

4.1 MEIO FÍSICO

4.1.1 GEOLOGIA

4.1.1.1 SINOPSE GEOLÓGICA

A área estudada está inserida a oeste e no vale do rio Maria Comprida. A folha geológica que a abrange (Itaipava - SF.23-Z-B-I-4, DRM-1980) apresenta um relevo bastante acidentado e é atravessada de Sul para Norte pelo rio Piabanha. A maioria dos morros culmina entre 700 e 1.000 metros e o nível do rio fica entre 550 e 450 m. Mais ao sul, quase todos os morros atingem entre 1.000 e 1.500 metros e o talvegue mais profundo, que é o rio Preto fica entre 510 e 700 m. No vale do Piabanha, a temperatura média oscila entre 2°C no inverno e 40°C no verão, de acordo com a Figura 1.

O Distrito Central Serrano é constituído, essencialmente, por rochas intrusivas e metamórficas pré-cambrianas que afloram extensamente na maior parte da área, e cujos detritos acumulados dão origem a formações superficiais pouco extensas.

O predomínio absoluto é de rochas quartzo-feldspáticas foliadas, designadas como gnaisses e migmatitos, subdivididas atendendo a um critério mineralógico-textural e genético, em rochas granitóides e gnaisses (eventualmente migmatitos).

As primeiras são rochas de composição granítica a granodiorítica e conservam, pelo menos localmente, vestígios da textura granular hipidiomórfica que, junto com seu caráter nitidamente intrusivo, caracterizam a sua origem ígnea, ou, pelo menos, ultrametamórfica. Os gnaisses são essencialmente paragneisses. Sua textura é puramente metamórfica, devido ao metamorfismo regional e cataclástico, e elas apresentam intercalações estratóides de rocha metamórficas diferentes, como quartzitos e rochas calciossilicatadas. Embora estes estratos não possam ser mapeados em detalhe, eles conferem um caráter distintivo ao conjunto em que se integram. Quanto aos migmatitos, ocorrem em áreas de menores dimensões.

Figura 1- Levantamento Topográfico

Além dos gnaisses, dos migmatitos e das granitóides foliadas, ocorrem na área importantes corpos de granitos destituídos de foliação metamórfica, que podem ter foliação ígnea local. Em escala subordinada, ocorrem rochas de composição quartzodiorítica a quartzogábrica, que também incluem variedades não foliadas e foliadas.

As rochas ígneas não foliadas são os últimos vestígios de uma atividade geológica proterozóica. Os movimentos epirogênicos registrados desde então foram de pouca monta, apagando sucessivamente o registro dos anteriores, até o último episódio de soerguimento da serra do mar, responsável pelas feições fisiográficas atuais e pelas formações superficiais acumuladas.

As rochas do Distrito Central Serrano, também conhecidas como “Suíte” Intrusiva Serra dos Órgãos, sofreram uma evolução crustal em ambiente geossinclinal, com a injeção de grande massa de rochas graníticas no estágio médio de desenvolvimento de um ciclo geossinclinal. A tal estágio corresponderia o principal período de dobramento, quando desenvolveu uma zona de soerguimento (central) bordejando a calha geossinclinal e já em um estágio tardio houve nova fase de intrusões graníticas.

As litologias da “Suíte” Intrusiva Serra dos Órgãos foram definidas na porção fluminense da serra do Mar, que recebe a denominação de serra dos Órgãos, compondo uma área compreendida entre os municípios de Petrópolis, a cidade de Bom Jardim e adjacências. Exibe relevo pronunciado e irregular, com até 2.000 metros de altitude, constituído por morros escarpados, com vertentes íngremes e vales profundos.

A fácies sintectônica desta “suíte” forma um corpo principal, contínuo e extenso, que atravessa a porção central do Estado do Rio de Janeiro, com 35 km de largura máxima e cujo eixo maior, com cerca de 100 km de extensão, orienta-se conforme SO-NE.

Os gnaisses facoidais desta fácies acham-se bem expostos nos domínios da cidade do Rio de Janeiro (serra da Carioca, morro da Carioca, morro do Sumaré, morro do Pão de Açúcar, Pedra da Gávea) e no município de Niterói (serra do Malheiro, serra da Tiririca, serra do Cala-Boca) bem como em corpos isolados como o da Ilha Grande, o de Magé, (Granito Suruí) e o de Rio Bonito. Expressam-se em áreas com formas irregulares, exibindo relevo bastante escarpado, compondo inúmeras serras junto à região litorânea do Estado do Rio de Janeiro.

Já a unidade pós-tectônica distribui-se sob a forma de corpos isolados, tanto da região serrana como na baixada fluminense, a saber: em Casimiro de Abreu, Sampaio Correa, Rio Bonito, Rio de Janeiro, Petrópolis, Teresópolis, Nova Friburgo, Mangaratiba e Parati.

Inúmeras rodovias, como a Rio-Belo Horizonte, a Rio-Bahia, e a Rio-Santos, seccionam a unidade permitindo fácil acesso aos afloramentos desta “suíte”.

4.1.1.2 ESTRATIGRAFIA

Foram caracterizadas na folha Itaipava 5 (cinco) entidades básicas de mapeamento (unidades) e uma entidade menor (agrupamento) congregando 2 (duas) unidades com elenco de características em comum.

4.1.1.2.1 ENTIDADE DE MAPEAMENTO

4.1.1.2.1.1 AGRUPAMENTO V (PÇV)

Corresponde ao Agrupamento I da folha Petrópolis (Penha et alii, 1979). Em termos cartográfáveis, podemos dividi-los em 02 (dois) domínios distintos.

O primeiro, relativamente expressivo, é representado pela unidade Santo Aleixo que distribui-se irregularmente nas porções noroeste, sudeste e leste da folha.

O segundo domínio representado pela unidade Bingen ocupa grande parte do quadrante sudoeste da folha, apresentando continuidade para sul na folha Petrópolis.

A passagem entre os 2 (dois) domínios acima descritos é transicional, gradando de tipos migmáticos heterogêneos a tipos homogêneos através de uma zona de transição de limites indefinidos (Penha et alii, 1979). Na folha Itaipava esta passagem não ocorre, estando as unidades Bingen e Santo Aleixo separadas por grades massas do Batólito Serra dos Órgãos. Entretanto porções restritas migmáticas heterogêneas da unidade Santo Aleixo podem

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

ocorrer restritamente dentro do domínio da unidade Bingen, embora não sejam cartografáveis à escala.

4.1.1.2.1.1.1 UNIDADE SANTO ALEIXO (P&V s.a.)

A unidade Santo Aleixo ocorre em 3 (três) áreas distintas na folha Itaipava: no quadrante noroeste, a norte do Batólito Serra dos Órgãos; no extremo sudeste da folha a sul do Batólito Serra dos Órgãos, e , subordinadamente, na parte central do bordo leste da folha, dentro da área ocupada pelo batólito. No quadrante noroeste ela compõe uma faixa de aproximadamente 3 quilômetros de largura, alongada na direção NE-SW, direção esta coincidente com a xistosidade das rochas aí existentes. Essa unidade adentra a folha Três Rios, onde apresenta-se como um "franja" junto ao Batólito Serra dos Órgãos, e persiste atingindo a folha Anta onde foi cartografada por Grossi Sad et alii (1980), com a denominação de unidade Rio Negro (Mattos et alii, 1980).

No extremo sudeste da folha, a unidade Santo Aleixo aflora na região do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, particularmente ao longo dos vales dos rios Soberbo, Bananal e Paquequer.

Na borda leste da folha a unidades Santo Aleixo forma uma cunha de direção NE-SW estendendo-se, a partir da borda da Serra do Cantagalo, para a folha Petrópolis.

Morfologicamente, a unidade Santo Aleixo a norte do Batólito Serra dos Órgãos apresenta um relevo moderadamente acidentado, caracterizado pela presença de morros alongados geralmente estruturados paralelamente à foliação NE. Estes morros tem a encosta SE bastante inclinada, geralmente formando paredões desnudos, onde pode-se observar nitidamente o traço da foliação, que mergulha invariavelmente para noroeste. A encosta NW desses morros mostra-se sempre mais suave acompanhando aproximadamente o mergulho da foliação. Grandes vales lineares, estruturados ao longo das falhas e/ou fraturas grosso modo segundo N-S e E-W, apresentam desníveis de até 400 metros. O padrão de drenagem desta unidade é bastante irregular refletindo pouco a foliação das rochas.

A sul do Batólito Serra dos Órgãos, a unidade Santo Aleixo apresenta um relevo extremamente acidentado, com a presença de vales profundamente sulcados, estruturados sobre extensas zonas de falhas, definindo uma malha de direções NE-SW e NW-SE.

No quadrante noroeste da folha, a unidade Santo Aleixo faz contato com a unidade Maria Comprida e com o Batólito Serra dos Órgãos, a sul, e com a unidade São Fidelis, a norte. Seu contato com a unidade Maria Comprida é transicional, sendo localmente deslocado por falha normal de direção NW-SE. Com o Batólito Serra dos Órgãos o contato é brusco, podendo ser definido ou indefinido, O contato norte com a unidade São Fidélis é transicional, essencialmente paralelo à foliação regional.

A unidade Santo Aleixo nos extremos sudeste e leste da folha faz o contato com o Batólito Serra dos Órgãos de modo brusco, sendo este contato em geral inferido, principalmente na área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Nestas áreas a unidade Santo Aleixo é cortada por inúmeros corpos de granitos tardia pós-tectônicos.

4.1.1.2.1.1.1.1 UNIDADE SANTO ALEIXO A NORTE DO BATÓLITO SERRA DOS ÓRGÃOS

Esta unidade é representada por migmatitos heterogêneos bem diferenciados, (predominantemente diatexitos heterogêneos), com melanossoma constituído por (mi)-or-(hb) gnaisses e (mi)-(or)-bi-hb gnaisses e leucossoma de gnaisses quartzo feldspáticos, (bi)-(or)-pg-mi gnaisses, podendo apresentar estruturas estromáticas, nebulítica e schollen.

Em geral exibem estrutura estromática onde se alternam leitos concordantes de biotita gnaisses mesocráticos de granulação fina a média, gnaisses leucocráticos graníticos a pegmatóides, gnaisses meso a melanocráticos ricos em biotita e hornblenda e mais restritamente gnaisses porfiroblásticos.

Transicionam ou intercalam-se com domínios diatexiticos homogêneos, não mapeáveis à escala, com estrutura predominantemente nebulítica representados por (hb)-bi-pg-mi gnaisses que podem ser semi porfiroblásticos a localmente porfiroblásticos, podendo

apresentar por vezes bolsões ou lentes máficas muito biotíticas com ou sem hornblenda associada, exibindo diversos estágios de assimilação pela encaixante.

Domínios essencialmente gnáissicos podem ser observados restritamente. Em geral são caracterizados por bi-pg-mi gnaisses mesocráticos (e mais subordinadamente bi-pg-mi gnaisses), pouco diferenciados, de granulação fina a média, podendo conter ou não hornblenda.

Podem apresentar blastese de microclina com intensidade bastante variada, em geral associada à presença de leitos quartzo feldspáticos pegmatóides concordantes com a foliação. Passam transicionalmente para migmatitos bem diferenciados através do incremento progressivo de material leucossomático.

Este conjunto aparece geralmente injetado por um leucossoma leucogranítico gnáissico (bi-pg-mi gnaisses), de granulação fina a média, bastante homogêneo, cuja proporção em afloramento varia bastante, podendo inclusive predominar pontos onde pode se observar "jangadas" de hb-bi gnaisses envolvidas numa massa de leucogranito gnáissico.

A intrusão desse leucossoma, seguiu-se a deformação de todo o conjunto, associada à fase 2, caracterizada por dobras fechadas a isoclinais com eixos mergulhando em média 30-40° para o quadrante NE, que produziu a xistosidade plano axial S_2 , de direção NE-SW e mergulho para NW, e que é predominante a norte do Batólito Serra dos Órgãos.

O dobramento apertado confere aos migmatitos um aspecto geral estromático devido à intensa transposição verificada. De fato, o caráter estromático é marcante em cortes perpendiculares ao plano axial e paralelos ao eixo. Já em cortes perpendiculares a esses dois elementos estruturais, a transposição fica nitidamente evidenciada, com as "camadas" mostrando pouco contínuas em profundidade, aparentando uma trama de lentes, colocadas lado a lado.

Associadas principalmente aos migmatitos heterogêneos bem diferenciados, ocorrem lentes decamétricas de biotita quartzitos muito recristalizados e intensamente feldspatizados. Apresentam-se finamente intercalados com níveis de gr-sill-bi xistos ou gnaisses também feldspatizados. Muito se assemelham aos quartzitos encontrados na unidade São Fidélis (imediatamente ao norte). Suas relações com essa unidade (Santo Aleixo), não são muito

claras. Contudo é provável que correspondam a rochas preservadas durante a migmatização (resistatos).

Ainda nesta unidade foi constatada, embora muito restritamente, a presença de (sill)-gr-bi gnaisses, com ou sem microclina, em geral associados a quartzitos e mais raramente rochas calcossilicatadas; que muito se assemelham às rochas da unidade São Fidélis. Possivelmente essas rochas poderiam corresponder a um fácies híbrido transicional entre as duas unidades.

4.1.1.2.1.1.2 UNIDADE SANTO ALEIXO NOS EXTREMOS LESTE E SUDESTE DA FOLHA

Semelhantemente à unidade Santo Aleixo a norte do Batólito Serra dos Órgãos, são encontrados nos extremos leste e sudeste da folha Itaipava, migmatitos heterogêneos bem diferenciados, predominantemente estromáticos, representativos desta unidade.

Na parte sudeste da folha, na região do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, estes migmatitos representam a continuidade, na folha Itaipava, da unidade Santo Aleixo, aflorante na parte nordeste da folha Petrópolis, e que se estende também nas folhas adjacentes (Itaboraí e Teresópolis).

Correspondem a um conjunto de (hb)-bi-pg gnaisses e (hb)-bi-mi-pg gnaisses, podendo apresentar eventualmente granada, bandeados em leitos centimétricos a métricos, intercalados com melanossoma constituído de bi-hb-pg gnaisses e hb-bi-pg gnaisses e leucossoma granítico. Além da estrutura estromática predominante, apresentam variações restritas para tipos oftálmicos, pseudo oftálmicos e nebulíticos localmente exibindo também estruturas schollen, schlieren, agmática e dictionítica nos termos mais homogêneos.

