campanha

A Tabela 4.7 apresenta a caráter ilustrativo, a correlação entre as classificações de Bieniawski e de Barton *et al* no que se refere ao RMR e aos índices de Q, bem como uma avaliação entre as classe, apesar desta última classificação não ter sido empregada na atual fase dos estudos

TABELA 4.7 - CLASSES DE MACIÇO

CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE BIENIAWSKI E BARTON

RMR	100 – 80	80 – 60	60 - 40	40 – 20	20 – 0
ÍNDICE Q	> 48	48 – 10	10 - 0,5	0,5 - 0,06	< 0,06
TERMO DESCRITIVO	Muito bom	Bom	Regular	Pobre	Solo / rocha alterada

4.2.5 Estratos Geomecânicos do Maciço

O modelo geomecânico da região de implantação da Barragem de Taquara, elaborado com base na caracterização dos testemunhos de sondagem e nas seções geomecânicas, demonstrou que existem 3 classes geomecânicas principais no maciço rochoso

- Classe V-IV - Estrato Superior – constituído por solo residual, saprolito e aluvião, com resistência muito branda (R1), e material extremamente alterado (A5), ocorrendo com espessuras muito reduzidas, variando de algumas dezenas de centímetros a poucos metros, nas regiões das ombreiras, a pouco mais de quatro metros na região do leito do Rio Jaguaribe
- Classe III – Estrato Intermediário - correspondendo maciço rochoso muito fraturado (F4) a extremamente fraturado (F5), composto por rochas medianamente resistentes a resistentes (R3 e R4) e pouco alteradas (A2) a medianamente alteradas (A3) Em termos práticos, o critério mais marcante para este limite de classe foi o grau de alteração por ser este mais marcante e mensurável
- Classe II-I - Estrato inferior correspondente ao maciço rochoso bom a muito bom, pouco fraturado, muito resistente (R5), composta por rocha sã (A1)

4.2.6 Descontinuidades Estruturais do Maciço

Quanto ao aspecto geomecânico do maciço, as descontinuidades observadas nos testemunhos de sondagem e no mapeamento de campo não apontam para zonas de fraquezas expressivas dos constituintes litológicos presentes na região de implantação da barragem.

As fraturas/juntas presentes estão na maioria dos casos seladas, ou parcialmente abertas e oxidadas, com formas curvilineares, rugosas a muito rugosas e sem preenchimento por materiais brandos que venham a comprometer a resistência do maciço

O acamamento sedimentar, da mesma forma que as fraturas/juntas, também não representa excessiva limitação das características geomecânicas do maciço rochoso. Os dados obtidos pelo levantamento de campo estão resumidos na Tabela 4.8

As estruturas levantadas em campo foram analisadas e interpretadas utilizando-se os estereogramas de frequência, separando-as quanto ao tipo de estrutura (fratura, acamamento e foliações S1 e S2), tipo de rocha e região. A figura 4.1 apresenta a frequência de polos de todas as estruturas medidas em campo.

As atitudes obtidas do estereograma dos polos das fraturas apontam para três máximos de concentração com direções NS/6°W, N28°W/31°SW e N08°W/50°SW (FIGURA 4.2). Foram analisados também a frequência dos polos das fraturas por tipo de rocha e nas ombreiras esquerda e direita (FIGURAS 4.3 a 4.6).

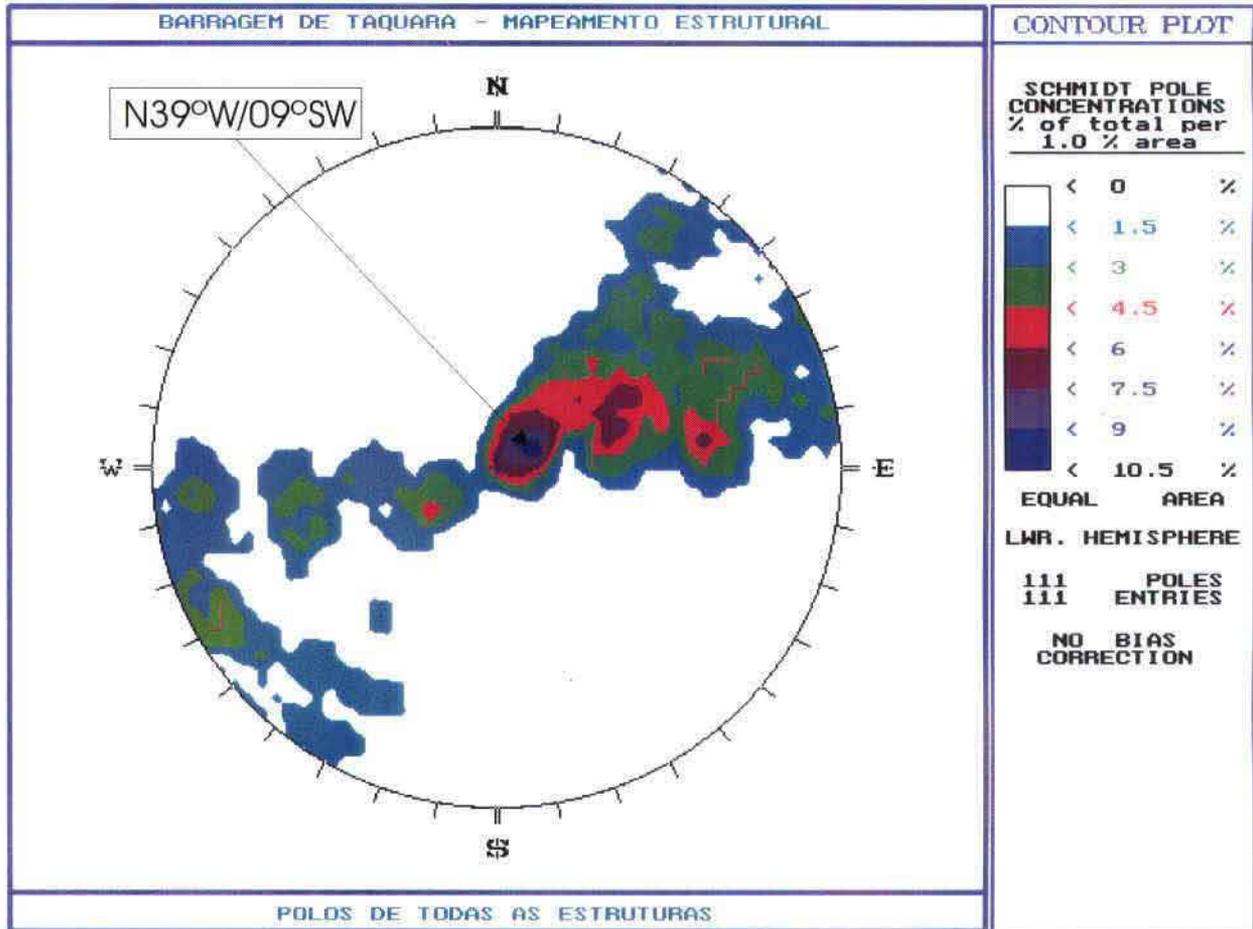


Figura 4.1 - Diagrama de freqüência de polos de todas as estruturas (máximo 9,91% - plano n39°W/09°SW).

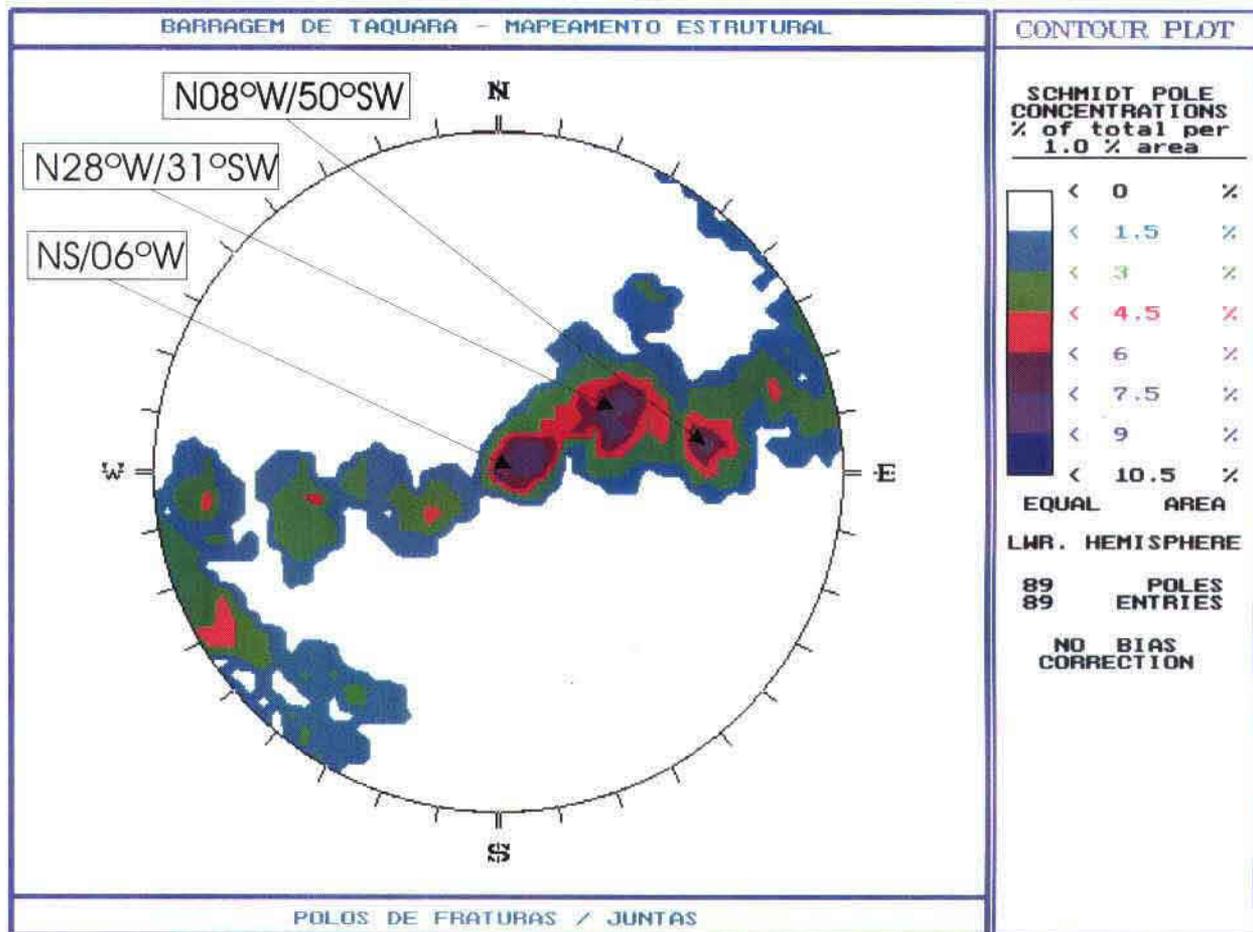


Figura 4.2 - Diagrama de frequência de polos das fraturas/juntas (máximo 8,99% - plano NS/06°W).

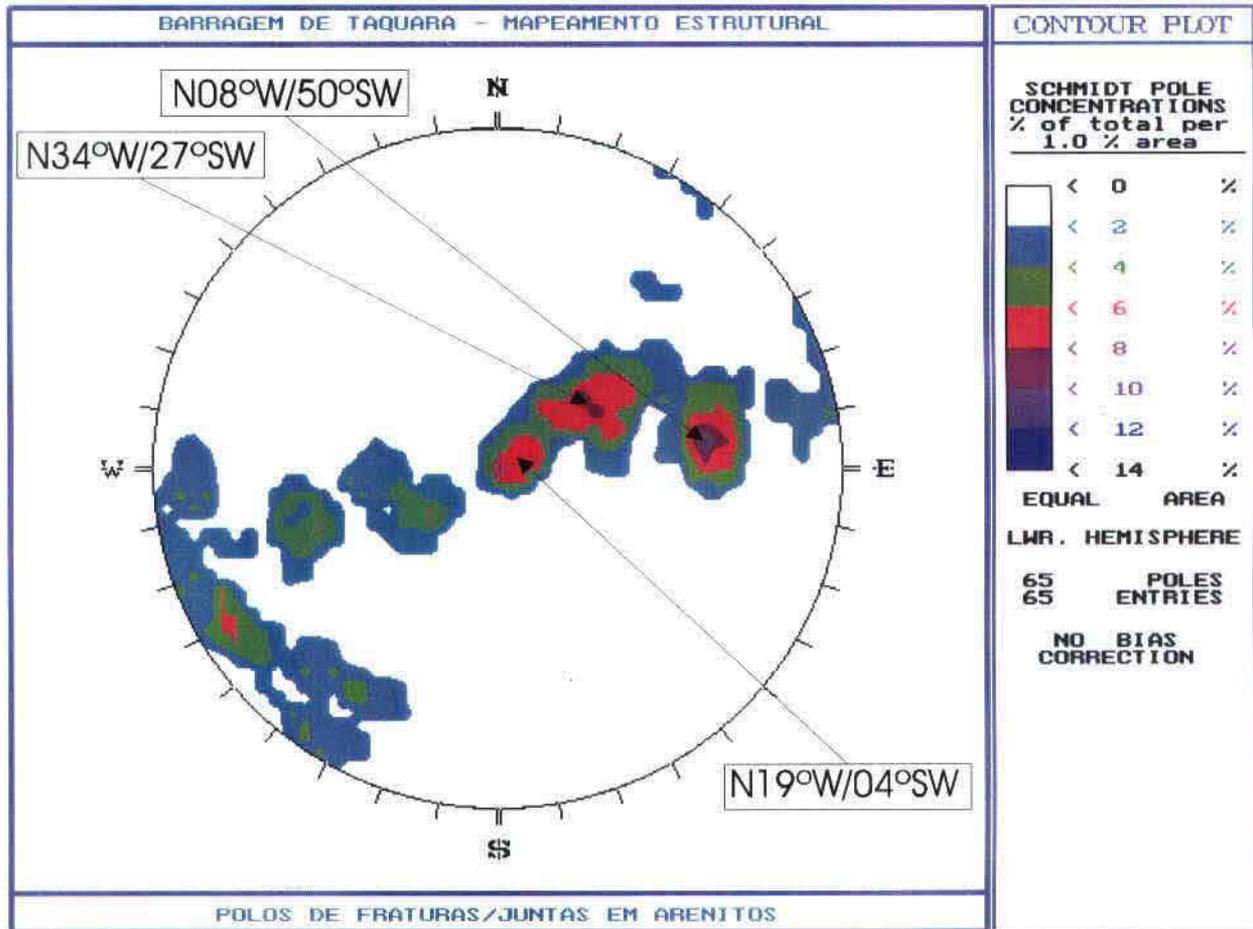


Figura 4.3 – Diagrama de frequência dos polos de fraturas/juntas em rochas vulcânicas (máximo 16,67% - plano N25°W/14°SW).

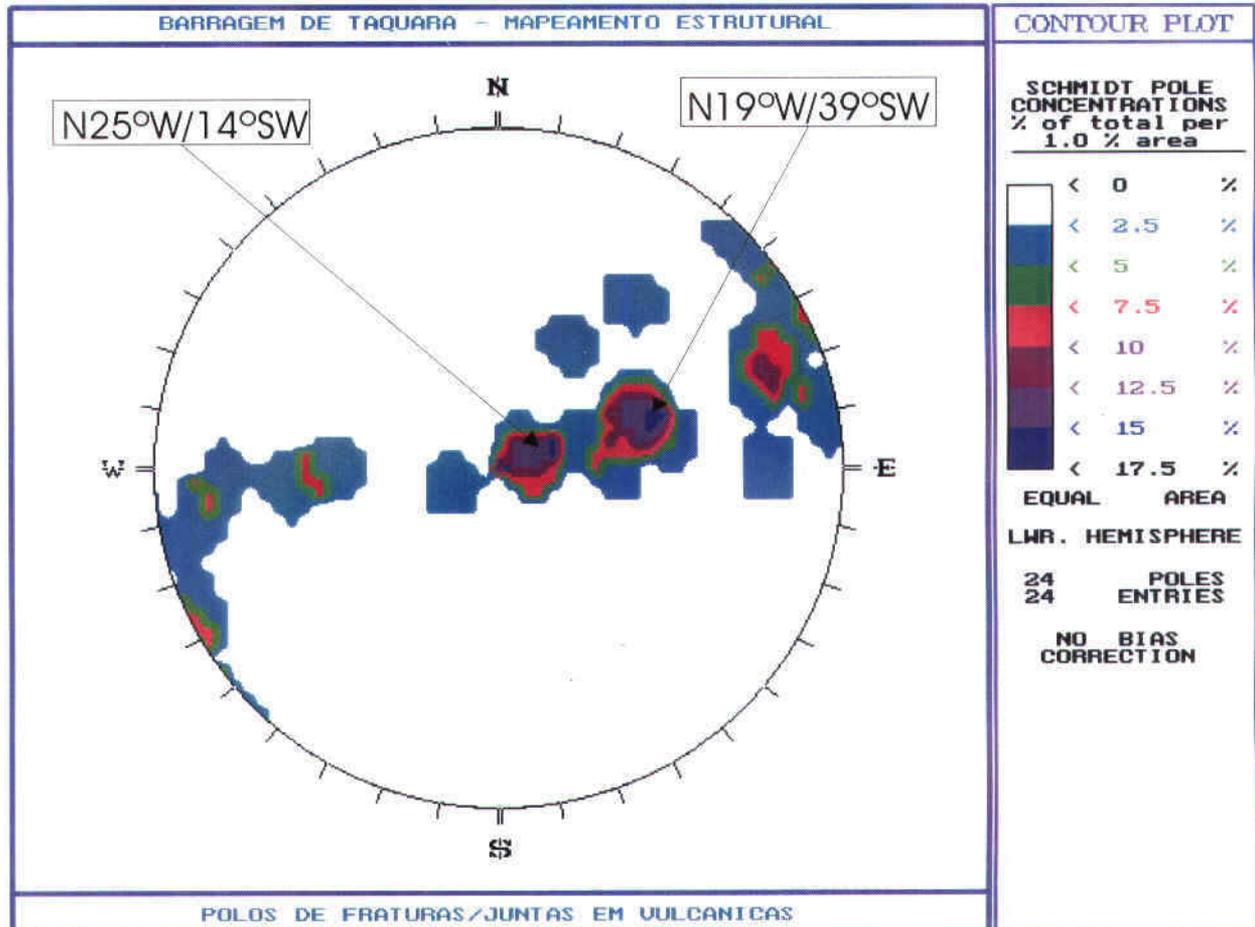


Figura 4.4 – Diagrama de frequência dos polos de fraturas/juntas em arenitos (máximo 12,31% - plano N08°W/50°SW).