Nesse conjunto predominam bi-pg-mi gnaisses pseudo porfiroblásticos, leuco a mesocráticos, de granulação média, onde o aspecto pseudo oftálmico se deve a aglomerados quartzo feldspáticos de formas elipsoidais alongadas. Tais migmatitos, encontram-se frequentemente bandeados com leucogranitos gnáissicos.

Distintamente das litologias representativas das unidades Santo Aleixo na folha, suas exposições nos extremos leste e sudeste não apresentam intercalações quartzíticas.

4.1.1.2.1.1.3 PETROGRAFIA

Sendo a unidade representada por um conjunto de rochas extremamente migmatizadas com restritos domínios homogêneos representados por biotita gnaisses graníticos, às vezes anfibolíticos, torna-se extremamente difícil tentar uma descrição petrográfica característica.

Sob uma observação mesoscópica, insere-se nessa unidade rochas com bandejamento visível e contínuo à escala de mão. Tais litologias apresentam uma foliação definida tanto por bandejamento composicional, à diversas escalas, como por xistosidade de biotita e hornblenda. Domínios locais e subordinados, homogêneos, diatexiticos, de composição predominantemente granítica, podem apresentar uma foliação pouco definida, onde a orientação da rocha é dada principalmente por uma lineação mineral.

Para efeito puramente descritivo na caracterização petrográfica desta unidade, separamos suas litologias em 3 (três) categorias distintas: leucossoma, melanossoma e biotita gnaisses, estes últimos representando tanto domínios locais essencialmente gnáissicos como porções de composição intermediária entre leuco e melanossoma dos migmatitos bem diferenciados.

Os leucossomas são representados por bi-(or)-pg-mi gnaisses, de granulação fina a média, e textura granoblástica ou granolepidoblástica inequigranular interlobada.

A biotita é essencialmente parda, com variedades pleocróicas pardo esverdeadas. Ocorre como pequenos cristais hipidiomórficos em geral nunca excedendo 5% da rocha. O plagioclásio é albita-oligoclásio, mostrando-se corroído por microclina e quartzo e apresentando mimerquita nos contatos com a microclina. A microclina é o mineral mais abundante, ocorrendo como cristais neoformados, xenomórficos, corroendo plagioclásio. Ortoclásio e ortoclásio micro-pertítico ocorrem subordinadamente. O quartzo ocorre em grandes grãos, xenomórficos, com recuperação, podendo ocorrer localmente recristalizado com alguns contatos serrilhados. Acessórios comuns são alanita, titanita, apatita, zircão e opacos.

Os melanossomas são representados por (mi)-or-(hb)-bi-pg gnaisses e (mi)-(or)-bi-hb-pg gnaisses de granulação fina a média. Apresentam textura variando de granolepidoblástica a lepi-nematoblástica, equigranular ou inequigranular. Termos essencialmente máficos apresentam textura granular hipidiomórfica lepi a nematoblástica.

Biotita marrom a parda, hipidiomórfica, ocorre associada à hornblenda, xeno a hipidiomórfica, verde oliva, pleocróica. O plagioclásio (dominante), hipidiomórfico, bem formado, é o oligoclásio-andesina.

Microclina e ortoclásio, xenomórficos, ocorrem muito subordinadamente, podendo incluir o plagioclásio. Quartzo por sua vez, invariavelmente ondulante, com recuperação pode incluir microclina. Acessórios comuns são titanita (xenomórfica, grande), apatita e zircão.

A biotita gnaisses variam de leuco a mesocráticos sendo representados por bi-pg-mi gnaisses e (hb)-bi-mi-(or)-pg gnaisses, de granulação fina a média e textura granolepidoblástica inequigranular interlobada. Termos gnáissicos de granulação fina, mas intensamente deformados, podem apresentar domínios com textura granoblástica poligonal.

A biotita em geral é parda podendo ocorrer variações pleocróicas restritas pardo avermelhadas. Pode ocorrer tanto em cristais hipidiomórficos como finamente recristalizada, xenomórfica, às vezes constituindo aglomerados com arcos poligonais. A hornblenda, pleocróica, verde oliva, quando presente ocorre associada à biotita. A microclina ocorre em grãos pequenos, xeno a hipidiomórficos, localmente em aglomerados poligonais ou interlobados, ou mesmo como porfiroblastos esparsos. O plagioclásio varia de oligoclásio a andesina, podendo mostrar-se por vezes corroído por quartzo e microclina, localmente sericitizado, podendo aparecer também como porfiroblastos. O quartzo ocorre apresentando recuperação e localmente recristalização.

Granada vermelha pode ocorrer eventualmente de forma bastante restrita. Acessórios comuns são alanita, titanita, apatita, zircão e opacos. Localmente a alanita pode ser relativamente abundante, ocorrendo em grãos hipidiomórficos ou xenomórficos, bordejados de epidoto (clinozoizita). Mimerquita pode ocorrer eventualmente estando geralmente associada à presença de microclina.

4.1.1.2.1.1.2 UNIDADE BINGEN (PCV bg)

Esta unidade, definida durante a cartografia geológica da folha Petrópolis, ocorre principalmente nas partes centrais e ao sul da folha. Suas melhores exposições estão nos cortes e afloramentos ao longo da BR-040, na pedreira de Araras e na localidade de Retiro, próximo à cidade de Petrópolis.

O relevo nela desenvolvido apresenta-se um tanto dissecado à sudeste no vale do rio Piabanha, aonde os morros têm vertentes menos escarpadas, são mais arredondados, com bases côncavas e têm altitudes menores. A SW, na região do rio da Cidade, o relevo é mais escarpado e os vales mais encaixados.

A unidade Bingen faz contato, em toda a sua extensão com o granito do Batólito Serra dos Órgãos, sendo que ao norte, em Araras, apresenta em contato com fácies de grão mais fino das rochas do batólito com as quais se confunde.

Aonde observado, o contato em geral é brusco e de caráter ígneo.

Basicamente, trata-se de um diatexito homogêneo acinzentado, de granulação média, gnaissificado ou não, podendo localmente assumir uma textura granítica.

Zonas mais heterogêneas com estruturas migmáticas residuais de um processo migmático anterior, de natureza anatexítica, estão presentes, assim como estruturas do tipo estromática e schlieren, e restitos básicos também podem ser observados.

Bolsões e lentes melanossomáticas circundados por material félsico ocorrem por toda a área, podendo conferir à rocha um bandeamento bem marcante, sugerindo segregação metamórfica durante a deformação plástica.

Localmente encontra-se, em escala de afloramento, porções melanossomáticas compostas ou por quartzo e biotita formando estrutura bastante homogênea, ou por granada, sillimanita, biotita, quartzo feldspato conferindo à rocha uma textura xistosa. Este caráter xistoso, foliado é dado pela alternância de leitos formados por granada, biotita e quartzo e leitos formados por quartzo e feldspato relícticos.

A granada, pré-tectônica, ocorre nestes locais na forma de porfiroblastos arredondados, circundados por leitos de sillimanita e biotita. Cristais recristalizados de sillimanita com até 10 cm de comprimento podem ser encontrados.

Mehnert (1968) sugere que estes melanossomas aluminosos podem ter sido formados pela recristalização de rochas sedimentares originais ricas em Al e Mg.

A presença de níveis porfiroblásticos com microclina ovalada e alongada, com 2 a 3 cm de comprimento, é observada em alguns locais próximo ao contato com as rochas granito-gnáissicas do Batólito Serra dos Órgãos, sugerindo um metassomatismo local. As vezes observa-se a presença, não de verdadeiros porfiroblastos, mas sim de aglomerados de quartzo e feldspato.

Nas proximidades do corpo batolítico, a unidade Bingen, encontra-se injetada em todas as direções por uma série de veios pegmatíticos e aplíticos de composição granítica, alguns deformados como o conjunto, fornecendo ao corpo, à escala mesoscópica de observação, um aspecto migmatítico. O corpo ígneo adjacente parece representar a fonte de material injetado (migmatito de injeção durante o intrusionamento) nas rochas diatexiticas. Esta feição pode ser observada em alguns pontos da BR-040 logo após a entrada para o bairro Bingen, em Petrópolis.

Em raros afloramentos observou-se a presença de pequenos bolsões de calcossilicatadas, de aproximadamente 15 cm de diâmetro, dispersos na encaixante, totalmente deformados.

A complexidade do contato com o Batólito Serra dos Órgãos faz com que localmente ocorram, em escala de afloramento, corpos isolados de uma litologia dentro da área de predominância de outra. Como mencionado durante a descrição do batólito, o contato interdigitado entre as duas litologias conjugado com o nível local de erosão faz, provavelmente, com que estes "bolsões" aflorem.

No Vale do Bonsucesso o migmatito da unidade Bingen é mais heterogêneo, ocorrendo corpos laminados diatexiticos, e está associado a um leucogranito, de granulação fina a média, cujos blocos são encontrados nos morros da região.

Num dos cortes da BR-040, na região serrana, pode-se observar em escala mesoscópica, o que provavelmente ocorre no contato regional. Uma "língua" decamétrica do granito

gnáissico do batólito, horizontalizada, penetra na unidade Bingen e se encontra estruturada no núcleo de uma dobra fechada. O caráter ígneo do contato é aí bem marcante.

De um modo geral a foliação dada pela gnaissificação é regularmente orientada na direção NE-SW e os mergulhos estão compreendidos em grande parte entre 40-65° para SE. Próximo ao Vale do Bonsucesso torna-se mais irregular adquirindo uma orientação ora NW-SE com mergulhos para NE, ora NE-SW com mergulhos para SE.

Localmente o bandeamento dado por lentes milimétricas, alternadas, claras escuras, pode conferir à rocha uma foliação marcante, não diferindo, entretanto, da foliação dada pela gnaissificação. Este bandeamento é melhor observado ao sul, na região de Cascatinha, em Petrópolis.

Os "arrastes", tão frequentes no Batólito Serra dos Órgãos, característicos da última fase de deformação somente são observados próximo ao contato com aquele, e mesmo assim de forma incipiente. Provavelmente o estado de rigidez das rochas da unidade Bingen durante esta fase não permitiu que a deformação fosse tão marcante como no corpo batolítico.

A foliação plano axial de baixo mergulho da primeira fase (recumbembe) também só é observada próxima ao contato nos afloramentos dos cortes de estrada da região serrana.

4.1.1.2.1.2.1 PETROGRAFIA

Esta unidade se caracteriza principalmente pela ocorrência de um biotita gnaisse granítico, bastante homogêneo, de cores claras, granulometria média a fina, com gnaissificação moderada ou ausente nos núcleos de aspecto tipicamente granítico.

A textura é granular xenoblástica a lepidoblástica e os grãos formados essencialmente por feldspato potássico microclínio, plagioclásio sódico (oligoclásio-andesina), às vezes sericitizados, quartzo e biotita parda amarelada. A microclina apresenta texturas particulares típicas do processo de feldspatização (rearranjo blástico do feldspato potássico) qual sejam, inclusões microscópicas de plagioclásio de bordos albiticos difusos e núcleos de oligoclásio, opacos e gotas de quartzo. Os porfiroblastos de microclina apresentam anedrais e subedrais com visível fenômenos de reação particularmente quando em contato com plagioclásios.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

Nota-se em algumas lâminas contatos interdigitados do quartzo e feldspato, às vezes mimerquíticos. A granada quando presente, apresenta-se em geral fragmentada irregularmente e disseminada ao passo que a sillimanita aparece em alguns produtos melanossomáticos, intimamente associada a biotita. O quartzo ocorre apresentando forma ameboidal, policristalino por vezes, indicando recuperação (recristalização) pós-deformação, onde atingiu uma mobilidade plástica relativamente alta. As biotitas apresentam frequentemente halos pleocróicos devido a inclusões de zircão e alanita. Outros acessórios ocorrentes são apatita, titanita e opacos (provavelmente pirita, ilmenita e magnetita). As rochas apresentam certo estado de alteração evidenciado por sericitização dos núcleos de plagioclásio e cloritização das biotitas. Eventualmente a sericita chega a recrystalizar-se em cristais de muscovita indicando um provável reaquecimento.

4.1.1.2.1.2 UNIDADE SÃO FIDÉLIS (P_{CEIII} sf)

A unidade São Fidélis ocorre no extremo noroeste da folha Itaipava, estendendo-se amplamente nas folhas adjacentes (Três Rios, Paraíba do Sul e Miguel Pereira).

Apresenta um relevo mais suave que as unidades precedentes onde predominam morros de formas arredondadas com vertentes abruptas. Sendo rara a presença de escarpas rochosas. Seu padrão de drenagem é mais regular e bem adaptado à foliação regional. Destaca-se em algumas áreas um padrão retangular, ou em treliça, desenvolvido preferencialmente onde as rochas apresentam uma estrutura cataclástica mais proeminente.

É constituída por migmatitos, com metamorfitos subordinados, de afinidade francamente metassedimentar. Os migmatitos são predominantemente heterogêneos e mais restritamente homogêneos. São, na maioria das vezes, caracteristicamente granatíferos, por vezes ricos também em sillimanita. A eles associam-se importantes corpos quartzíticos, os quais representam um dos importantes elementos caracterizadores dessa unidade na área.

Faz contato a sul com os migmatitos heterogêneos da unidade Santo Aleixo de forma bastante regular, segundo uma linha contínua, de direção NE-SW, passando a norte de Secretário, e seguindo para NE em direção a Areal, já fora da folha Itaipava. Seu contato com a unidade Santo Aleixo é de natureza transicional, onde ocorrem rochas com

características tanto estruturais como mineralógicas, comuns às duas unidades. Rochas com estrutura cataclástica (blastomilonitos e milonito gnaisses), são frequentes nesta unidade, inclusive nas vizinhanças do contato com a unidade Santo Aleixo.