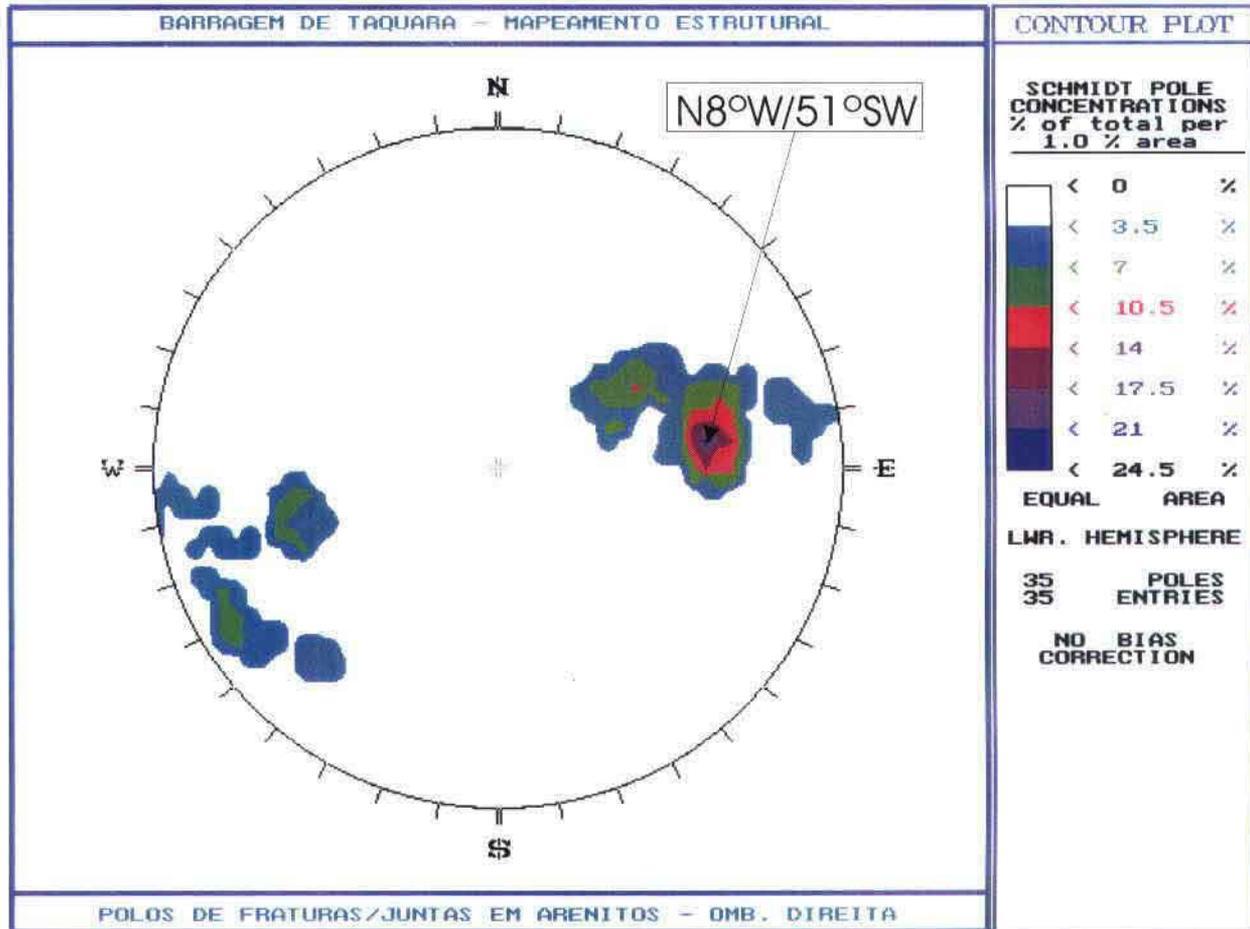


Figura 4.5 – Diagrama de frequência dos polos de fraturas/juntas em arenitos na ombreira direita (máximo 22,86% - plano N08°W/51°SW).

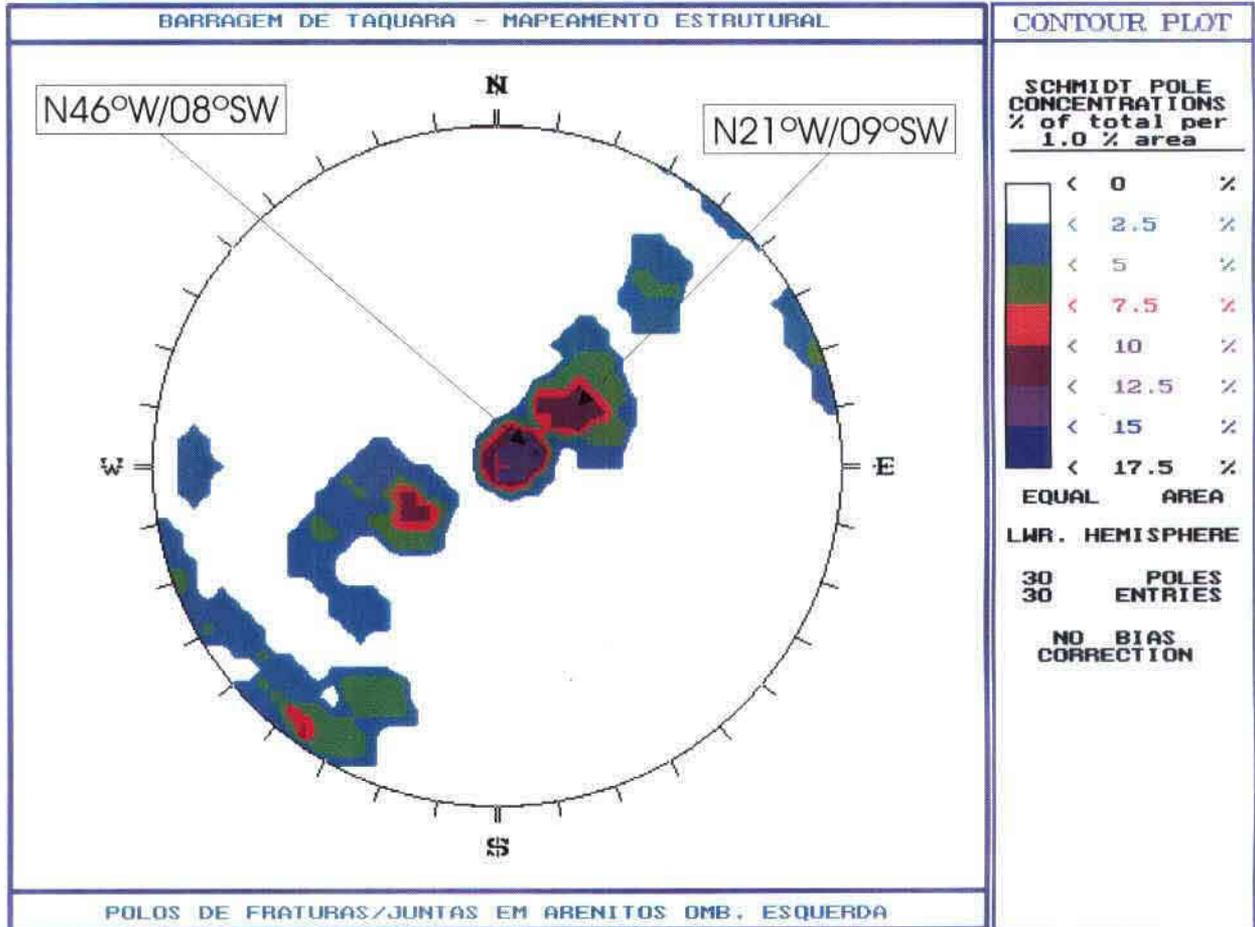


Figura 4.6 – Diagrama de frequência dos polos de fraturas/juntas em arenitos na ombreira esquerda (máximo 16,68% - plano N46°W/08°SW).

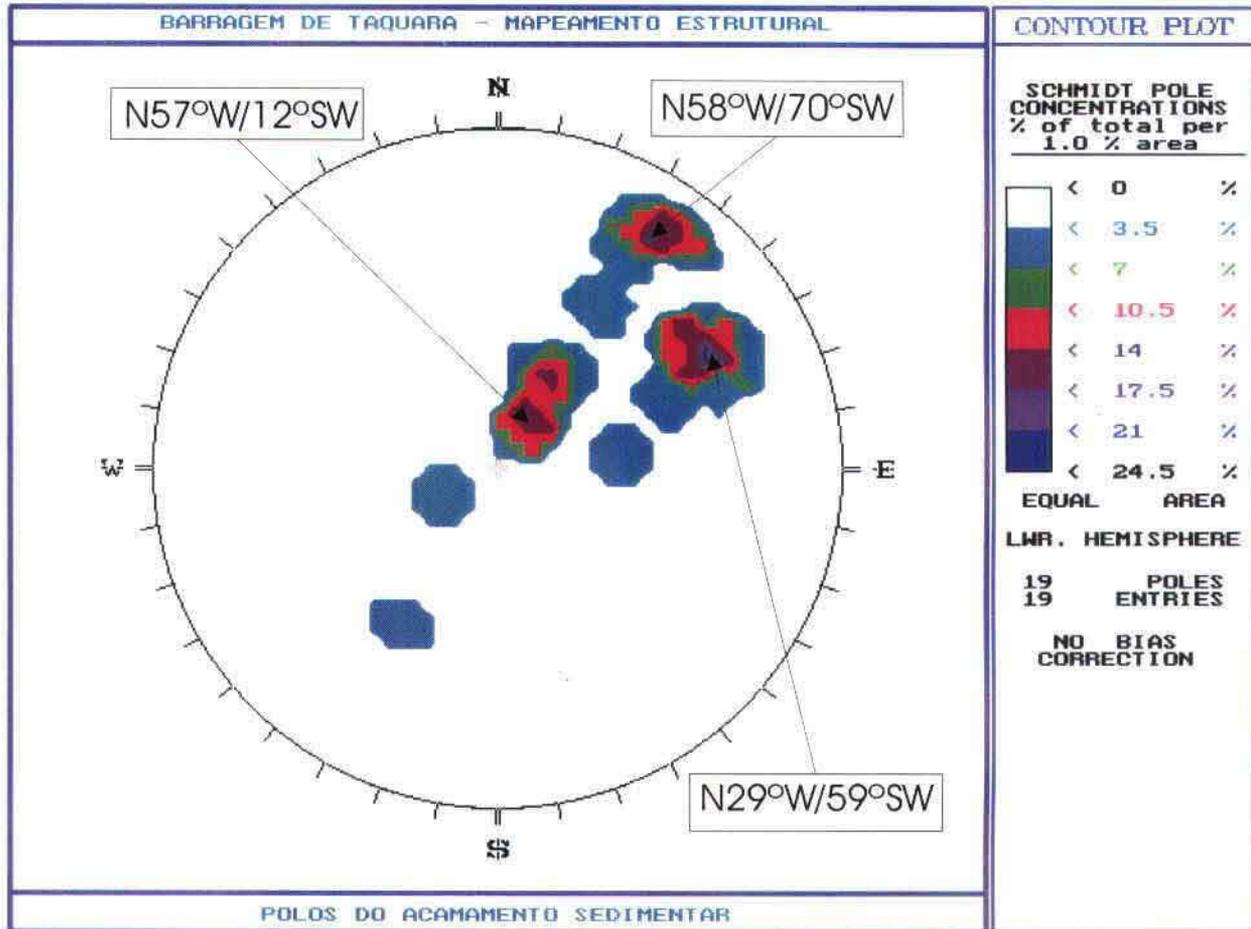


Figura 4.7 – Diagrama de frequência dos polos do acamamento sedimentar (máximo 21,05% - plano N57°W/12°SW).