Em sua maior parte, a unidade São Fidélis é representada por migmatitos heterogêneos (metatexitos e diatexitos heterogêneos) de estrutura (predominantemente) estromática onde se alternam lentes (espessas) de biotita gnaisses mesocráticos, frequentemente granatíferos e lentes ou leitos delgados quartzo feldspáticos, de natureza leucossomática, graníticos, leptiníticos e pegmatóides, com ou sem granada. Os biotita gnaisses granatíferos são bastante heterogêneos com variações para termos ora mais biotíticos, ora mais quartzosos ou mais feldspáticos. Associam-se intimamente a lentes de quartzitos com intercalações xistosas como "boudins" (ou enclaves), e mais restritamente anfibólio-biotita gnaisses com ou sem granada, Estes últimos variando de meso a melanocráticos. Restritamente podem gradar para gnaisses xistosos ou xistos gnaissóides, em geral ricos em granada e sillimanita, com ou sem grafita. Eventualmente, em caráter local, ocorrem rochas de afinidade kinzigíticas: grafita-granada-sillimanita-quartzo-biotita-feldspato gnaiss. Entretanto, a presença de cordierita é rara (pelo menos em escala mesoscópica), tendo sido identificada apenas pontualmente em um dos afloramentos visitados.

Subordinadamente ocorrem domínios não mapeáveis à escala, constituídos por migmatitos homogêneos(diatexitos), com estrutura nebulítica. São em geral mais claros com tendência leucocrática, granatíferos, e exibem frequentemente enclaves de rochas calcossilicatadas, e mais restritamente quartzitos. Finos leitos biotíticos de natureza melanossomática ocorrem disposto segundo a foliação. (Esses diatexitos representariam as porções mais evoluídas dentro de uma sequencia migmática).

Outro elemento também diagnóstico desta unidade é a presença de grafita, de hábito invariavelmente lamelar, que ocorre disseminada nos planos de xistosidade dos gnaisses. (Mais raramente como inclusões). Quando presente constitui o mineral acessório importante desta unidade. Ocorre tanto nos migmatitos heterogêneos com também nos migmatitos homogêneos (diatexitos), porém sempre acompanhada pela granada. Pode aparecer também em alguns quartzitos, geralmente associada a biotita.

Nas proximidades do contato com a unidade Santo Aleixo, mais especificamente na parte sudoeste deste contato, os biotita gnaisses da unidade São Fidélis apresentam uma feição

estrutural característica. Ocorrem aí biotita gnaisses “bandados” bastante deformados. Frequentemente são blastomilonitos e milonito gnaisses de granulação fina e foliação marcante. A foliação é dada não só pela xistosidade (da biotita), como também por um bandeamento composicional plano-paralelo desenvolvido. Este bandeamento composicional é definido essencialmente pela alternância de leitos delgados quartzo-feldspáticos leucocráticos e leitos biotíticos mesocráticos, com contatos nítidos ou não, conferindo o aspecto “bandado” a estas rochas. Frequentemente se observa nos leitos quartzo-feldspáticos a presença de porfiroclastos grosseiros de feldspato, geralmente exibindo estrutura “mortar” imersos em uma matriz poligonizada de granulação predominantemente fina e muitas vezes rodeados por fitas de quartzo (“ribbon quartz”). Esses leitos quartzo-feldspáticos são, pelo menos em parte, de natureza neossomática (leucossomática), e devem sua trama gnáissica fina a processos de deformação, dobramento cerrado, estiramento e cominuição mineral acompanhada de intensa recristalização. Entretanto não deve ser descartada a possibilidade de que, pelo menos parte deste bandeamento em leitos claros e escuros, seja resultado de processo de diferenciação metamórfica, associada a deformação intensa que deu origem aos blastomilonitos e milonito gnaisses. Ainda nesse sentido, parece improvável que esta alternância de leitos claros e escuros, seja resultado de processo de diferenciação metamórfica, associada à deformação intensa que deu origem aos blastomilonitos e milonito gnaisses. Ainda nesse sentido, parece improvável, que esta alternância de leitos claros e escuros possa refletir um bandeamento pré-existente de natureza sedimentar.

Tipos litológicos subordinados compreendem gnaisses porfiroblásticos e anfibólio biotita gnaisses escuros. Os gnaisses porfiroblásticos são representados por (hb)-bi-microclina-plagioclásio gnaisses mesocráticos, de granulação média, tendo como principal acessório a titanita. São caracteristicamente homogêneos e apresentam porfiroblastos centimétricos orientados, tanto de microclina como de plagioclásio, sendo o primeiro dominante. Ocorrem restritamente próximo às cabeceiras do Córrego da Cruz, a sudoeste de Inconfidência, como uma lente alongada segundo a foliação. Assemelham-se, pelo menos mineralogicamente, aos (hb)-biotita gnaisses porfiroblásticos que ocorrem na unidade Santo Aleixo (Contrastando com os (gr)-bi-plagioclásio gnaisses, que apresentam biotita vermelha a pardo avermelhada, estes gnaisses porfiroblásticos apresentam biotita de coloração parda, muito frequente nos migmatitos da unidade Santo Aleixo).

Orto-gnaisses de composição intermediária e básica, podem estar representados na área por (granada)-biotita-hornblenda gnaisses escuros, homogêneos, de granulação fina e média, que ocorrem muito subordinadamente, como lentes, intercalados com os (gr)-biotita-plagioclásio gnaisses da unidade São Fidélis, não sendo passíveis de individualização à escala de semi-detálhe. A hornblenda pode ou não ser dominante em relação à biotita e às vezes aparece como porfiroblastos deformados com extinção ondulante. Frequentemente mostram evidências de transformação para biotita.

4.1.1.2.1.2.1 ROCHAS GRANULÍTICAS

Próximo ao Rio do Fagundes, no limite oeste da folha Itaipava, ocorreram rochas de fácies granulito com hiperstênio, (hiperstênio diorito), parcialmente “retrogradadas” para o fácies anfibólito. São gnaisses escuros de composição básica (ou intermediários), de granulação variada, desde grosseira até extremamente fina (em geral blastomilonitos extremamente finos). Os termos mais grosseiros apresentam foliação incipiente e texturas que sugerem uma origem ígnea para estas rochas. De modo geral apresentam biotita em quantidade considerável, além de anfibólio e piroxênio (hiperstênio e diopsídio, sendo o primeiro dominante). Tanto o hiperstênio como o diopsídio, mostram claramente evidências de transformação para anfibólio e finalmente para biotita. Localmente observou-se a presença de agregados de biotita finamente recristalizada, de forma sub-quadrática lembrando porfiroblastos reliquiares não orientados. Localmente encontram-se cortados por aplitos delgados ricos em microclina, com granadas diminutas e estrutura blastomilonítica. Porções gnáissicas bem orientadas (milonito=gnaisse), também ocorrem. Aparentemente trata-se de uma lente concordante com a foliação exibindo granulação grosseira e foliação incipiente em sua parte mais interna e estrutura blastomilonítica fina nas bordas. Lateralmente passam a granada-biotita gnaisses com intercalações quartzíticas e “boudins” de rochas calcossilicatadas.

4.1.1.2.1.2.2 QUARTZITOS

Quartzitos são rochas relativamente abundantes nesta unidade, podendo ser outro elemento diagnóstico da unidade São Fidélis na área mapeada. Ocorre sob a forma de lentes alongadas, concordantes com a foliação regional, de espessura extremamente variada, compondo desde lentes com cerca de 200 m de espessura até pequenas lentes ou intercalações quartzíticas métricas a centimétricas, em meio a gnaisses quartzosos. Subordinadamente podem também ocorrer como enclaves, principalmente nos gnaisses mais homogêneos (diatexitos). Seus contatos com os migmatitos da unidade São Fidelis são predominantemente abruptos, podendo ser também de natureza transicional quando passam à gnaisses quartzosos ou gnaisses com intercalações quartzíticas, geralmente granatíferos, com ou sem sillimanita e grafita.

São representados genericamente por biotita quartzitos, feldspáticos ou não, podendo conter granada, sillimanita e/ou grafita. Ocorrem finamente intercalados com leitos xistosos ou xisto-gnaissóides, de granulação fina e média, ricos em biotita, sillimanita e granada, com ou sem grafita. Porções mais puras constituídas essencialmente de quartzo apresentam-se intensamente recristalizadas com granulação grosseira.

De um modo geral são feldspáticos, ou seja, apresentam-se intensamente feldspatizados. Sendo o oligoclásio o feldspato dominante. Este ocorre muitas vezes em cristais hipidiomórficos de granulação média a grosseira e aparentemente resultante de blastese intensa associada a processo de migmatização. Esta blastese é mais desenvolvida nas porções quartzosas do que nas porções xistosas.

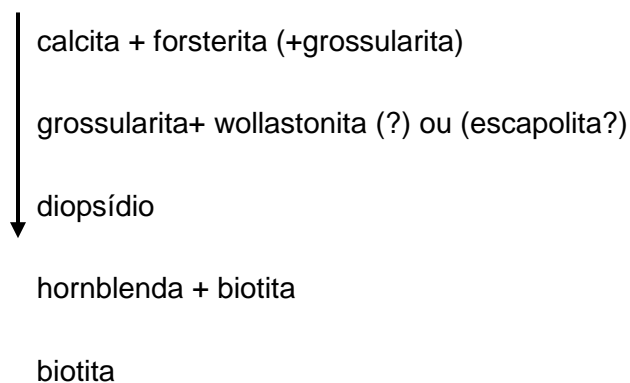
Na grande maioria dos afloramentos visitados os quartzitos apresentam tanto biotita como muscovita em proporções variadas, sendo esta última de natureza secundária, tendo se formado tanto às custas de biotita (e sillimanita) como de feldspatos. Em geral ocorre associada à biotita aproveitando os planos de xistosidade dos quartzitos (crescimento mimético). Porfiroblastos não orientados de muscovita ocorrem preferencialmente sobre os feldspatos ou nas porções mais quartzosas, sendo raros nas partes xistosas.

4.1.1.2.1.2.3 ROCHAS CALCOSILICATADAS

Rochas calcossilicatadas ocorrem principalmente como enclaves ou “boudins” de formas e dimensões variadas, podendo ocorrer eventualmente lentes de gnaisses calcossilicáticos com pronunciado bandeamento composicional. Na maior parte das vezes apresentam coloração esverdeada a cinza clara e textura granoblástica poligonal equigranular fina.

São caracterizadas essencialmente pela presença de: diopsídio, plagioclásio cálcio, cummingtonita-grunerita, biotita e quartzo, podendo ocorrer também almandina, grossularita e hornblenda. Os acessórios mais comuns são a titanita e o zircão. Assembleias mineiras de mais baixo grau metamórfico, (epidoto, tremolita/actinolita, carbonatos, muscovita/sericita e pirita), ocorrem restritamente associadas a pequenas fraturas e veios de quartzo, sendo seguramente de origem secundária.

Os enclaves e “boudins”, geralmente de forma ovalada ou lenticular, mostram-se (invariavelmente) envoltos por uma capa delgada constituída essencialmente de biotita, evidenciando processos de “biotitização” da rocha calcossilicatada pela encaixante. Muitos desses enclaves apresentam um zoneamento interno bem pronunciado de cores variegadas. Em um enclave calcossilicático foi observado o seguinte zoneamento do núcleo para a borda:



Eskola (1922), cita um zoneamento típico em inclusões de rochas carbonáticas em migmatitos indicativo do fácies anfibolito:

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

↓ diopsídio + grossularita
 ↓ hornblenda + plagioclásio Ca
 ↓ biotita + plagioclásio Na + K-feldspato + almandina

Segundo Mehnert (1968), o fácies de calcossilicacata é o mesmo dos migmatitos envolventes (geralmente fácies anfibolito de alta temperatura).

Segundo este autor, este zoneamento seria devido à inércia das rochas calcossilicatadas à assimilação devido à baixa tendência de migração química do silicato de Ca, Mg e Fe.

Ainda segundo Mehnert somente a deformação da calcossilicatada acelera a assimilação na medida que cria nova superfícies de contato:

Levando em conta a intensa deformação verificada nas rochas da unidade São Fidelis, com ampla formação de rochas cataclásticas (blastomilonitos), parece provável que pelo menos uma parte dos números enclaves e “boudins” de rochas calcossilicatadas sejam produto de transformação (assimilação), de rochas calcárias (mármore).

4.1.1.2.1.2.4 PETROGRAFIA

As litologias que compõem a unidade São Fidelis são representadas predominantemente por:

- (1) (gr)-bi-pg gnaisses
- (2) sill-gr-bi-pg gnaisses
- (3) (sill)-(gr)-bi-mi-pg gnaisses

Dentre elas destacam-se predominantemente o tipo (1), sendo a granada almandina bastante frequente embora nem sempre esteja presente. O tipo (2), de ocorrência mais restrita, ocorre largamente distribuído na área abrangida pela unidade São Fidelis, apresentando variações para termos xistosos ricos em biotita e termos quartzosos podendo passar a quartzitos. A

presença de grafita como mineral acessório é comum nestas litologias (tipo 2), e a cordierita foi assinalada pontualmente nas mesmas.

Subordinadamente ocorrem litologias do tipo (3), que diferem dos tipos precedentes pela presença de microclina. Ocorrem principalmente associados a rochas cataclásticas (blastomilonitos e milonito gnaisses), e à região de transição para os migmatitos da unidade Santo Aleixo, sendo a quantidade de microclina bastante variada.

Texturalmente estas rochas apresentam textura granolepidoblástica inequigranular fina, poligonizada quando cataclásticas.

A granada almandina é predominantemente violácea e subordinadamente vermelha, apresentando coloração violácea intensa nos tipos ricos em granada e sillimanita. Ocorre invariavelmente como pequenos cristais milimétricos, xenomórficos, arredondados a fraturados, podendo conter eventualmente, quando poiquiloblástica, inclusões de biotita e quartzo. Raramente ocorre porfiroblastos centimétricos.

A biotita é predominantemente titanífera apresentando coloração vermelha ou parda avermelhada, sendo intensamente avermelhada nos tipos ricos em granada e sillimanita. Ocorre principalmente recristalizada em cristais milimétricos a submilimétricos muitas vezes formando arcos poligonais. Cristais menores localmente são observados. Por outro lado, as unidades Santo Aleixo, Maria Comprida e Bingen apresentam caracteristicamente biotita de coloração parda.

A sillimanita ocorre tanto em cristais prismáticos (às vezes com extinção ondulante e fraturados), como finamente recristalizada em agregados fibrosos ou não.

O plagioclásio é predominantemente andesina. Ocorre como porfiroclastos com extinção ondulante ou não, podendo apresentar geminação complexa, ou recristalização em agregados poligonais quartzo-feldspáticos onde não apresenta geminação complexa. É geralmente o único feldspato presente.

A microclina, restrita, pode ocorrer em pequenos cristais associada ao quartzo e plagioclásio, ou como porfiroblastos ou porfiroblastos centimétricos xenomórficos. Associada às rochas cataclásticas, exibem frequentemente estrutura mortor. Microclina e plagioclásio, entretanto, são minerais comuns em leitos quartzo-feldspáticos leucocráticos. Estes, de uma maneira geral são representados por: (gr)-bi-qz-pg-mi (com ou sem ortoclásio subordinado).

Ortoclásio micropertítico, embora presente, é muito raro, tendo sido, identificado também em rochas ricas em sillimanita.

O quartzo ocorre em cristais amebóides, bem recristalizados, de um modo geral com extinção muito pouco ondulante. Nos termos cataclásticos, pode ocorrer associado ao feldspato, em matriz poligonal fina, ou em fitas continuas (“ribbon quartz”), geralmente ondulando em torno de porfiroclastos de feldspato.

Grafita é o principal acessório em gnaisses ricos em granada e sillimanita (tipo 2), sendo rara em (gr)-bi-pg gnaisses (tipo 1). Ocorre disseminada nos planos de foliação, associada preferencialmente à biotita, apresentando hábito lamelar. Outros acessórios incluem zircão, opacos e apatita.

Muscovita de origem secundária é comum na unidade São Fidélis. Ocorre em pequenos cristais em substituição à biotita, ou como porfiroblastos não orientados em substituição aos feldspatos. Eventualmente observou-se muscovitas dactilíticas associadas à oxidação de Fe, formadas às custas de biotitas.

As litologias supra citadas, caracterizam-se pela ausência ou presença rara de microclina e hornblenda, e pela ausência de acessórios tais como alanita, titanita e mimerquita. Esses minerais por sua vez são bastante comuns nas rochas das unidades Santo Aleixo, Maria Comprida e Bingen. A presença de hornblenda na unidade São Fidélis, pelo menos na folha Itaipava, está restrita a gnaisses escuros homogêneos (provavelmente orto-gnaisses), mostrando instabilidade paragenética e em anfibólio-biotita-microclina-plagioclásio gnaisses porfiroblásticos, homogêneos, de ocorrência restrita. Esses últimos, distintamente dos litótipos representativos da unidade São Fidelis, são caracterizados pela presença de biotita parda a parda esverdeada, titanita e alanita (além da microclina e hornblenda).

Minerais comuns, diagnósticos desta unidade, cuja presença é extremamente rara, ou ausente nas unidades do agrupamento V, são a grafita, a sillimanita e a biotita titanífera (avermelhada).

4.1.1.2.1.3 BATÓLITO SERRA DOS ORGÃOS (P€grgn, P€lgr)

Dentro da área da folha Itaipava é a litologia dominante, ocupando a porção central e noroeste da folha com ramificações para SW e SE. Corresponde ao (hb)-bi gnaiss granítico da folha Petrópolis. As melhores exposições ocorrem nos afloramentos dos cortes da nova estrada Rio-Juiz de Fora (BR-040) ao sul na região serrana e mais ao norte próximo à Itaipava e Pedro do Rio.

O relevo formado por esta litologia é constituído por paredões escarpados, desnudos de formas arredondadas. As maiores elevações ocorrem a SW na região de Araras e à SE nas Serras de Cantagalo e dos Órgãos.

O padrão de drenagem é bem irregular sendo controlado na sua maior parte por varias direções de fraturamento. Na região de Itaipava/Correias, o rio Piabanha, o principal da região, forma um vale aberto com curso meandrado e apresenta um estágio de evolução relativamente maduro. Em comparação com o resto da área, a drenagem aí é mais densa e parece apresentar padrões mais dendríticos.

Na área da folha, o batólito faz contato ao norte com as unidades Maria Comprida e Santo Aleixo, ao sul e sudeste com as unidades Bingen e Santo Aleixo e também com os plutonitos ácidos, principalmente na Serra dos Órgãos. Macroscopicamente o Batólito Serra dos Órgãos caracteriza-se por ser uma rocha de granulação média à grossa (localmente mais fina), em geral biotítica, com ou sem hornblenda. O índice de cor varia de leuco à mesocrático, predominando este último.

Ao norte o batólito é limitado pelos biotita gnaisses porfiroblásticos e pseudo-oftálmicos da unidade Maria Comprida. O contato pode ser abrupto (a escala do mapeamento) ou transicional quando ocorre uma faixa com espessura variada de natureza híbrida, com estruturas pseudo-oftálmicas e nebulíticas, que não apresentam a homogeneidade típica do litotipo desta unidade.

Entre Posse e Secretário o contato é contínuo e segue a direção NE-SW. A partir de Secretário para SW o contato é irregular sugerindo dobramento. Nas proximidades de Pedro do Rio observa-se um contato falhado mantendo a direção NE-SW. Próximo ao Córrego do Capim Roxo assume direção NNE.

Em Araras, entre a unidade Bingen e a unidade Maria Comprida ocorre uma faixa formada por um fácies mais fino deste granito-gnáissico. O contato entre este fácies fino e a unidade Bingen é bastante difuso, podendo ser melhor observado na pedreira de Araras. Com a unidade Maria Comprida o contato provavelmente é brusco.

Os biotita gnaisses porfiroblásticos da unidade Maria Comprida passam paulatinamente para um (hb)-bi gnaiss pseudo-oftálmico com estiramento e recristalização dos porfiroblastos de microclina. Próximo ao contato o caráter pseudo-oftálmico torna-se mais definido. Ocorre aí uma zona híbrida onde podemos reconhecer porções difusas do (hb)-bi gnaiss pseudo-oftálmico miscigenados e entrecortados por um biotita gnaiss granítico de estrutura nebulítica porém com trama do batólito.

Poucos metros adiante o (hb)-bi gnaiss granítico perde o caráter nebulítico e assume a sua homogeneidade característica. É interessante notar aí que os leitos graníticos e biotíticos frequentes na unidade Maria Comprida desaparecem quase totalmente ao se passar para o biotita gnaiss granítico. Apenas pequenos enclaves e lentes irregulares e estiradas, sem continuidade lateral são observadas sugerindo trata-se de um restito. Estas relações aliadas a outras evidências sugerem uma natureza intrusiva para o (hb)-bi gnaiss granítico, conforme já havia sido sugerido por Penha *et alii* (1979) e Penha *et alii* (1980).

O contato do Batólito Serra dos Órgãos com a unidade Bingen pode ser melhor observado ao sul, na região serrana próximo à localidade de Mosela. Nos cortes da nova estrada Rio-Juiz de Fora observa-se ora um contato praticamente horizontal, ora um contato lateral, comprovando a complexidade das relações interlitológicas na região.

Neste local foi possível traçar um limite mais ou menos definido entre as duas litologias. O caráter ígneo do (hb)-biotita gnaiss granítico é perfeitamente observável aonde observam-se “línguas” intrusivas do batólito penetrando a unidade Bingen, formando pequenas apófises.

As características de campo sugerem um comportamento plástico da unidade Bingen, próximo ao contato com o corpo batolítico, de onde não se nota sinais de fraturamento, falhamento, ou outras feições de comportamento de corpos rígidos.

Ocorrências pontuais do batólito Serra Órgãos foram observados dentro da unidade Bingen. Estes corpos em escala de afloramento foram expostos, provavelmente, devido ao nível local de erosão, conjugado com o tipo de contato. Este contato é provavelmente interdigitado em escala regional e dependendo da cota do nível de erosão, núcleos do batólito podem vir a aflorar dentro da unidade Bingen.

Localmente no contato entre as duas litologias observa-se que os feldspatos e o quartzo do (hb)-bi gnaiss granítico tornam-se mais alongados e estirados e os planos de biotita e a foliação mais regulares.

Na região de Cascatinha foi observado um provável contato tectônico entre as duas litologias.

O contato entre o Batólito Serra dos Órgãos e a unidade de Santo Aleixo é brusco, embora nem sempre possa ser definido devido à falta de afloramentos. Na Serra dos Órgãos e na região de Mata-Porcos em Correias observou-se prováveis contatos tectônicos.

Plutonitos ácidos cortam discordantemente o batólito e localmente foi possível traçar limites definidos entre as duas litologias. Contatos falhados foram observados na Serra dos Órgãos.

Dentro da área mapeada localmente foram encontrados enclaves de formas irregulares, geralmente como leitos estirados. Geralmente são heterogêneos, em geral biotita gnaisses e hb-bi gnaisses de granulação fina à média. Entretanto enclaves quartzo-feldspáticos graníticos também ocorrem. Diques de metabasitos biotitizados, geralmente mosqueados, aparecem restritamente apresentando invariavelmente evidências de deformação em estado plástico.

Além de fácies de granulação fina, já mencionado, uma variedade leucocrática do batólito foi encontrada na região de Mata-Porcos em Correias. A granulometria é também um pouco mais fina e a rocha apresenta-se com muito menor quantidades de máficos. Localmente ocorre bastante avermelhada devido à oxidação talvez de inclusões ferrosas dentro de quartzo de feldspato.

Nesta mesma região, na pedreira de Correias observa-se um dique de biotita gnaiss homogêneo com aproximadamente 7 m de espessura, cortando o gnaiss granítico mesocrático. A foliação deste dique, entretanto é a mesma do batólito indicando uma imposição posterior à intrusão do dique.

Estruturalmente o batólito apresenta padrões bastante complexos. A foliação é bastante irregular assumido direções ora NE, ora NW com direção e ângulo de mergulho bastante variados também. Grosseiramente a foliação acompanha os contatos podendo ser constante e uniforme bem próximo a ele. Uma segunda foliação amplamente distribuída porém com intensidade bastante variada é dada por estruturas dobradas ("slip folds") definidas por planos de cisalhamento subparalelos alternados que truncam a gnaissificação. Localmente pode evoluir até a transposição da foliação anterior. Estes planos de cisalhamento definem uma atitude predominante NNE sub-vertical, podendo localmente ocorrer componentes secundários ortogonais à primeira. É comum observar uma incipiente mobilização leucossomática de natureza pegmatóide segundo estes planos de cisalhamento.

Excepcionalmente foi constatada, em Pedro do Rio a presença de uma restrita faixa cataclástica verticalizada formada por protomilonitos de direção NNE paralela ao lineamento do rio Piabanha que controla o seu curso ao norte de Pedro do Rio. Lineações de estrias no plano de cisalhamento são essencialmente horizontais indicando deslocamento direcional.

4.1.1.2.1.3.1

PETROGRAFIA

Petrograficamente o batólito é representado por (gr) biotita gnaisses e (gr)-hb-biotita gnaisses graníticos à tonalíticos de granulação grosseira e coloração cinza clara a rosada. São bastante homogêneos e ricos em microclina. Tem como característica a presença de quartzo grosseiro “em gotas”. A recristalização é intensa e a paragênese é de fácies anfibolito. Os contatos entre os grãos são bastante irregulares. Tanto o quartzo como o feldspato apresentam-se bastante fraturados e contém muitas inclusões, principalmente de apatita. Por vezes as inclusões são tão abundantes que dão à rocha um caráter quase poiquiloblástico.

A microclina apresenta-se subédrica, com inclusões de quartzo e plagioclásio, sendo que este último inclusiona também o quartzo. Sericita parece preencher as fraturas de microclina. Contatos interdigitados entre o quartzo e o plagioclásio e o k-feldspato dão à rocha localmente uma textura mimerquítica.

O quartzo com pelo menos duas gerações frequentemente apresenta evidências de deformação pós-cristalina aparecendo invariavelmente com extinção ondulante.

Entre os máficos o mineral mais comum é a biotita de cor marrom amarelada encontrada em abundante concentrações locais. Algumas inclusões como zircão estão presentes. Em geral nota-se uma certa orientação das palhetas de biotita embora não seja muito marcante.

A hornblenda anédrica à subédrica ocorre em quantidades subordinadas e é em geral verde clara e frequentemente associada à biotita.

A granada também é encontrada esporadicamente e na região da Fazenda Inglesa há grande concentração de porfiroblastos deste mineral disseminados.

Os acessórios mais comuns são a apatita, titanita, alanita e zircão. A alanita é muito comum na variedade de granulação mais fina, em Araras. Opacos também ocorrem frequentemente e os mais comuns são provavelmente a magnetita e a pirita encontradas também em escala macroscópica em toda a região.

4.1.1.2.1.4 UNIDADE MARIA COMPRIDA (P€mc)

Ocorre como uma faixa irregular de largura variada, bordejando a maior parte do limite norte do Batólito Serra dos Órgãos. Se estende desde o limite oeste da folha Itaipava até as proximidades do Vale do Cedro, onde se acunha. Daí para Posse, o Batólito Serra dos Órgãos faz contato direto com os migmatitos heterogêneos da unidade Santo Aleixo. Faz contato ao norte com a unidade Santo Aleixo, de forma transicional, segundo a direção NE-

SW. Uma “ilha” isolada da unidade Maria Comprida, com aproximadamente 30 km², ocorre na porção central da folha Itaipava a sudeste da localidade de Pedro do Rio, onde se encontra totalmente circundada pelo batólito Serra dos Órgãos.

Boas exposições dessa unidade podem ser vistas ao longo do rio Piabanha no trecho situado a norte de Pedro do Rio, sendo seu local tipo, a pedreira situada a aproximadamente a 3 quilômetros a norte de Pedro do Rio.

Apresenta um relevo caracteristicamente acidentado, semelhante ao do Batólito Serra dos Órgãos, sendo porém, em geral, um pouco mais suave, onde é menos frequente a presença de escarpas desnudas. Seu relevo destaca-se consideravelmente daquele na unidade Santo Aleixo, que lhe faz contato a norte, principalmente na parte oeste da folha. Parte da Serra das Araras, localmente denominada Serra da Maria Comprida, onde se situa o pico homônimo, é constituída por rochas dessa unidade.