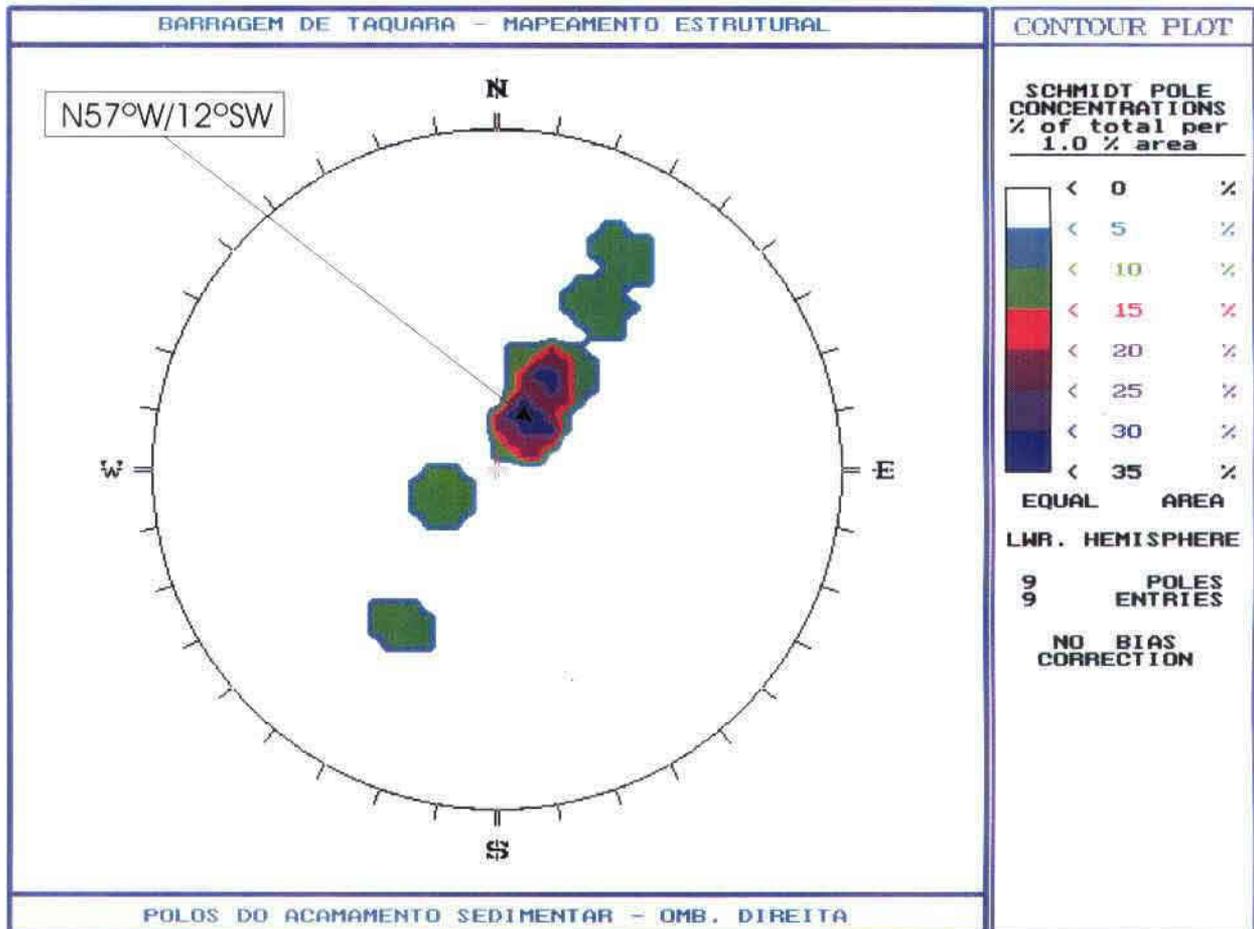


Figura 4.8 – Diagrama de frequência dos polos do acamamento sedimentar na ombreira direita (máximo 33,33% - plano N57°W/12°SW).

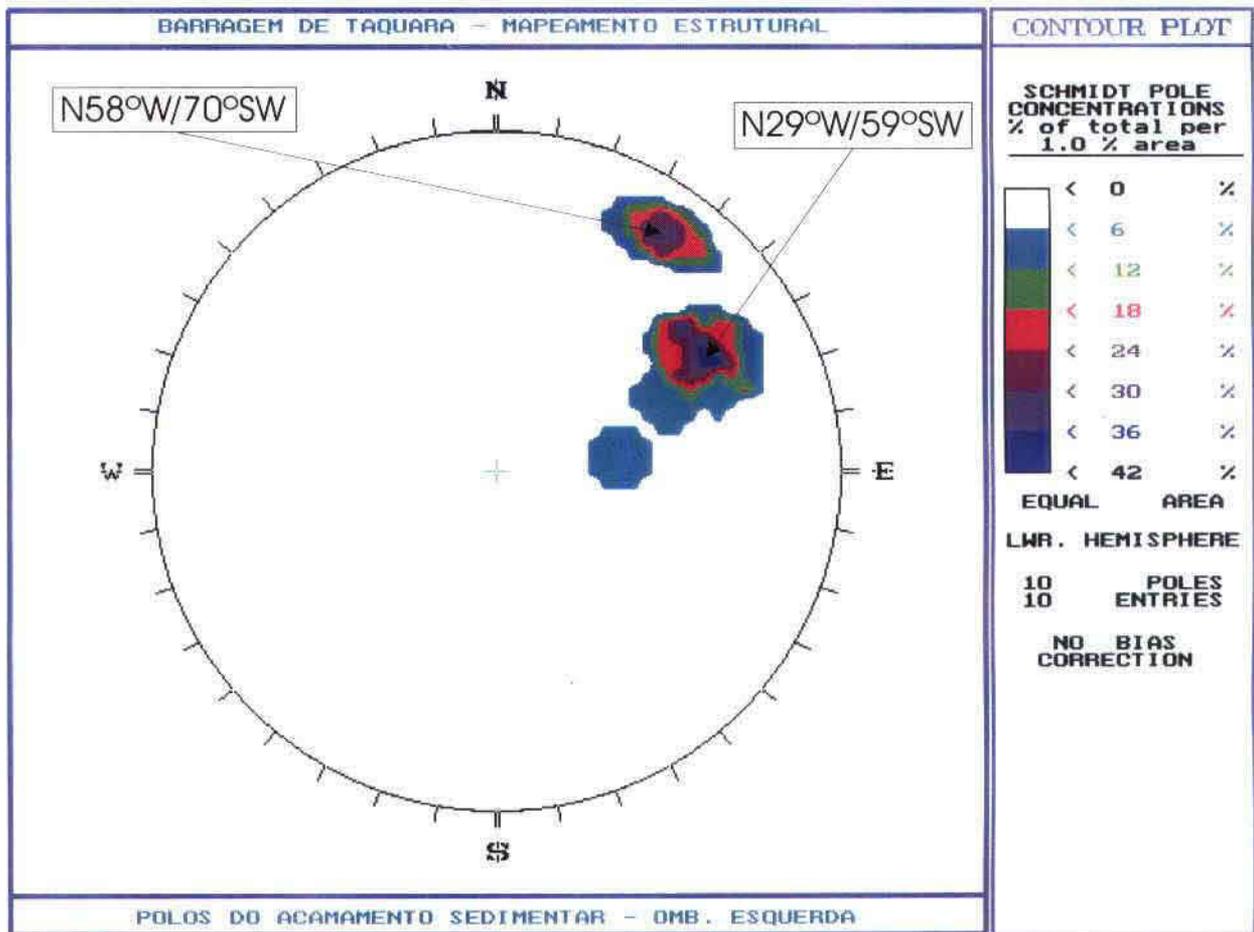


Figura 4.9 – Diagrama de frequência dos polos do acamamento sedimentar na ombreira esquerda (máximo 40% - plano N29°W/59°SW).

As atitudes do acamamento sedimentar apresentaram três máximos de concentração em N57°W/12°SW, N58°W/70°SW e N29°W/59°SW (Figura 4.7). Também foram analisadas as atitudes do acamamento por regiões da ombreira direita e esquerda (figuras 4.8 e 4.9).

As foliações raramente são observadas no campo. No afloramento do ponto geológico de controle PT-03, foi coletada uma medida de foliação, aqui denominada de S1 com atitude N82°E/25°SE, e no ponto PT-15 foram coletadas mais duas medidas com atitudes N48°E e N39°E, ambas com caimento de 42° para NW.

4.2.7 Condições de Fundação e Tratamentos Previstos

As condições de fundação da barragem e do vertedouro podem ser consideradas boas. O grau de fraturamento do maciço rochoso, em geral, é maior nos primeiros metros mais superficiais e diminui consideravelmente com a profundidade.

Conforme indicaram os estudos de geologia de subsuperfície, as fraturas e juntas presentes estão, na sua maioria seladas, o mesmo acontecendo com o acamamento sedimentar. Estas condições do maciço se correlacionam muito bem com os resultados dos ensaios de perda de água que apresentaram, em geral, perdas baixas (perda específica 0.1 a 1,0 l/min x m x kg/cm²) na maior parte das duas ombreiras.