Seus litotipos correspondem a migmatitos estromáticos de leito espesso, notavelmente diferenciados, associados a domínios homogêneos subordinados.

Compreende predominantemente (hb)-biotita gnaisses porfiroblásticos a pseudo-porfiroblásticos (pseudo-oftálmicos), de composição granodiorítica a granítica e granulação média a grossa. A estrutura dominante é a estromática, aparecendo subordinadamente a nebulítica. A feição estromática é dada pela presença de lentes ou leitos, de espessura variada, de granitos e leucogranitos gnaissificados, com granulometria variada, desde fina até grosseira pegmatóide. Essas lentes apresentam em geral um bandejamento composicional difuso, paralelo aos contatos e ao bandejamento estromático, que parece tratar-se de fluxo. Cristais bipiramidais de magnetita são comuns em muitos desses leitos. Localmente esses leitos graníticos podem tornar-se mais expressivos como na ilha dessa unidade na porção central da folha, onde foi mapeado um leucogranito gnáissico.

Intercaladas a essas lentes graníticas e aos gnaisses porfiroblásticos, ocorrem lentes de espessura variada de (hb)-biotita gnaisses melanocráticos, de granulação fina a média. Algumas dessas lentes, principalmente as mais delgadas e pouco continuas, são certamente melanossomáticas. Entretanto, a maior parte delas representa metabasitos (anfíbolitos) parcial ou totalmente biotitizados.

Tanto as lentes graníticas como as biotíticas, acham-se intensamente estiradas, em dobras fechadas a isoclinais, definindo leitos com marcado paralelismo, responsável pela estrutura estromática observada. Localmente essas lentes são levemente discordantes com relação à foliação e não é raro elas aparecerem cortando uma às outras com baixo ângulo, atestando

seu caráter intrusivo. Relações de campo sugerem diversas fases de geração de rochas graníticas, provavelmente contemporâneas à geração de metabasitos. Biotita gnaisses mesocráticos (orto-gnaisses), de granulação fina e composição intermediária, parecem ter uma origem tardia. Ocorrem restritamente sob a forma de leitos delgados subparalelos à foliação porém, nitidamente discordantes com relação aos demais litotipos.

Subordinadamente, os gnaisses porfiroblásticos e pseudo-porfiroblásticos dessa unidade ocorre com muito poucos leitos de material granítico ou biotítico associados. A estrutura dominante se torna então nebulítica e perde o seu caráter estromático, assumindo um aspecto bastante homogêneo, onde destacam-se apenas pequenas lentes ou bolsões irregulares biotíticos, além de pequenos corpos pegmatíticos ou aplíticos concordantes ou não com xistosidade. Localmente pode ser ainda observada a presença de veios de quartzo boudinados. A foliação se torna menos evidente e mais variada, e estruturas dobradas (slip folds) semelhantes às encontradas no Batólito Serra dos Órgãos, se tornam bastante expressivas.

Estes fácies homogêneo, sem o caráter estromático marcante, predomina na “ilha” dessa unidade na porção central das folhas, que tem na Pedreira Imperial, sua melhor exposição. É de grande expressão também, na região do alto curso do rio Maria Comprida, situada a sudeste do Córrego do Barro Preto abrangendo a Serra da Maria Comprida e o prolongamento dessa unidade para NE, nas imediações dos Córregos do Capim Roxo e da Prata. Nesta região as estruturas dobradas (“slip folds”) são muito desenvolvidas mascarando quase que totalmente a foliação anterior. Localmente elas podem chegar a definir uma nova foliação, dada por planos subverticais de cisalhamento, regularmente espaçados, da direção NNE. Uma mobilização leucossomática incipiente também ocorre ao longo desses planos de cisalhamento como acontece no Batólito Serra dos Órgãos.

Ao longo de toda a faixa NE-SW, em que esta unidade apresenta estrutura estromática, estas estruturas dobradas, além de serem menos desenvolvidas, estão restritas aos níveis de biotita gnaisses porfiroblásticos, não ocorrendo nos leitos graníticos e biotíticos. Deste modo o caráter estromático é mantido. Também aí se verifica uma mobilização leucossomática incipiente segundo estas estruturas.

Numa faixa estreita que, grosso modo, bordeja o contato com o batólito Serra dos Órgãos, os biotita gnaisses porfiroblásticos foram submetidos a um processo de recristalização, que transformou os porfiroblastos de microclina em um mosaico poligonal, pseudo-porfiroblástico (que ocasionalmente pode ser quartzo-feldspático) de granulação fina. Estes pseudo-

porfiroblastos recristalizados encontram-se muitas vezes dobrados ou arqueados pelas estruturas de cisalhamento (“slip folds”) sugerindo um íntimo relacionamento entre os primeiros e estas estruturas de arraste.

4.1.1.2.1.4.1 PETROGRAFIA

Petrograficamente predominam os (hb)-bi-pg-mi gnaisses, com porfiroblastos de microclina, leuco a mesacráticos, granulação média a grossa e textura granolepidoblástica interlobada. Os porfiroblastos de microclina constituem em média 50% do volume da rocha. Como acessório aparecem a titanita, zircão, opacos (especialmente pirita), apatita e mimerquita, sendo a titanita o acessório mais comum.

O quartzo ocorre em cristais amebóides, bem desenvolvidos, invariavelmente apresenta recuperação.

A biotita de coloração parda a marrom ocorre em cristais hipidiomórficos, associada à hornblenda.

O plagioclásio comumente é o oligoclásio, é comumente xenomórfico, geralmente circundado por microclina, e apresenta bordo de reação mimerquítico com a mesma.

A microclina aparece sempre xenomórfica, de tamanho variado, com geminação tartan, estando presente tanto na matriz quanto na forma de porfiroblastos. Neste caso podem apresentar geminação carlsbad. Localmente esses porfiroblastos se apresentam totalmente recristalizados dando origem a um aglomerado poligonal de microclina. São frequentemente hipidiomórficos a xenomórficos, podendo, em alguns casos, ser idiomórficos e discordantes da orientação geral dos demais, que seguem a xistosidade. Os porfiroblastos são eventualmente poiquilobásticos, podendo conter inclusões de quartzo e mais restritamente biotita. Núcleos de plagioclásio com halos de reação, também são observados inclusos nos porfiroblastos de microclina.

A hornblenda é usualmente xenomórfica, apresenta pleocroísmo pardo-esverdeado a verde escuro e está, na maioria das vezes, associada à biotita.

A titanita é o acessório mais comum, pode ser idiomórfica a hipidiomórfica e está sempre associada com a biotita e o anfibólio.

Os leucogranitos gnáissicos são bi-pg-mi gnaisses, localmente semiporfiroblásticos, de granulação fina, hololeucocráticos. A textura é granolepidoblástica inequigranular interlobada.

A microclina está presente tanto na matriz quando na forma de porfiroblastos. Apresenta geminação tartan e com menor frequência a carlsbad, geralmente xenomórfica a hipidiomórfica. Os porfiroblastos podem conter inclusões de quartzo e plagioclásio.

O plagioclásio é albita-oligoclásio, xenomórfico a hipidiomórfico, aparece geralmente na forma de pequenos cristais, em muitos casos parcial ou totalmente envolvidos pela microclina, com a qual pode reagir formando mimerquita. A sericitização é comum.

A biotita possui pleocroísmo de pardo-amarelo a marrom, é geralmente hipidiomórfica e dificilmente excede 5% do total da rocha. Em alguns casos mostra-se cloritizada e muscovitizada.

O quartzo é sempre xenomórfico e frequentemente apresenta recuperação.

Localmente pode conter sillimanita acicular acessória, parcialmente transformada em muscovita. Tal característica é comum no leucogranito gnáissico individualizado dentro da unidade Maria Comprida na porção central da folha.

Os metabasitos são constituídos por (mi)-(hb)-bi-pggnais, meso a melanocráticos, de granulação fina, com textura granolepidoblástica inequigranular, interlobada ou poligonal. Como minerais acessórios aparecem titanita e zircão.

O plagioclásio é oligoclásio-andesina, xenomórfico a hipidiomórfico, que pode aparecer localmente, em cristais maiores que a média, recristalizados. Frequentemente se encontra sericitizado.

4.1.1.2.1.5 OUTRAS LITOLOGIAS

As ocorrências aqui descritas são as que não foram mencionadas durante a descrição das unidades de mapeamento. São elas: pegmatitos, leucogranito, diabásio e aluviões.

4.1.1.2.1.5.1 PEGMATITOS

Os pegmatitos, na forma de veios centimétricos a métricos ocorrem em toda a área, contendo vários tipos de litologias. Constatou-se a presença de 2 gerações: uma anterior ao leucogranito aplítico e outra posterior. De um modo geral são pegmatitos homogêneos compostos de feldspato e quartzo não ultrapassando os 40 cm de espessura. Ocasionalmente contém cristais de magnetita.

4.1.1.2.1.5.2 LEUCOGRANITO

No Vale do Bonsucesso aflora um leucogranito de granulação fina à média, (por vezes gnaissificado), praticamente sem minerais máficos. Microscopicamente tem uma textura granular-xenomórfica composta principalmente por quartzo e feldspato (microclina, k-feldspato e raros plagioclásios). Biotita e mais raramente hornblenda ocorrem em pequenas quantidades.

4.1.1.2.1.5.3 DIABÁSIO

Diques de diabásio de espessura variando de centímetros até 50 metros, com direção geral SW-NE, atravessam todas as unidades mapeadas. Localmente pode ser observado na forma de blocos arredondados e esfoliados no solo. Alguns destes blocos chegam a 1 m de diâmetro.

4.1.1.2.1.5.4 ALUVIÕES

Depósitos de várzea, de idade quaternária, são constituídos de areias feldspáticas selecionadas e/ou argilas sílticas orgânicas. Ocorrem principalmente na porção central da folha distribuídos ao longo do Vale do rio Piabanha. Depósitos menores restringem-se a preenchimentos de vales estruturados sobre falhas e/ou fraturas, como ocorre nos rios do Fagundes, Maria Comprida, Bonito, da Cidade e das Araras.

Tratam-se de sedimentos inconsolidados, constituídos por camadas ou lentes alternadas de argila arenosa e areia argilosa, que formam as planícies de inundação dos rios e cuja espessura máxima observável nas barrancas destes rios não ultrapassa 6 metros.

Estes aluviões não são contínuos, aparecendo entre trechos não encachoeirados nos cursos.

4.1.1.3 ESTRUTURA REGIONAL

Em intrincada estruturação geológica, ocorre extensamente no estado do Rio de Janeiro um complexo de rochas metamorizadas nas fácies granulito, englobando a suíte charnockítica, granulitos, gnaisses kinzigíticos, e outros produtos retrógrados derivados de charnockitos e granulitos.

Ao longo de um extenso alinhamento, desde São Paulo ao Espírito Santo, passando por Mangaratiba, Rio de Janeiro, Magé, Nova Friburgo e Campos, no estado do Rio de Janeiro, ocorrem intrusivas graníticas homófonas ou pouco foliadas, consideradas pós-tectônicas, mas que realmente se mostram cataclasadas posteriormente à tectônica orogênica, sendo a catáclase possivelmente ligada ao soerguimento da Serra do Mar.

Intrusivas granodioríticas, sieníticas e graníticas constituem corpos importantes nas proximidades de Paraíba do Sul. Parecem se associar ao mesmo magmatismo gerador do Batólito Serra dos Órgãos.

Na faixa do Complexo charnockítico-granulítico do norte do estado, corpos intrusivos, graníticos, parcial ou totalmente milonitizados, foram identificados.

Todas as litologias mencionadas até o momento são pré-cambianas, atribuíveis ao Arqueano e Proterozóico.

Sequências sedimentares cenozóicas são extensamente desenvolvidas no litoral fluminense em especial.

O Batólito Serra dos Órgãos, sob um ponto de vista estrutural, modela um grande arranjo em arco, com mergulhos divergentes a partir do seu eixo, para NE e para SE. Tal arranjo é mascarado, em muitos locais, pela superposição de uma fase estrutural posterior, que inverte os mergulhos no flanco noroeste. O sinforme do flanco sudeste mostra-se invertido, bordejando o batólito, comumente, com mergulhos em ambas as abas voltados para SE. Dobras em menor escala são encontradas no interior dos sinformes.

Os gnaisses e litologias arranjam-se segundo antiformes e sinformes, nos quais, duas fases de dobramentos são visualizadas: uma, a mais nova é de caráter similar e tem eixos orientados ao redor de N50-70E, horizontalizados ou de caimento fraco. A fase mais antiga

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

expressa-se por dobras que afetam o bandeamento (sem transposição para foliação de plano axial); trata-se de dobras mais ou menos apertadas, com eixos muitas vezes orientados para o meridiano e de caimento moderado a forte.

As rochas do Complexo charnockítico-granulítico mostram-se limitadas por falhas de caráter reverso. Ao processo de falhamento, liga-se uma importante fase de transposição regional das estruturas, que afeta os gnaisses acima mencionados, até alguns quilômetros afastados das zonas de transposição. O caráter do dobramento no Complexo é muito peculiar e as dobras mostram uma das abas muito apertada e frequentemente rompida, com truncamento e desaparecimento da mesma.

Nas proximidades das zonas de transposição e no seu interior a estrutura das rochas é a que caracteriza milonito gnaisses e blastomilonitos.

Não se dispõe de dados estruturais a respeito do arranjo interno dos corpos graníticos pós-tectônicos. Em termos de arquitetura, definem massas de seção arredondada ou ovalada em planta e apredes muito empinadas.

Os complexos alcalinos constituem, em sua maioria, corpos intrusivos com paredes de mergulho forte. São circulares ou elípticos, em planta.

4.1.2 GEOMORFOLOGIA

4.1.2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Geomorfologicamente, a região estudada, encontra-se no Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados.

Este Domínio dispõe-se ao longo de todo o litoral do Estado do Rio de Janeiro, limitando com o Domínio do Escudo Exposto e com partes da Bacia e Coberturas Sedimentares do Paraná e dos Remanescentes de Cadeias Dobradas.