Nos trechos do maciço mais próximos da zona mais baixa do eixo da barragem – região do leito do rio – os ensaios de perda de água revelaram perdas médias (perda específica de 1.0 a 5.0 l/min x m x kg/cm²).

A zona mais baixa do eixo (região entre as estacas 57 +00 e 76 +00) é constituída por sedimentos aluvionares compostos por solos areno siltosos com espessuras que atingem até 12,00 m. As sondagens realizadas mostraram tratar-se de sedimentos com índice de resistência à penetração elevado, apresentando SPT > 7 a profundidades da ordem de 3,00 m. O coeficiente de permeabilidade médio desta camada aluvionar, determinada nos ensaios de infiltração é de 4.54 x 10⁻⁵ cm/s, demonstrando ser um material de baixa permeabilidade. Os diversos furos de sondagem executados nesta região mostraram que a camada aluvionar é bastante homogênea, não apresentando regiões com concentração de pedregulhos ou lentes de areia, que poderiam condicionar percolações importantes pela fundação, nem regiões com material de baixa resistência, que poderiam causar problemas de estabilidade do conjunto maciço-fundação. Além disso, os coeficientes de permeabilidade obtidos nos ensaios de infiltração realizados nos diversos furos e em diferentes profundidades foram da ordem de 10⁻⁵ cm/s, demonstrando tratar-se de um material com elevado grau de homogeneidade, sendo adequado como fundação para a barragem de terra. Na Figura 4.10 estão apresentadas as curvas de distribuição granulométrica do solo da fundação da barragem no leito do rio. A análise das curvas mostra um solo com características bastante uniformes, e condizente com os resultados dos ensaios de infiltração.

Assim, nas duas ombreiras, a barragem terá como fundação o maciço rochoso tipo III/IV e na zona mais baixa do eixo, sedimentos aluvionares areno.

A fundação do vertedouro será constituída integralmente por maciço tipo I/II Embora de excelente qualidade, o maciço apresenta-se bem fraturado superficialmente Os ensaios de perda de água indicaram tratar-se de maciço com condutividade hidráulica média (perda específica de 1.00 a 5.00 l/ min x m x kg/cm²)

Das condições descritas, conclui-se da necessidade de adoção de uma cortina de injeções de impermeabilização, nas ombreiras, para homogeneizar as permeabilidades e eliminar os maiores valores de perda de água Esta cortina de injeções poderá iniciar com furos exploratórios espaçados a cada 6.00 m e prosseguir fechando o espaçamento nos pontos onde os ensaios de perda de água apresentarem absorções maiores do que 5 l x min x m x kg/cm²

Tendo em vista a inexistência de condicionantes geológicas específicas, a profundidade dos furos de injeção deverá ser de 0.4h, sendo h a carga hidráulica sobre a fundação. Assim, os furos de injeção terão profundidade máxima de 12,00 m. A esta cortina de injeções de impermeabilização deverão ser associadas duas linhas de furos rasos, uma a montante e outra a jusante, com profundidade de 5.00 m e espaçados a cada 3.00 m, para injeção das fraturas mais frequentes, à pequena profundidade

Com relação aos tratamentos de superfície da fundação, este deverá seguir em linhas gerais, as seguintes recomendações

- **Zona das ombreiras**

Na zona das ombreiras a fundação será em rocha e os tratamentos recomendados para as três zonas da fundação serão executados conforme se indica a seguir

- região do núcleo teórico – o tratamento deverá ser rigoroso na região do núcleo teórico, onde deverá ser removido todo o material solto e alterado, e as fraturas preenchidas com material alterado ou erodível deverão ser escavadas até uma profundidade equivalente a três vezes a sua espessura, sendo a seguir recompostas com concreto Depressões que não possam ser suavizadas também deverão ser preenchidas com concreto de forma a suavizar a superfície final da fundação Os taludes existentes deverão ser abrandados para permitirem a rigorosa compactação Após estes trabalhos, toda a região do núcleo teórico deverá ser lavada com jatos de água e ar.
- região do tapete drenante – o tratamento deverá incluir a regularização da superfície da rocha através de desmonte mecânico ou a fogo cuidadoso, de modo a permitir o lançamento do material drenante Todo o material solto e alterado deverá ser removido e a região deverá ser preenchida com material do filtro.
- região a montante do núcleo teórico – o tratamento desta região deverá incluir a regularização da superfície e remoção das zonas de materiais muito alterados. As depressões existentes e aquelas formadas pela remoção de materiais alterados deverão ser preenchidas com o material do aterro A superfície final desta zona deverá ser limpa apenas com jatos de ar

- **Zonas mais baixas do eixo da barragem**

Na zona mais baixa do eixo, a fundação será em solo aluvionar e em solo residual e os tratamentos recomendados estão descritos a seguir

- escavação até o horizonte onde o solo apresente $SPT > 7$,
- regularização da superfície de fundação e compactação com $GC > 95\%$,
- as escavações para a fundação nas ombreiras estão acima do N A Já no leito no rio as escavações interceptarão o N A Considerando a natureza do material a ser escavado não se prevê a necessidade de rebaixamento do lençol freático As surgências de água poderão ser controlados através de canaletas abertas no sentido paralelo ao eixo da barragem Estas canaletas conduzirão a água para poços, de onde serão bombeadas para fora da cava de fundação

Estão previstos três diques de fechamento de pontos de fuga, dois na margem direita e um na margem esquerda Considerando a pequena altura destes diques, máxima de 9.50 m sobre a fundação e carga hidráulica máxima de 7.30 m, não foi previsto para estas estruturas tratamentos de fundação profundos Todas as fundações dos diques serão em rocha e os tratamentos superficiais de fundação deverão seguir as mesmas recomendações feitas para o trecho das ombreiras da barragem

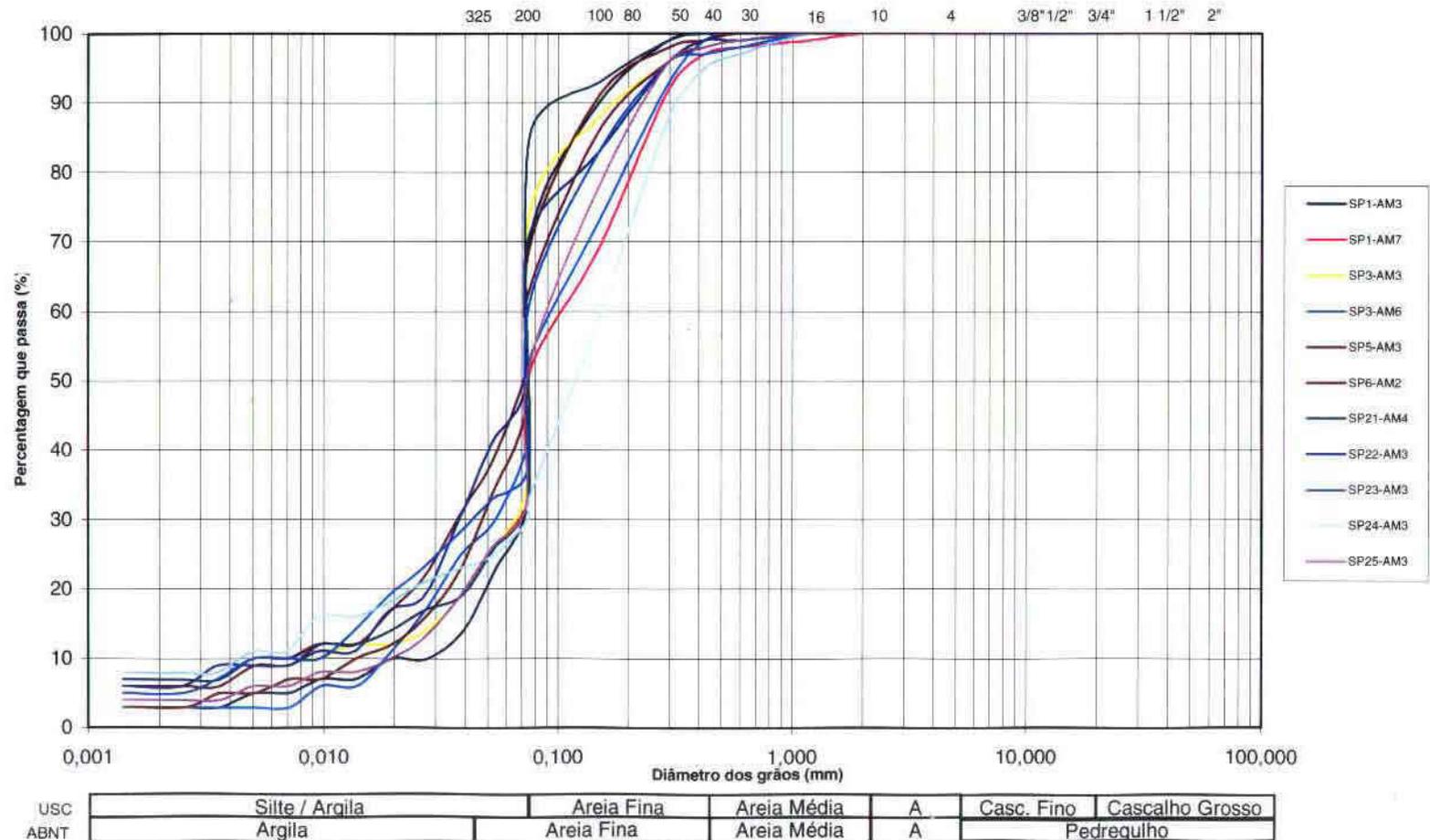


Figura 4.10 – Solo da fundação da barragem – região do eixo do rio – Curvas de distribuição granulométrica

4.3 Materiais Naturais de Construção

Este item trata do estudo das fontes de obtenção, das propriedades geotécnicas e da aplicabilidade dos materiais naturais de construção às diversas partes da obra.