As Faixas de Dobramentos Remobilizados caracterizam-se pelas evidências de movimentos crustais, com marcas de falhas, deslocamentos de blocos e falhamentos transversos, impondo nítido controle estrutural sobre a morfologia atual. Este controle estrutural pode ser evidenciado pela observação das extensas linhas de falhas, com orientação estrutural dominante NE-SW, escarpas de grandes dimensões e relevos alinhados, coincidindo com os dobramentos originais e/ou falhamentos mais recentes, que por sua vez atuaram sobre as antigas falhas. Os processos morfoclimáticos que têm submetido todo o conjunto não obliteraram os traços das estruturas primárias.

O Domínio está representado na área mapeada pela Região Geomorfológica das Escarpas e Reversos da Serra do Mar.

O relevo característico desta região surge, na direção do interior, logo após as Colinas e Maciços Costeiros. Apresentando uma orientação geral SW/NE, reflete a influência dominante dos agentes internos, causadores dos dobramentos e falhamentos arqueozóicos e proterozóicos, dos sucessivos ciclos erosivos (Paleozóico e Mesozóico), da reativação de falhas e da remobilização de blocos, ambos no Terciário. Segundo Ruellan, a Serra do Mar é uma frente dissecada de bloco falhado, basculada para o norte. Sua topografia acidentada traduz-se, na descrição do PROJETO RADAMBRASIL, “em vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e de cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes”. Desempenha papel importante na distribuição das precipitações no território fluminense, tornando mais chuvosas as áreas próximas às escarpas, devido às chuvas orográficas que causa. É constituída de duas unidades geomorfológicas: Planalto da Bocaina e Serra dos Órgãos.

O primeiro estende-se, no Estado do Rio de Janeiro, desde a Serra de Parati até a de Muriqui (Mangaratiba), trecho em que a Serra do mar atinge o oceano. Esta unidade engloba as ilhas próximas, por estarem as mesmas vinculadas aos processos geológicos e morfológicos que deram origem ao modelado da parte continental. Destaca-se a ilha Grande e o Pico da Marambaia, ponto de apoio da Restinga da Marambaia. Sua porção meridional é caracterizada por escarpas, que comumente, constituem falésias e se apresentam bastante recortadas, originando inúmeras enseadas e limitando pequenas planícies aluviais. Transversalmente às escarpas, observam-se diversas linhas de falha, que respondem pela orientação da rede de drenagem local.

A Serra dos Órgãos estende-se desde Itaguaí até São Fidélis e Campos de Goytacazes, apresentando-se, inicialmente, bem próxima à costa e interiorizando-se, posteriormente, a partir de Nova Iguaçu. Situa-se entre as Colinas e Maciços Costeiros, de um lado e os Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, de outro, com exceção do trecho correspondente ao município de Itaguaí, onde atinge o mar. Responde por um forte controle estrutural sobre a rede de drenagem, tanto no que diz respeito aos rios que descem da escarpa em direção às baixadas do litoral, quanto aos que se dirigem para o rio Paraíba do Sul, orientados que são pelas fraturas e falhas. Sua porção meridional é caracterizada por escarpas escalonadas, divididas em espigões que se precipitam em direção às baixadas e colinas. Nelas identificam-se picos e serras de grandes altitudes e de perfis alcantilados: Serra dos Garcias (Papucaia), do Sambé (Rio Bonito) e Estrela (Petrópolis/Magé), Pico do Dedo de Deus (Guapimirim) e Pedra do Sino (Teresópolis), por exemplo. A partir de Nova Friburgo, as escarpas esfacelam-se, isto é, perdem continuidade, transformando-se numa série de pontões e serras isoladas, como a de Rio Bonito, a de São Bernardo (Macaé) e a do Macabu (Trajano de Moraes), por exemplo. A porção voltada para o Vale do Paraíba do Sul, isto é, o reverso da Serra dos Órgãos, é caracterizado por diversos tipos de modelados, desde maciços graníticos e morros com acentuados desníveis altimétricos até morros em meias-laranjas e alvéolos intermontanos. Uma sequência de alinhamentos de cristas e serras paralelas mascara a divisão entre as escarpas e o reverso da serra em questão.

4.1.2.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL

A área investigada situa-se numa importante província fisiográfica de expressão regional, o "Domínio Serrano", em que é identificado um notável acidente orográfico da região sudeste, a Serra dos Órgãos, localizada na porção meridional-leste da folha Itaipava.

Com menor significado regional, porém com caráter expressivo na área destacam-se, a Serra das Araras na porção centro-oeste da folha, a Serra do Taquaril como segmento anterior na porção nordeste e dela separada pelo vale do Rio Piabanha (que corta toda a folha na direção aproximadamente norte-sul), a serra do Cantagalo a leste, a Serra das Combotas a noroeste e a Serra da Estrela do canto sudoeste e próximo a cidade de Petrópolis.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

Esses domínios se caracterizam pelo relevo acentuado, escarpado, com cotas médias acima dos 1.000,00 onde se destacam picos bastante elevados, entre eles o Escalavrado (1.400m), o Dedo de Deus (1.675m), o Nariz do Frade (1.915m), a Agulha do Diabo (2.100m), o Açú, (2.230m), a Pedra do Sino (2.263m), todos situados na Serra dos Órgãos e Maria Comprida (1.926m) na Serra de Araras. A cota máxima encontrada na folha é correspondente a Pedra do Sino, ponto culminante da Serra dos Órgãos. A cota mínima em torno de 500m encontra-se na porção mais setentrional da folha, no Vale do Rio Fagundes.

O mais importante divisor de águas é a Serra dos Órgãos, de direção NE-SW, coroado ao norte e ao sul por vales consequentes, entre os quais se destacam os dos rios, Soberbo e Bananal na vertente marinha e do Piabanha, com uma série de tributários (Jacó, Bonfim, Itamarati) na vertente do Paraíba do Sul. Outros divisores de água de direção NE-SW estão presentes na porção setentrional da folha, como representados pelas Serras das Araras, Taquaril, e Cambotas separando sub-bacias de tributários do Paraíba do Sul. De um modo geral, verifica-se uma notável adaptação da rede de drenagem à estrutura, particularmente ao fraturamento de direção NE-SW observado por toda a região, com o desenvolvimento de padrões paralelos, subparalelos e subordinadamente dendríticos.

Predominam montanhas assimétricas com escarpas abruptas, de contornos sinuosos onde uma série de pontas em forma de "canino" ou "pães de açúcar" se orientam obliquamente à direção do escarpamento geral NE-SW. Linhas de fraturas principalmente NE-SW, atacadas por talwegues, geram cristas e vales retilíneos, de entalhes profundos ou decapitados pela erosão progressiva. Para a Serra dos Órgãos, trata-se na concepção de Birot (1959), de uma série de pontas orientadas obliquamente à direção geral do escarpamento e realçadas pela erosão diferencial. Os setores retilíneos correspondem a linhas de fratura exploradas por talwegues que mordem a massa erguida com perfeita nitidez tanto no setor Petrópolis como no de Teresópolis.

Ainda referente a Serra dos Órgãos, citando Kling (1956), a grande parte do seu relevo deve ser atribuída ao ciclo pós-gondwana que aí se formou um divisor cenozóico. Esse investigador situou o alto da serra como modelado no terciário inferior (ciclo Sul-Americano), tendo os seus vales se desenvolvido no Terciário superior.

Para Birot (1959) trata-se de um imenso "*gipfelflur*", dominado por maciços residuais mais elevados, como a região do Dedo de Deus que ultrapassa os 1.000m. O destacamento dos

núcleos mais resistentes pela erosão diferencial leva muitas vezes, a individualização de "pães de açúcar" como na região de Petrópolis.

Segundo vários autores, Ruella (1944), Martone (1944), Lamego (1963), Asmus e Ferrari (1978), Penha *et alii* (1979) entre outros, a Serra dos Órgãos seria um escarpamento devido principalmente a uma falha (escarpa de linha de falha).

Para Ruellan (1944), baseando-se em evidências fundamentalmente geomorfológicas, a Serra dos Órgãos é um bloco falhado, modelado pela erosão fluvial e basculado para o norte. Flexuras ou falhas transversais, orientadas sul-norte, o limita a oeste da Serra da Estrela e a leste dos rochedos dos órgãos, possuindo o bloco, um movimento de balanço para o norte ao passo que ao sul produziu-se um escarpamento de falha que a erosão transformou em frente dissecada de bloco falhado.

Na região de Secretário, observa-se como principais feições, o Vale do Rio Maria Comprida tendo ao sul a Serra das Araras, com paredões desnudos, lisos e escarpados, formados por litologias do Batólito Serra dos Órgãos e da Unidade Maria Comprida, refletindo a homogeneidade das mesmas, destaca-se o Pico da Maria Comprida. Mais ao norte ocorrem morros mais suaves, apresentando menos exposições rochosas, em geral como pequenas escarpas verticalizadas, bastante irregulares e intensamente fraturadas, formadas pelos migmatitos estromáticos heterogêneos da Unidade Santo Aleixo.

4.1.2.2.1 AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DO RELEVO

As considerações aqui feitas têm como objetivo analisar e qualificar o relevo de acordo com a morfodinâmica atual, alertando-se para a importância desta dinâmica na interação dos diversos componentes ambientais. O conhecimento dos dados referentes a vulnerabilidade do relevo, possibilita o esclarecimento do papel desempenhado pelos processos de modelagem em relação ao desenvolvimento da área. Na região estudada, foi individualizada a classe morfodinâmica dos modelados desnudacionais de interflúvios e vertentes.

A categoria de dissecação do relevo pode ser considerada como alta, comportando relevos de dissecação diferencial, orientados conforme a estrutura, constituindo cristas assimétricas,

com escarpas muito íngremes que coalescem com rampas de colúvio e colinas convexas sustentadas por gnaisses e quartzitos.

O desequilíbrio morfodinâmico resulta da intensa utilização de encostas com declividades bem acentuadas ocupadas com pastagens. Contribui para esta instabilidade a presença de cobertura coluvial espessa, de texturas argilosas ou areno-argilosas provenientes da alteração das rochas. Esta massa de materiais facilmente mobilizáveis favorece a atuação dos processos morfogenéticos, produzindo deslocamentos de camadas e quedas de blocos, principalmente nas encostas, onde a desagregação mecânica é estimulada pelo arranjo e pela orientação litológica.

A forte erosão linear, aprofundando os vales estruturais, funciona como um fator importante da aceleração da instabilidade do relevo. A alteração dos leitos fluviais, devido ao aumento da carga sedimentar, afeta o escoamento e consequentemente, desequilibra o desempenho hidrodinâmico, com graves repercussões sobre o relevo, principalmente durante o período das cheias.

4.1.3 PEDOLOGIA

As classes de solos encontrados na área, constituintes de unidades distintas, terão aqui, suas principais características físicas, morfológicas e mineralógicas apreciadas.

De acordo com os critérios usados para estabelecimento e subdivisão das classes de solos, aplicados pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), podemos reconhecer os seguintes horizontes na área de pesquisa:

- **Horizonte Câmbico:** Horizonte subsuperficial, caracterizado por um baixo grau de desenvolvimento evidenciado pela presença de minerais primários e de fácil decomposição ainda presentes, como feldspatos e micas, são, em geral, álicos e apresentam pouca diferenciação do horizonte A para o B. Nas áreas de floresta Ombrófila Densa são recobertos por uma camada de restos vegetais.
- **Horizonte B Latossólico:** Horizonte mineral subsuperficial, que apresenta um estágio avançado de intemperismo, caracterizado pela quase total ausência de minerais

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

facilmente intemperizáveis, pela concentração de argilas tipo 1:1 e minerais primários resistentes ao intemperismo.

A classificação dos solos da área pesquisada, segundo o Projeto RADAMBRASIL, abrange solos diversos, distintos entre si, basicamente, pelo relevo onde se desenvolvem, assim:

- **Relevo forte e ondulado:** Encontra-se nas partes mais elevadas (encostas), temos aí, a seguinte associação:
 - Cambissolos, não hidromórficos, textura argilosa, álicos, com pouca diferenciação do horizonte A para o B;
 - Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico, textura argilosa, álicos e com horizonte A moderado.
 - Solos litólicos.
- **Relevo plano:** Encontra-se nas partes mais baixas, como os fundos de vale e as baixadas; apresenta o seguinte solo:
 - Latossolo Vermelho-Amarelo, não hidromórfico, profundo, textura argilosa, álico, apresenta horizonte B latossólico.

4.1.3.1 CAMBISSOLOS

Compreende solos minerais com horizonte B câmbico ou incipiente, não hidromórficos, com pouca diferenciação de textura do horizonte A para o B. Possuem certo grau de evolução, porém, insuficiente, para meteorizar completamente os minerais primários de fácil intemperização, como feldspatos, micase outros, não tem acumulação significativa de óxidos de ferro, húmus e argilas, que permitam classifica-los como B textural ou B podzol. Muitas vezes, apresentam características similares aos solos com horizonte B latossólico, mas diferenciam-se por serem menos evoluídos, menos profundos, com resíduos de minerais primários de fácil alteração, ou pela atividade da argila, que apesar de baixa a alta é

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

normalmente superior a dos latossolos, ou pelos teores mais elevados de silte, ou pela presença de minerais amorfos na fração argila.

Possuem textura média ou argilosa, com ocorrência de textura muito argilosa, são bem a moderadamente drenados e rasos a profundos. São álicos na grande maioria, com saturação de alumínio maior que 50%, seguidos pelos distróficos.

Ocorrem nas regiões serranas em relevo montanhoso e escarpado, com floresta Ombrófila Densa e nos planaltos com relevos menos acidentados.

O perfil típico deste solo foi classificado pela EMBRAPA, possuindo as seguintes características:

- Classificação: Cambissolo húmico, álico, textura média, fase rochosa, relevo montanhoso.
- Situação e declividade: Perfil situado na encosta, no terço inferior da elevação, com cerca de 65% de declividade.
- Altitude: 950,0 m.
- Litologia e formação geológica: Gnaisse granitos.
- Material originário: Cobertura relacionada com produtos de meteorização das rochas supracitadas.
- Relevo regional: Forte ondulado.
- Erosão: Laminar ligeira.
- Drenagem: Bem drenado.
- Vegetação primária: Floresta Ombrófila Densa.
- Uso atual: Capoeiras.
- **Análise mineralógica:**

A **Cascalhos** - 65% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular com aderência de material argiloso e feldspato, incolores e brancos; 30% de microclina, alguns grãos muito alterados; 5% de concreções manganosas e argilo-ferruginosas.