4.3.1 Materiais Terrosos

Próximo ao eixo do barramento, as ocorrências de solos são escassas, não tendo sido identificada, no reconhecimento de campo, nenhuma área potencialmente aproveitável como área de empréstimo. No entorno do eixo é generalizada a ocorrência de solos residuais de arenito, siltito e riolito cuja espessura varia de 0,30 a 0,50 m, nas ombreiras. No leito do rio ocorrem solos aluvionares, silto arenosos, com espessuras variáveis de 5,00 m a 12,00 m.

Áreas com ocorrências de solos coluvionares, com características adequadas à construção de barragens, foram identificados na região do futuro reservatório, a distâncias que variam de 6,8 a 10,2 km do eixo do barramento, o que significa uma distância média de transporte de 8,34 km. Nestas áreas, o capeamento de solo também é pouco espesso, apresentando espessura média da ordem de 1,40 m de material aproveitável. Assim, extensas áreas tiveram de ser pesquisadas, para obtenção do material em volume suficiente para execução do maciço.

A investigação dos empréstimos foi executada apoiada nos trabalhos de mapeamento geológico, que identificaram os locais onde ocorrem os depósitos mais promissores. Nestes locais foram executados poços de investigação, distanciados a cada 200 m. Assim, foram selecionadas três áreas de empréstimo, cujas características são apresentadas a seguir.

Os volumes cubados nas três áreas estudadas são apresentados nas Tabelas 4.8 a 4.10. No Volume 4A – Anexos, são apresentados os boletins de sondagem e os ensaios de laboratório.

TABELA 4.8

Área de Empréstimo 1 - Proprietário: Manoel Carlos

Área estudada	759 486 m ²
Nº de poços executados	30
Espessura média do expurgo	0.11 m
Espessura média de mat. Utilizável	1.38 m
Volume de material utilizável	995 900 m ³
Volume de expurgo	117 300 m ³
Distância ao eixo da barragem	10.2 km

TABELA 4.9

Área de empréstimo 2 - Proprietário: Roseno

Área estudada	480 118 m ²
Nº de poços executados	22
Espessura média do expurgo	0.12 m
Espessura média de mat Utilizável	1.27 m
Volume de material utilizável	692 800 m ³
Volume de expurgo	71 000 m ³
Distância ao eixo da barragem	6.8 km

TABELA 4.10

Área de Empréstimo 3 - Proprietário Fonteles

Área estudada	1 680 000 m ²
Nº de poços executados	56
Espessura média do expurgo	1.4 m
Espessura média de mat Utilizável	1.27 m
Volume de material utilizável	2259 100 m ³
Volume de expurgo	194600 m ³
Distância ao eixo da barragem	8.0 km

A Tabela 4 11 apresenta o resumo do volume cubado nas três áreas selecionadas

TABELA 4.11

Resumo dos Volumes das áreas de empréstimo

Área de empréstimo 1	995 900	117 300
Área de empréstimo 2	692 800	71 000
Área de empréstimo 3	2 259 100	194 600
Volume Total	3 947 800	382 900

A localização das áreas de empréstimo e dos respectivos poços de investigação estão indicados no desenho nº II-4-05/05-000

As principais características dos solos coluvionares dos empréstimos são apresentadas nas Tabelas 4 12 a 4 14 – Resumo dos Ensaios de Caracterização, na Figura 4 11 – Áreas de Empréstimo 1.2 e 3 – Curvas de Distribuição Granulométrica, na Figura 4 12 – Áreas de Empréstimo 1.2 e 3 - Compactação – Proctor Normal e na Figura 4 13 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Áreas de Empréstimo 1.2 e 3 – Carta de Plasticidade

TABELA 4.12

Área de Empréstimo 1 – Resumo dos Ensaio de Caracterização

GRANULOMETRIA																				
Peneira	Poço de Investigação Nº																			
		1	2	3	5	6	9	11	12	14	15	17	19	21	22	23	27	28	30	
2	Porcentagem Passante (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1 1/2		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100	100	100	100
1/2"		100	100	99	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100
3/8"		100	100	99	97	100	99	100	99	100	100	100	100	100	100	94	100	100	99	98
Nº 4		96	100	95	94	100	98	98	97	99	98	99	98	97	88	97	97	94	94	94
Nº 10		84	93	85	86	92	88	88	88	92	90	92	91	89	76	90	88	84	85	85
Nº 40		47	54	50	74	58	73	61	65	64	70	67	68	72	43	68	73	69	62	62
Nº 200		26	27	28	56	31	58	45	47	40	48	45	47	50	25	47	57	55	46	46
<0.005		13	14	10	28	11	30	22	20	17	21	20	21	22	12	19	27	23	21	21
LIMITES DE ATTERBERG																				
Lim de Liquidez LL (%)		30	30	30	36	33	37	35	34	33	34	34	34	35	29	35	36	35	34	34
Lim de Plasticidade LP (%)	23	24	23	20	22	20	22	21	21	21	21	21	20	21	24	21	20	20	21	
Índice de Plasticidade (%)	7	6	7	16	11	17	13	13	12	13	13	14	14	5	14	16	15	13	13	
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S																				
Classificação U.S.C.S	SM	SM	SM	CL	SC	CL	SC	SM	SC	CL	CL	SC	SC							
COMPACTAÇÃO																				
Densidade Seca (máx) $\gamma_{d,100}^3$	1.986	1.996	1.970	1.660	1.750	1.628	1.720	1.717	1.730	1.670	1.710	1.675	1.683	1.990	1.680	1.660	1.665	1.700	1.700	
Umidade Ótima h_{opt} (%)	11.1	10.4	11.5	19.8	17.0	19.8	17.7	18.0	17.5	18.1	17.8	18.2	19.0	10.8	18.0	19.7	19.7	18.0	18.0	
Umidade Natural h (%)	11.85	7.94	20.73	20.67	9.47	20.46	11.88	16.22	11.59	18.94	17.54	17.44	14.17	10.14	13.23	14.45	18.91	11.68	11.68	

TABELA 4.13

Área de Empréstimo 2 – Resumo dos Ensaio de Caracterização

GRANULOMETRIA																
Peneira	Poço de Investigação Nº															
		1	2	7	8	9	13	14	15	16	17	19	20	21	22	
2	Porcentagem Passante (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1 1/2		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
1"		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
3/4"		100	100	98	100	100	100	100	100	99	100	100	99	96	100	
1/2"		100	100	96	99	99	99	100	100	99	100	100	97	94	99	
3/8"		100	95	96	98	98	99	100	100	98	100	100	97	92	96	
Nº 4		98	88	81	91	95	97	100	97	97	100	99	91	86	88	
Nº 10		93	79	62	80	86	88	92	89	88	90	92	80	77	79	
Nº 40		73	63	43	60	68	69	71	69	53	48	74	60	60	53	
Nº 200		52	44	23	44	54	49	46	49	31	17	57	44	40	32	
<0.005		23	18	8	20	24	19	20	22	12	6	27	19	17	12	
LIMITES DE ATTERBERG																
Lim de Liquidez LL - (%)		36	34	32	34	36	36	36	36	33	31	37	34	34	33	
Lim de Plasticidade LP (%)	20	21	23	21	20	21	23	21	23	24	20	21	22	23		
Índice de Plasticidade (%)	16	13	9	14	16	15	13	15	10	7	17	13	12	10		
CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S																
Classificação U.S.C.S	CL	SC	SC	SC	CL	SC	SC	SC	SC	SM	CL	SC	SC	SC		
COMPACTAÇÃO																
Densidade Seca (máx) $\gamma_{d,100}^3$	1.710	1.756	1.830	1.740	1.692	1.730	1.740	1.700	1.820	1.876	1.690	1.747	1.786	1.847		
Umidade Ótima h_{opt} (%)	16.7	16.2	14.0	16.6	17.0	16.8	16.6	18.5	14.7	12.3	18.6	16.6	15.8	14.8		
Umidade Natural h (%)	10.24	10.84	13.07	10.48	9.95	10.30	10.48	9.19	12.38	15.25	9.09	10.52	11.30	12.48		

TABELA 4.14

Área de Empréstimo 3 – Resumo dos Ensaio de Caracterização

Peneira		GRANULOMETRIA																																	
		Peço de Investigação Nº																																	
		1	2	3	4	5	8	9	11	12	14	15	16	18	20	22	24	25	29	31	32	34	36	37	40	41	45	48	49	50	52	53	54		
Percentagem Passante (%)	2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	1 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	3/4"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	
	3/8"	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	98
	Nº 4	99	98	99	94	97	99	98	98	98	100	97	95	98	96	100	96	98	95	100	91	98	99	99	99	99	100	98	97	99	99	86	98	91	
	Nº 10	90	94	95	86	91	92	92	93	92	94	91	87	91	89	93	85	93	87	93	82	96	93	96	90	93	84	88	89	93	78	90	84		
	Nº 40	69	78	80	66	70	67	76	77	76	74	72	68	73	72	57	67	77	58	71	53	82	68	74	64	71	49	65	62	60	62	62	68		
	Nº 200	50	63	65	49	47	49	58	56	55	50	58	48	60	52	29	52	55	37	48	31	65	47	51	47	54	27	45	41	35	36	41	36		
< 0,075	23	31	31	16	17	20	29	23	24	22	25	22	28	21	10	25	22	19	22	10	34	20	17	15	21	10	18	15	11	14	15	28			
		LIMITES DE ATENDIMENTO																																	
Lim. de Liquidez LL - (%)		35	36	38	37	36	36	37	36	37	36	38	36	37	36	30	37	37	32	35	36	38	35	37	36	37	27	36	36	32	33	35	37		
Lim. de Plasticidade - LP (%)		22	21	21	22	23	21	22	22	23	22	23	22	22	22	21	23	22	20	21	25	22	21	22	23	23	19	21	22	21	20	21	22		
Índice de Plasticidade (%)		13	15	17	15	13	15	15	14	14	14	15	14	15	14	9	14	13	12	14	11	16	14	15	13	14	8	15	14	11	13	14	15		
		CLASSIFICAÇÃO U.S.C.S.																																	
Classificação U.S.C.S.		SC	CL	CL	SC	SC	SC	CL	CL	CL	SC	CL	SC	CL	CL	SC	CL	CL	SC	SC	SM	CL	SC	CL	SC	CL	SC								
		COMPACTAÇÃO																																	
Densidade Seca (máx.) - ρ_{dm}^3		1,705	1,595	1,57	1,662	1,782	1,67	1,68	1,66	1,665	1,657	1,61	1,67	1,64	1,602	1,932	1,648	1,66	1,59	1,718	1,72	1,55	1,695	1,71	1,714	1,688	1,973	1,87	1,633	1,904	1,65	1,625	1,608		
Umidade ótima - w_{opt} (%)		18,7	20	20,4	21	16	20,4	19,9	19,3	19,2	21,3	21	20	22,2	22,2	12	21	20,5	19,5	18,2	18,5	20	18,7	18,3	18,8	18	10,3	12,5	19,7	13,5	21	18,5	22		
Umidade Natural - w (%)		16,25	16,43	15,24	16,38	14,72	18,07	16,33	22,28	16,61	20,11	23,13	18,11	18,64	17,28	10,41	21,85	18,86	17,57	15,74	16,92	17,65	14,17	16,97	12,99	20,95	9,87	16,14	14,97	10,15	16,13	15,44	17,25		