Areia grossa - 76% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular com aderência de material argiloso, incolores e brancos; 20% de microclina intemperizada e de concreções argilosas brancas e creme; 1% de biotita intemperizada; traços de detritos e carvão; 3% de concreções argilo-humosas.

Areia fina - 75% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos, superfície irregular, incolores e de microclina intemperizada (menor percentual); 25% concreções argiloso-humosas; traços de biotita intemperizada, detritos, zircão e anfibólio.

B **Cascalhos** - 85% de quartzo, grãos angulosos, arredondados, superfície irregular, incolores e amarelados, alguns com aderência manganosa; 10% de microclina e concreções argilosas claras; 2% de concreções ferruginosas e pouco manganosas, com inclusões de quartzo e micas, traços de biotita e detritos.

Areia grossa - 84% de quartzo, grãos subangulosos, subarredondados e arredondados, superfície irregular; 10% de microclina e concreções argilosas claras; 5% de mica intemperizada; 1% de concreções ferruginosas e ferroargilosas com inclusões de quartzo e mica; traços de detritos.

Areia fina - 63% quartzo, grãos subangulosos, subarredondados e bem arredondados, superfície regular e irregular, brilhantes e incolores; microclina e concreções argilosas claras; 35% de biotita intemperizada; 2% de concreções ferruginosas e ferroargilosas; traços de anfibólio, ilmenita, magnetita e detritos.

- **Análise física:**

Quadro 1 - Análise física

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica %			
Símbolo	Prof. cm.	Calhaus >20 mm	Cascalhos 20 – 2 mm	Terra fina <2 mm	Areia gr. 2 - 0,2	Areia fina 0,2 - 0,05	Silte 0,05- 0,002	Argila <0,002
A	0 – 70	0	4	96	42	20	20	18
B	80 – 100	0	13	87	28	19	31	22

4.1.3.2 LATOSSOLOS

Os Latossolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico. Variam de coloração do vermelho ao amarelo e gamas intermediárias. Os solos de textura argilosa apresentam teores de Fe_2O_3 no horizonte B inferiores a 9,0%, exceto em alguns casos de textura mais fina (muito argilosa) aonde chegam a 10,2%, enquanto que para solos de textura média, esses valores são inferiores a 5,3%.

São, normalmente, profundos a muito profundos, bem drenados, com seqüências de horizonte A, B e C e com transições entre os sub horizontes difusas e graduais. O tipo de horizonte A predominante é o moderado, ocorrendo também o húmico e o proeminente, com carbono variando de 1,67 a 3,82%. Em sua maior parte são solos álicos, ou seja, possuem saturação mínima de 50% de alumínio.

Dentre as variações e/ou inclusões deste solo encontradas, destacam-se os Latossolos Vermelho-amarelo húmicos e vermelho-amarelo câmbico.

O perfil típico deste solo na área pesquisada foi determinado em uma amostra coletada e analisada pela EMBRAPA, que possui as seguintes características:

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

- Situação e declividade: Perfil situado na encosta, no terço inferior da elevação, com cerca de 45% de declividade.
- Altitude: 870,0 m.
- Litologia e formação geológica: Gnaiss granitos.
- Material originário: Cobertura relacionada com produtos de meteorização das rochas supracitadas e cobertura pouco distinta de retrabalhamento coluvial.
- Relevo regional: Forte ondulado.
- Erosão: Laminar ligeira.
- Drenagem: Bem drenado.
- Vegetação primária: Floresta Ombrófila Densa.
- Uso atual: Mata rala de regeneração secundária.

- **Análise pedológica:**

Ap	0 - 25,0 cm.; bruno-escuro e bruno-amarelado, franco-argilo-arenoso; moderada pequena a média granular; macio, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
A3	25,0 - 32,0 cm.; bruno-claro-acinzentado e bruno-amarelado; franco-argilosos; moderada pequena granular; ligeiramente duro; friável, plástico e levemente pegajoso; transição gradual e plana.
B1	32,0 - 50,0 cm.; vermelho-amarelado; argilosa; moderada pequena blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B21	50,0 - 85,0 cm.; vermelho-amarelado; argilosa; moderada pequena blocos subangulares; duro, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

- IIB22** 85,0 - 125,0cm.; amarelo-avermelhado; argilosa; fraca pequena granular e blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- IIB23** 125,0 - 180,0 cm.; amarelo-avermelhado; argilosa; fraca pequena blocos subangulares; cerosidade pouca a fraca; macio, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.
- IIB24** 180,0 - 220,0 cm.; amarelo-avermelhado; argilosa; forte muito pequena granular e fraca muito pequena blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- IIB25** 220,0 - 330,0 cm.; vermelho-amarelado; argilosa; muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

Raízes abundantes em Ap e A3, muitas no B1 e B21 e poucas no IIB22 e IIB23.

Ocorrências de cascalhos e calhaus de quartzo, com até 5,0 cm de diâmetro, nos horizontes IIB22 e IIB23. Porosidade ao longo de todo o perfil.

- **Análise mineralógica:**

Ap Areias - 97% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 1% de biotita intemperizada, 2% de concreções argilosas e ferruginosas; traços de silimanita, muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 91% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 6% de concreções argilosas e ferruginosas; 2% de silimanita; 1% de muscovita; traços de biotita intemperizada, magnetita intemperizada; concreções manganosas e granada intemperizada.

A3 Areias - 92% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 6% de biotita intemperizada, 2% de concreções argilosas e ferruginosas; traços de silimanita, muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 87% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 2% de biotita intemperizada; 6% de concreções argilosas e ferruginosas; 3% de silimanita; 2% de muscovita e traços de granada intemperizada.

B1

Areias - 94% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 2% de biotita intemperizada, 2% de concreções argilosas e ferruginosas; 2% de silimanita, traços de muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 81% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 5% de biotita intemperizada; 8% de concreções argilosas e ferruginosas; 5% de silimanita; 1% de muscovita; magnetita intemperizada e traços de granada intemperizada.

B21

Areias - 94% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 2% de biotita intemperizada, 2% de concreções argilosas e ferruginosas; 2% de silimanita, traços de muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 77% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 10% de biotita intemperizada; 7% de concreções argilosas e ferruginosas; 5% de silimanita; 1% de muscovita; magnetita intemperizada e traços de granada intemperizada.

IIB22

Areias - 97% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 1% de biotita intemperizada, 1% de concreções argilosas e ferruginosas; 1% de silimanita, traços de muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 85% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 9% de concreções argilosas e ferruginosas; 5% de silimanita; 1% de muscovita; traços de biotita intemperizada, magnetita intemperizada e traços de granada intemperizada.

IIB23 Areias - 98% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 1% de concreções argilosas e ferruginosas; 1% de silimanita, traços de biotita intemperizada, muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 89% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 7% de concreções argilosas e ferruginosas; 3% de silimanita; 1% de muscovita; traços de biotita e granada intemperizada.

IIB24 Areias - 99% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; 1% de silimanita, traços de biotita intemperizada, concreções argilosas e ferruginosas, muscovita, magnetita intemperizada, zircão, titanita, concreções manganosas e granada intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 88% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 2% de concreções argilosas e ferruginosas; 5% de fragmentos de rocha intemperizada; 3% de silimanita; 2% de muscovita; traços de biotita e granada intemperizada.

IIB25 Areias - 99% de quartzo, grãos angulosos e subangulosos; traços de biotita intemperizada.

Cascalhos e calhaus - 95% de quartzo; grãos angulosos e subangulosos; 3% de concreções argilosas e ferruginosas; 1% de silimanita; 1% de muscovita; traços de granada intemperizada.

- Análise física:**

Quadro 2 - Análise física

Horizonte		Frações da amostra total %			Composição granulométrica %			
Símbolo	Prof.	Calhaus	Cascalhos	Terra fina	Areia gr.	Areia fina	Silte	Argila
	cm.	>20 mm	20 – 2 mm	<2 mm	2 - 0,2	0,2 - 0,05	0,05-0,002	<0,002

Ap	0 – 25	0	1	-	42	13	12	33
A3	32	0	1	-	43	12	10	35
B1	50	0	1	-	32	12	13	43
B21	85	0	1	-	27	10	13	50
IIB22	125	0	1	-	25	9	9	57
IIB23	180	0	2	-	24	10	8	58
IIB24	220	1	1	-	29	10	7	54
IIB25	330	0	1	-	27	11	11	51

4.1.4 GEOLOGIA LOCAL

Considerando-se área de estudo como a localização de seis fazendas (Aroeira, Água Santa, São Carlos, São José, Maquiné e Secretário), conforme demonstrado no Mapa de Localização (**ANEXO 13**).

Na área de estudo ocorrem três unidades litológicas, descritas e identificadas através de pesquisa bibliográfica conjuntamente com os trabalhos realizados em campo. As unidades estão discriminadas abaixo. Mapa Geológico Regional e Geológico Local (**ANEXO 14 e ANEXO 18**).

- 1) **Unidade Santo Aleixo** (PCVsa) é constituída por rochas metamórficas denominadas de gnaisses graníticos migmatizados e migmatitos. Estes litotipos apresentam estrutura bandada, foliações, granulação fina a média e coloração variando de cinza escura a cinza claro em função da concentração de minerais máficos e félsicos. Representam a maior parte dos afloramentos das áreas de estudo. Localmente

podem ocorrer corpos porfíricos com textura grossa e foliação marcada por minerais centimétricos de composição feldspática.

- 2) **Batólito Serra dos Órgãos** (PCgrgn) é constituído por rochas metamórficas de composição granito gnáissica, coloração cinza escura, granulação grossa e foliação incipiente. Representa pequena ocorrência na porção sudeste da área de estudo.
- 3) **Depósitos de Várzea** (Qhf) são constituídos por intercalações de materiais não consolidados nas frações areia, silte e argila orgânica e ocorrem de maneira restrita preenchendo as calhas dos vales com menores declividades.

Com relação à geologia estrutural da área esta está representada por falhas, fraturas, zonas de cisalhamento e foliações gnáissicas que apresentam suas direções estruturais NE-SW e seus mergulhos ocorrem predominantemente no sentido NW associados ao *trend* regional. No geral, as rochas aflorantes nas seis fazendas apresentam-se pouco fraturadas. As poucas fraturas observadas são descontínuas e fechadas, geradas por alívio de pressão durante a ascensão do batólito. Essa característica explica as várias nascentes temporárias observadas em todas as áreas. Esse fato é um agravante na questão dos deslizamentos das encostas, pois após exceder a capacidade máxima de armazenamento do aquífero primário (camada de solo), o qual é diretamente proporcional à espessura do solo, reduz tanto o nível de coesão entre as partículas do solo quanto o atrito com a superfície da rocha, favorecendo a ocorrência de deslizamentos.

Como descrito acima, a espessura da camada de solo é um fator importante na classificação das áreas na questão do risco de deslizamentos de encosta. Por isso, foi realizada uma campanha de prospecção geofísica, através de sondagens elétricas verticais (SEVs), com objetivo de estimar a espessura média da camada de solo nas seis áreas. A descrição detalhada do método utilizado e as espessuras médias da camada de solo para cada área pode ser vista no item 4.6.

Os sistemas de falhas e fraturas definidas e de porte regional foram identificadas tanto no mapa geológico regional quanto nos trabalhos de campo, obtendo sua confirmação através de levantamento geofísico com perfis de caminhamento elétrico. A descrição detalhada sobre a metodologia adotada para as interpretações dos dados geofísicos podem ser vistos no item 4.6.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

A partir da identificação das unidades litológicas e as estruturas nela ocorrentes, pode-se concluir que a região de estudo possui uma geomorfologia montanhosa, moderadamente acidentada, composta por cristas, eventualmente escarpadas, com vales profundos e estreitos alinhados aos padrões estruturais (Mapa de Elevação – **ANEXO 15**). As encostas com direção NW possuem declividades mais suaves e faces geralmente planas. As encostas de maior declividade possuem formas convexas e apresentam direção SE, conforme pode ser observado no Mapa de Declividade (**ANEXO 16**).

A área de estudo apresenta altitudes médias acima dos 750 metros, onde as variações estão entre 500 e 950 metros. A menor altitude está localizada ao longo do vale do rio Maria Comprida situada na porção que compreende o limite norte da Fazenda Secretário e a altitude máxima encontra-se na porção sudoeste da Fazenda Aroeira. Mapa de Elevação (**ANEXO 15**).

Os solos que ocorrem na área de estudo estão diretamente relacionados ao tipo de rocha, processos de intemperismo, declividade, transporte e deposição destes materiais.

Ocorrem na área três tipos de solos: latossolos amarelos, característicos de altos topográficos; latossolos vermelhos, característicos de encostas que podem estar associados à presença de matações e Depósitos de várzea. Mapa de Solos (**ANEXO 17**).

Os latossolos de altos topográficos apresentam coloração amarelada, granulometria siltico arenosa podendo ocorrer a presença de pedregulhos angulosos de composição quartzosa ou ainda fragmentos arredondados de rocha alterada em função de sua natureza residual.

Os latossolos de encosta tem sua estruturação similar aos solos de altos topográficos, entretanto, passam abruptamente para coloração avermelhada e até mesmo vermelho rosada em função da proximidade com o substrato rochoso geralmente associado a encostas com declividades moderadas. Neste caso, sua granulometria apresenta-se siltico argilosa, micáceo, com preservação parcial da estrutura original da rocha, marcada pela presença dos minerais de composição quartzosa. Pode ainda estar associado à presença de matações com dimensões métricas.

Os depósitos de várzea estão representados por interdigitação de níveis de areia, silte e argila orgânica. Dependendo do regime de fluxo do curso d'água poderá haver a deposição e transporte de cascalhos e seixos. A coloração em geral é amarelada nas porções arenosas,

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

sílticas e cinza escuro ou marrom claro nas porções argilosas. Ocorrem nas calhas dos vales mais largos e profundos onde durante o regime de maior índice pluviométrico ocorre o extravasamento dos cursos d'água possibilitando o transporte e deposição destes materiais.