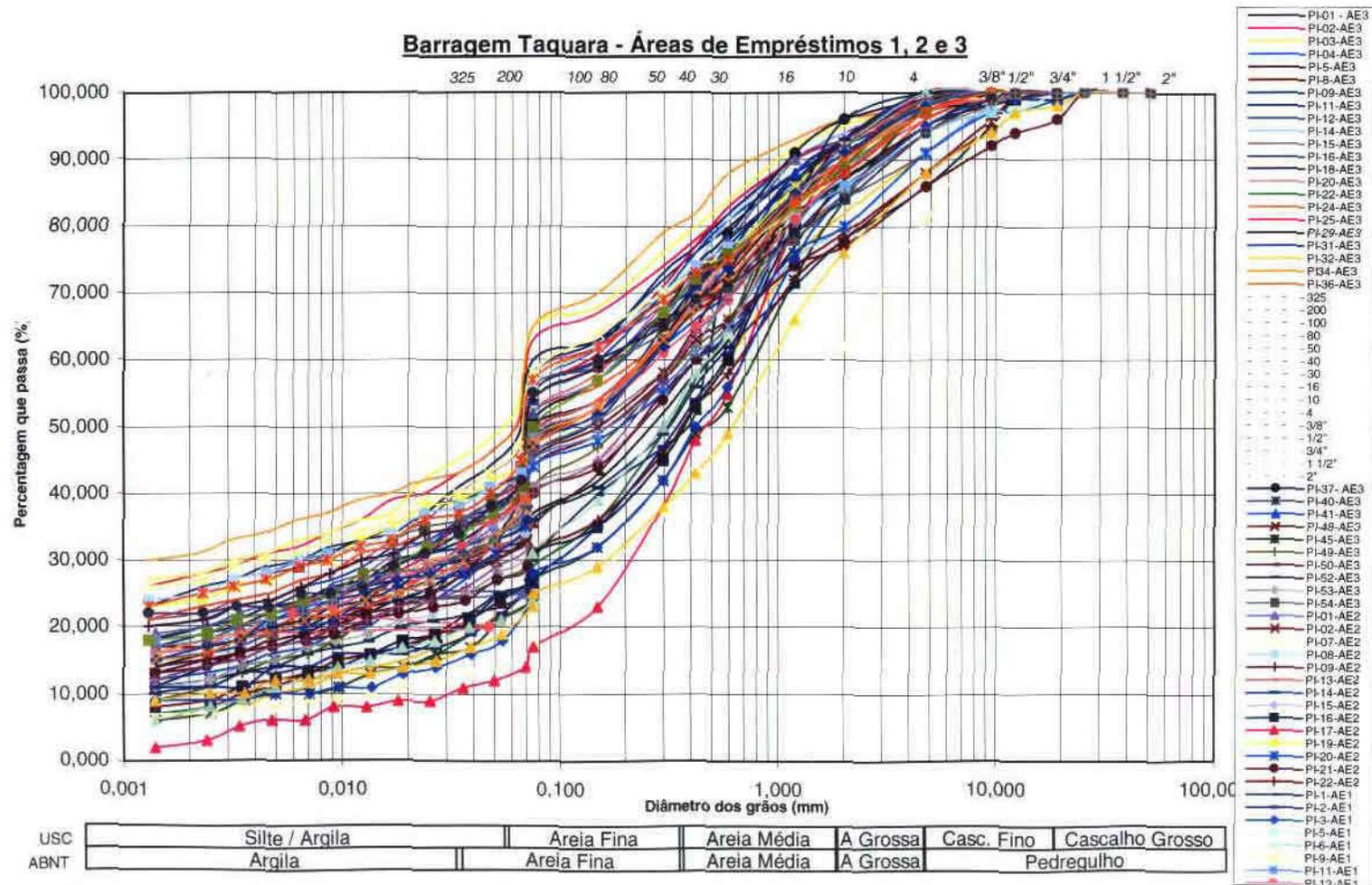


Figura 4.11 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Curvas de Distribuição Granulométrica

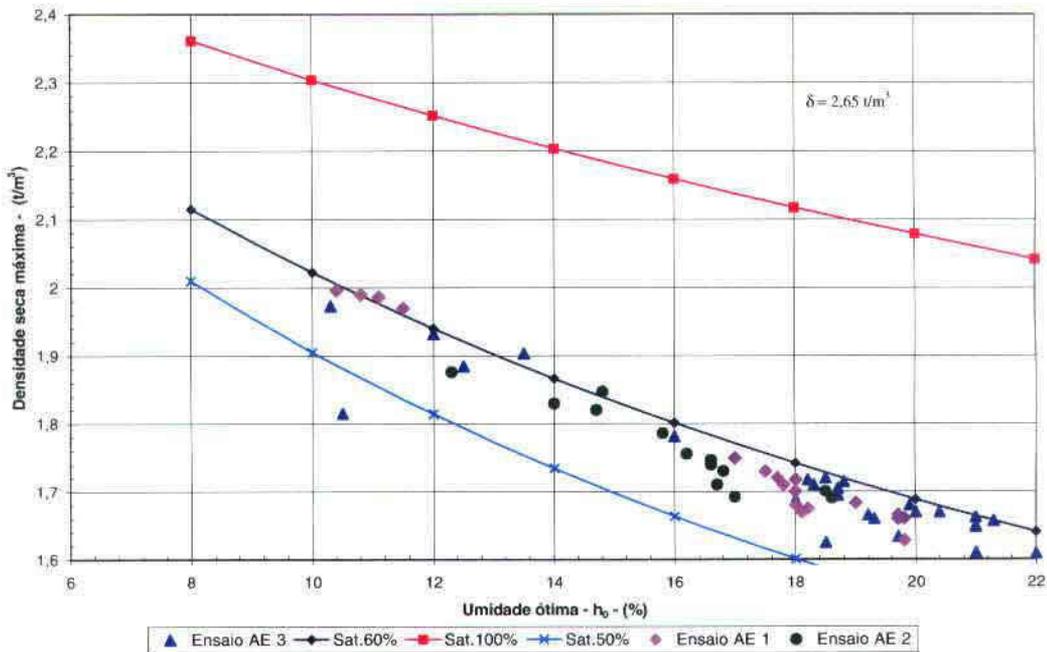


Figura 4.12 – Áreas de Empréstimo 1,2 e 3 – Compactação Proctor Normal

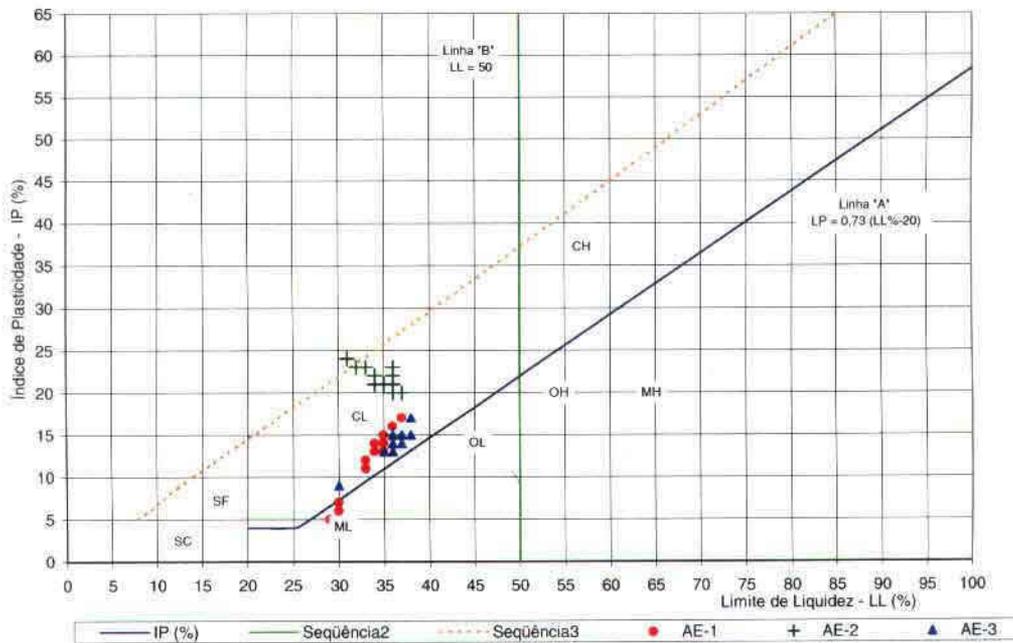


Figura 4.13 – Áreas de Empréstimo 1, 2 e 3 – Carta de Plasticidade

Os solos ocorrentes, classificados segundo a USCS, correspondem a solos areno argilosos e argilosos de baixa plasticidade e pouco compressíveis. A análise das curvas de distribuição granulométrica e da carta de plasticidade revela que os solos das três áreas selecionadas são razoavelmente uniformes.

No respeitante à umidade natural, esta se apresenta, em geral, inferior à umidade ótima para compactação determinada no ensaio de Proctor Normal, o que exigirá tratamento corretivo de umidificação para enquadrar os solos na faixa de umidade adequada à compactação. Salienta-se que as amostras foram coletadas nos meses de março e abril, período de chuvas na região, e que nos meses de verão, a umidade natural certamente apresentará valores mais baixos.

Quanto ao tratamento corretivo de umidificação, este poderá ser executado na praça de trabalho do maciço ou na própria área de empréstimo. É conveniente aqui salientar que, o tratamento na praça de trabalho tem o inconveniente de provocar o ressecamento superficial do solo quando as operações de gradeamento se estendem por longos períodos. Tal fato propicia a formação de películas endurecidas, que dificultam o destorroamento e o umedecimento homogêneo do material.

Os ensaios de permeabilidade, em permeâmetro de carga variável, revelaram para as áreas de empréstimo, os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade:

$$\begin{array}{ll} \text{Empréstimo nº 1 } k = 9,06 \times 10^{-7} \text{ cm/s} & \\ \text{Empréstimo nº 2 } k = 9,83 \times 10^{-7} \text{ cm/s} & \bar{k} = 9,15 \times 10^{-7} \text{ cm/s} \\ \text{Empréstimo nº 3 } k = 8,55 \times 10^{-7} \text{ cm/s} & \end{array}$$

Observa-se também através da permeabilidade, uma excelente uniformidade dos solos das três áreas selecionadas como fonte de material para construção do maciço.

4.3.2 Materiais Granulares

Três jazidas de areia foram identificadas nas vizinhanças do eixo da barragem a distâncias de transporte entre 0,50 km e 1,60 km. Tendo em vista que as investigações geotécnicas foram feitas no período de chuvas, as jazidas estavam submersas. Entretanto, o histórico de vazões do rio Jaibas mostra que entre os meses de agosto e janeiro ele apresenta-se seco. Este fato facilitará a exploração da areia, que pode ser feita a seco fora do período de chuvas, sendo que o material necessário poderá ser estocado. Nas três jazidas pesquisadas cubou-se um volume de 140 000 m³, suficiente ao atendimento às necessidades das obras.

Na Figura 4.4, são apresentadas as curvas de distribuição granulométrica da areia disponível nas jazidas. A análise destas curvas mostra que os materiais das três jazidas apresentam-se bastante uniformes, e do ponto de vista granulométrico, adequados para aplicação tanto nos filtros da barragem, quanto como agregado para concreto.

Quanto à permeabilidade, os ensaios no permeâmetro de carga constante revelaram os seguintes valores médios para o coeficiente de permeabilidade:

$$\begin{aligned} \text{Jazida 1} - k &= 2,42 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \\ \text{Jazida 2} - k &= 1,60 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \\ \text{Jazida 3} - k &= 3,30 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \\ \bar{k} &= 3,66 \times 10^{-3} \text{ cm/s} \end{aligned}$$

No respeitante à resistência ao cisalhamento, foram ensaiadas três amostras de solos compactados do empréstimo 3 em câmara triaxial, na condição não drenada, tanto na umidade de compactação, como na saturada. Os resultados destes ensaios forneceram valores muito baixos e discrepantes para c' e ϕ' , entre os diversos tipos de ensaios (Q , R , R_{sat}). Assim sendo, estes ensaios não foram considerados. Já os ensaios de cisalhamento direto forneceram valores bastante coerentes entre os diversos ensaios realizados. O confronto entre os valores de c' e ϕ' , obtidos nos ensaios de cisalhamento direto, com dados de ensaios pesquisados na literatura, permitiram estabelecer os valores de c' e ϕ' a serem utilizados nos estudos e análises de estabilidade da Barragem Taquara. Foram adotados então os valores de $c' = 15 \text{ kPa}$ e $\phi' = 29^\circ$ para o aterro compactado. Para o aluvião de fundação foram adotados os valores de $c' = 0$ e $\phi' = 27^\circ$, e para os enrocamentos $c' = 0$ e $\phi' = 40^\circ$.

Observa-se também para as areias um comportamento bastante uniforme, no respeitante à permeabilidade, o que as qualifica como material para construção do sistema interno de drenagem da barragem.

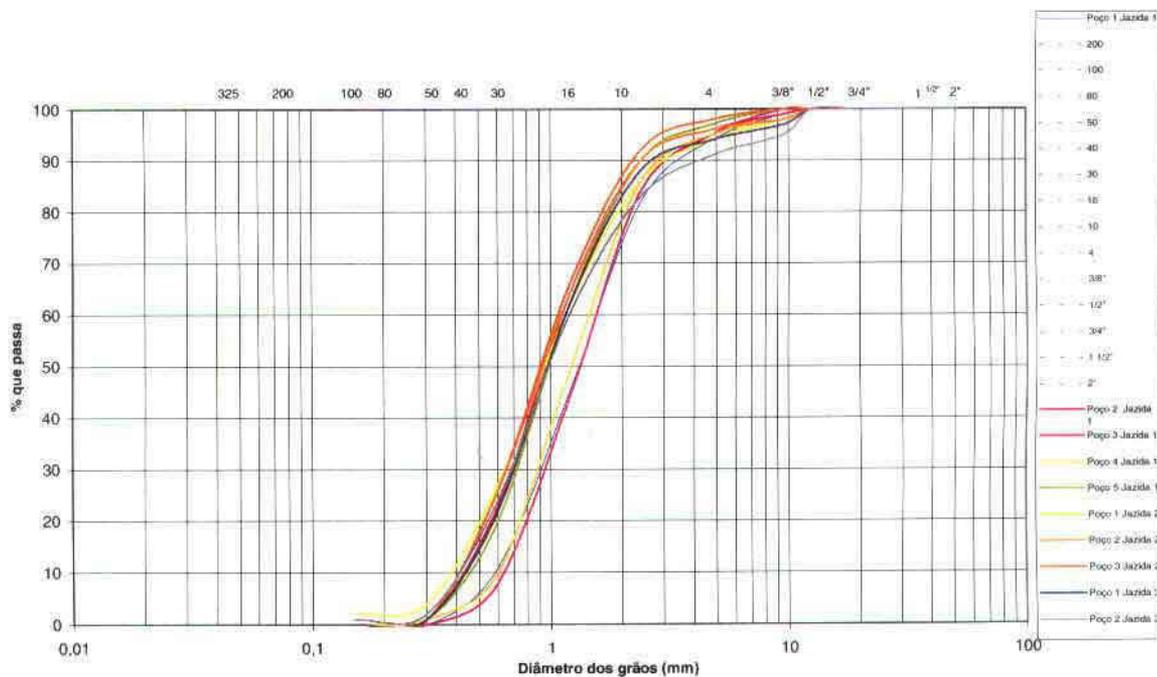


Figura 4.4 – Curvas de distribuição granulométrica da areia

As curvas granulométricas mostram que cerca de 8 % do material é maior do que a malha nº 4, o que poderá exigir o peneiramento da areia para aplicação para aplicação nos concretos

4.3.3 Material Pétreo

A obtenção de material pétreo para os enrocamentos de proteção da barragem de terra e para produção de agregados para concreto será proveniente das escavações em rocha para execução do vertedouro

As características visíveis da rocha e sua correlação com litologias semelhantes permitem afirmar que a alterabilidade dos arenitos é incipiente na escala da vida útil da obra. A resistência a compressão simples é alta e a perda máxima por "Abrasão Los Angeles", graduação F, foi de 26.6% bastante inferior ao limite especificado pela Norma NBR 6465/84 da ABNT, que é de 50%.

Para a execução dos concretos deverá ser utilizado agregado obtido a partir da rocha vulcânica Assim, durante as escavações do vertedouro esta litologia deverá ser separada para produção do agregado graúdo

5. BIBLIOGRAFIA PESQUISADA

- Abreu, F A.M , Gorayeb, P S.S , Hasui, Y 1993 Grabens Eopaleozóicos do Oeste Cearense – Considerações Sobre as Sequências Lito-estratigráficas In Simp Geol NE, 15, Natal SBG-NE, Bol 13, p29-31
- Barton, N & Choubey, V 1997 The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practive Rock Mechanics nº 10
- Barton, M R, LIEN, R and Lunde, J 1974 Engineering Classificationa of rock masses for the desing of tunnel support Rock Mech 6 (4), 189-239.
- Bieniaswski, Z T 1989 Engineering rock mass classifications New York: Wiley
- Brasil. Ministério das Minas e Energia Secretaria-Geral. 1981 Projeto Radambrasil - Folha SA 24 – Fortaleza Vol 21 Rio de Janeiro
- Brasil Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral 1981 Projeto Radambrasil - Folha SB 24/25 Jaguaribe/Natal Vol 23 Rio de Janeiro
- DNPM 1974 Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Jaguaribe (SB-24), Folha Fortaleza (SA-24) Texto Explicativo por José Robinson Alcoforado Dantas. Brasília.

-
- FELL, R . MacGregor. P , Stapledon, D. (1992) Geotechnical Engineering of Embankment Dams A.A Balkema, Rotterdam – 675 p
- Gorayeb. P S S & Nascimento. R D 1997 Rochas Vulcânicas da Suíte Parapuí – Bacia de Jaibas-CE. Considerações Geológicas e Petrográficas In Simp Geol NE, 17. Resumos Expandidos Fortaleza SBG-NE Bol 15. p273-275
- Gorayeb. P S S . Abreu. F A M . Corrêa. J A M . Moura, C A V 1988. Relações Estratigráficas entre o Granito Meruoca e a Sequência Ubajara-Jaibas In Cong Bras Geol . 35. Belém Anais SBG 8 2678-88
- Gorayeb. P S S , Abreu, F A M , Hasui, Y 1993. A Tectônica Distensiva e a Geração de Granitos Eopaleozóicos no Oeste do Ceará In Simp Geol. NE, Atas Natal SBG-NE Bol 13. p254-257

6. DESENHOS