Os afloramentos rochosos ocorrem de forma dispersa, associados comumente a altos topográficos escarpados com declividade acentuada e apresenta uma estrutura maciça com fraturamento horizontal mais ou menos paralela à superfície do corpo rochoso, provocando a descamação em forma de placas com espessuras centimétricas. Podem ocorrer ainda de forma mais restrita nas cabeceiras das drenagens ou em vales onde haja brusca mudança de declividade. Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**).

É recorrente em algumas regiões da área estudada a ocorrência de voçorocas em diferentes estágios de evolução. Em geral, mostram similaridade nas direções preferenciais e diferenças entre suas dimensões e feições morfológicas. Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**).

Estas características serão melhor discriminadas no item 4.4.1., onde serão apresentadas as análises realizadas por fazenda.

4.1.4.1 INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1.4.1.1 FAZENDA AROEIRA

Na área denominada Fazenda Aroeira ocorrem as unidades geológicas Santo Aleixo (PcVsa) e Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**).

A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados aos leitos mais espessos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato (Figura 2). A textura destas rochas varia de média a fina. Os depósitos de Várzea (Qhf) são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica.

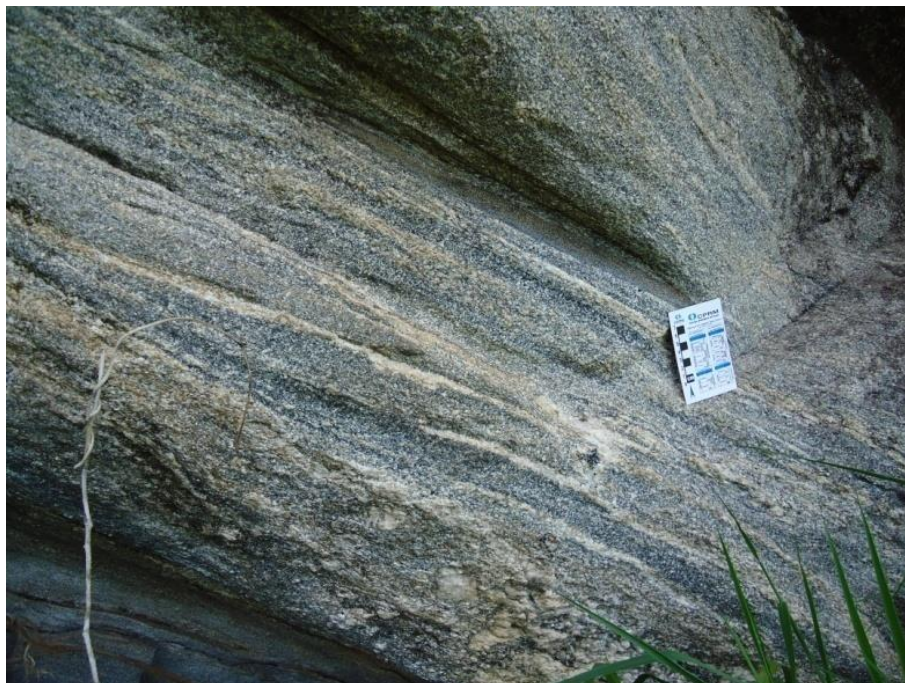


Figura 2. Estrutura típica da Unidade geológica Santo Aleixo.

4.1.4.1.1 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Com relação aos elementos estruturais, estes foram identificados como sendo foliações gnáissicas, lineações mineralógicas com orientação essencialmente NE-SW e mergulhos NW. As rochas que ocorrem nesta área apresentam-se normalmente na forma de corpos maciços com fraturas fechadas preenchidas por veios de composição quartzo/feldspática e direções discordantes em relação às foliações gnáissicas. Consta na bibliografia levantada falha/fratura associada à zona de cisalhamento compressional na porção SE desta fazenda, entretanto, não foi observado evidência física desta estrutura. Fraturas ou juntas de alívio podem ser observadas nos corpos com maior declividade. Estas estruturas geram descontinuidades paralelas com a borda do maciço rochoso fazendo com que ocorra a formação de placas rochosas com largura e espessura variadas. Mapa Geológico local (ANEXO 18).

4.1.4.1.1.2 GEOMORFOLOGIA

A fazenda Aroeira apresenta um conjunto de três vales escalonados, evidenciados pela formação de patamares com diferentes altitudes entre suas bases. Partindo do limite leste da área em direção ao limite oeste podemos observar o aumento progressivo destas altitudes. Estes patamares estão separados por cristas retilíneas, parcialmente aplainadas no topo e com extremidades côncavas orientadas para norte. Escarpas rochosas e verticalizadas ocorrem no extremo sudoeste e na porção sudeste. Os vales apresentam-se profundos, estreitos e encaixados nas direções N/NE e NW (Figura 3). Mapa de Elevação (**ANEXO 15**).



Figura 3 -Visão de sul para norte mostraaspecto geral da Fazenda Aroeira.

4.1.4.1.1.3 SOLOS

Nas porções mais elevadas e aplainadas ou nas encostas suaves ocorre o latossolo amarelado de composição siltico arenosa. Sua ocorrência está distribuída por toda a área, entretanto, na porção nordeste sua distribuição está mais evidente. Nas porções de encostas mais íngremes ocorre o latossolo avermelhado de composição siltico argilosa que frequentemente ocorre associado a campos de matacões. Os depósitos de várzea tem pouca expressão. Estão associados às baixas declividades e menores altitudes. Mapa de Elevação (**ANEXO 15**). O depósito com maior área localiza-se na porção leste desta fazenda. As espessuras médias investigadas através de geofísica elétrica indicam para os latossolos desta área espessura de 4,80 metros de solo.

4.1.4.1.1.4 VOÇOROCAS

A maior concentração de voçorocas foi identificada na porção centro leste da área e apresentam um padrão de direção NE. Com o mapeamento foi possível identificar que a rocha gnáissica bandada responde de maneira diferenciada aos agentes de alteração. Os minerais máficos são menos resistentes ao processo e o resultado desta alteração forma sulcos mais profundos nas bandas onde há maior concentração destes minerais. Em função desta alteração gera-se uma via, no contato solo/rocha alterada, facilitadora para a percolação de água e a partir daí desenvolver os processos erosivos que formam estas voçorocas (Figuras 4 e 5). Fica claro que este processo é consequência de um somatório de fatores, mas neste caso a condição do substrato rochoso tem papel relevante e pode estabelecer um padrão destes processos erosivos. Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**).



Figura 4- Processo inicial a montante da voçoroca relacionado com a percolação de água no contato solo/rocha alterada.



Figura 5 - Setas indicam o estreito canal a montante da voçoroca por onde avançará o processo erosivo.

Foram descritos para este local 28 pontos de amostragem em campo (Mapa dos Pontos Descritos em Campo – **ANEXO 19**) do qual apresentamos a descrição, ponto a ponto, abaixo:

- **Ponto 1:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha, condição de alto topográfico. UTM 683256 E 7528794 N 754m
- **Ponto 2:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, ocorrência de matacões de composição gnáissica, condição de meia encosta. UTM 684040 E 7528832 N 64
- **Ponto 3:** Rocha gnáissica acinzentada, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre sob a forma de matacões com formas alongadas e 4 a 5 metros de comprimento. Latossolo avermelhado pouco espesso. Condição de meia encosta. Foram observadas fraturas descontínuas, fechadas e por vezes preenchidas por sílica.

- **Ponto 4:** Depósito de várzea, coloração amarelada, arenoso, granulometria média a fina, presença de seixos arredondados de gnaiss e argila com até 15 cm de diâmetro. Condição de fundo de vale.
- **Ponto 5:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, ocorrência de fragmentos centimétricos de rocha gnáissica alterada. Condição de meia encosta.
- **Ponto 6:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Pouco fraturados e com eventuais faces lisas formando deslocamentos em zonas de fraqueza associadas ao bandamento gnáissico. Ocorrem na forma de matacões arredondados com até um metro de diâmetro. Condição de encosta baixa.
- **Ponto 7:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre na forma de matacões alongados com até 5 metros de comprimento. Condição de encosta baixa.
- **Ponto 8:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre na forma de desaflorescimento com forte mergulho para NW. Condição de meia encosta.
- **Ponto 9:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, pouco espesso, ocorrência de fragmentos centimétricos de rocha gnáissica muito alterada. Zona de início do processo erosivo da voçoroca. Condição de meia encosta.
- **Ponto 10:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 11:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 12:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 13:** Latossolo amarelado, siltico arenoso, ocorrência de seixos arredondados de composição quartzosa. Condição de encosta baixa colúvio.
- **Ponto 14:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 15:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre na forma de matacões alongados com até 8 metros de comprimento e afloramentos com escarpas abruptas com até 10 metros de altura. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

- **Ponto 16:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre na forma de matacões alongados. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 17:** Rocha gnáissica cinza escura, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Lineamento com direção 55°NW. Afloramento na forma de lajeado com estrutura maciça. Cobertura de solo aluvionar composto por areias de coloração bege claro e granulometria média a grossa. Condição de fundo de vale.
- **Ponto 18:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 19:** Neste ponto encontram-se dois tipos de solos distintos, na parte superior, latossolo amarelo amarronzado, siltico arenoso, com ocorrência de fragmentos rochosos arredondados. E na parte inferior, latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta baixa.
- **Ponto 20:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com pequenos fragmentos dispersos de composição quartzosa. Condição de alto topográfico. Início de processo erosivo através do pisoteio do gado e moderada declividade.
- **Ponto 21:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorre na forma de matacões arredondados. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 22:** Captação de fonte. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 23:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos angulosos de quartzo dispostos em níveis irregulares. Condição de meia encosta.
- **Ponto 24:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Afloramento que ocorre na forma de lajeados arredondados nas cotas mais elevadas. Na parte externa apresentam zonas de fraqueza que tendem a formar grandes placas com possibilidade de desprendimento. Condição de topo rochoso.
- **Ponto 25:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 26:** Rocha gnáissica cinza escura, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, veios de composição feldspática

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

concordantes com a foliação. Lineamento com direção 50° N. Afloramento na forma de lajeado com estrutura maciça. No entorno ocorrem matacões com as mesmas características composicionais e depósitos de solos aluviais com pequenas dimensões. Configuração de fundo de vale.

- **Ponto 27:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 28:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta baixa.

4.1.4.1.2 FAZENDA ÁGUA SANTA

4.1.4.1.2.1 GEOLOGIA

Na área denominada Fazenda Água Santa ocorrem às unidades geológicas Santo Aleixo (PCVsa) e Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**).

A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados aos leitos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato, mais espessos. A textura varia de média a fina. Os depósitos de Várzea (Qhf) que são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica. Área em continuidade física com a Fazenda Aroeira na porção leste.

4.1.4.1.2.2 ESTRUTURAL

O elemento estrutural que possui melhor representação na área de estudo são as lineações mineralógicas com orientação essencialmente NE-SW.

4.1.4.1.2.3 GEOMORFOLOGIA

A fazenda Água Santa é caracterizada por apresentar cristas aplainadas com encostas convexas e declividades moderadas no extremo norte da área. Na porção central ocorre uma depressão com forte declividade e direção noroeste (Figura 6). No extremo sul da área as altitudes ficam maiores configurando uma crista parcialmente escarpada. Um único e curto vale ocorre na área acompanhando a forte declividade na direção noroeste. Mapa de Declividade (**ANEXO 16**).



Figura 6 - Vista no sentido SE-NW mostrando a estrutura do vale central da área.

4.1.4.1.2.4 SOLOS

Nas porções mais elevadas e aplainadas da área ocorrem os latossolos amarelados de composição siltico arenosa. Sua distribuição é predominante na porção norte e sudoeste. Nas amostras de encostas mais íngremes são ocorrentes o latossolo avermelhado de composição siltico argilosa que frequentemente ocorre associado a campos de matacões. Os depósitos de várzea são inexpressivos. As espessuras médias para os latossolos desta área apontam 8,40 metros de cobertura. Mapa de Solos (**ANEXO 17**).

4.1.4.1.2.5 VOÇOROCA

Encontra-se, na porção oeste desta área, parte da estrutura erosiva de uma voçoroca. Apresenta direção da abertura N/NE, onde a exposição de solo em corte permite diferenciar o contraste entre dois níveis opostos. O superior é composto por latossolo amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha, característico da condição de alto topográfico. O inferior é formado por latossolo avermelhado, siltico argiloso, com preservação das estruturas originais da rocha, característico da condição de meia encosta. Pode-se notar que direção do processo erosivo nesta voçoroca é coincidente com as direções apontadas para este tipo de estrutura na Fazenda Aroeira. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**).

Foram descritos para este local nove pontos de amostragem, conforme demonstrado no Mapa dos Pontos Descritos em Campo (**ANEXO 19**).

- **Ponto 1:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, cortado por veios de decomposição feldspática, espessura centimétrica e discordantes em relação ao lineamento da rocha. Ocorre na forma de matacões parcialmente aflorantes. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 2:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 3:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões arredondados com até 3 metros de diâmetro. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 4:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões arredondados dentro de drenagem. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 5:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões

arredondados em forte declive. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, síltico argiloso.

- **Ponto 6:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matações arredondados em forte declive. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, síltico argiloso.
- **Ponto 7:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matações parcialmente aflorantes e na forma de lajeados com estrutura maciça. Condição de meia encosta.
- **Ponto 8:** Trata-se da face leste de uma voçoroca com a direção da abertura N/NE, onde a grande exposição de solo em corte permite diferenciar o contraste entre dois níveis sotopostos. O primeiro, superior, foi descrito como latossolo, amarelado, síltico arenoso, sem fragmentos de rocha, característico da condição de alto topográfico. O segundo, inferior, foi descrito como latossolo, avermelhado, síltico argiloso, micáceo, com preservação das estruturas originais da rocha, característico da condição de meia encosta.
- **Ponto 9:** Latossolo, amarelado, síltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.

4.1.4.1.3 FAZENDA SÃO CARLOS

4.1.4.1.3.1 GEOLOGIA

Na área denominada Fazenda São Carlos ocorrem às unidades geológicas Santo Aleixo (PEVsa) e Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados aos leitos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato, mais espessos. A textura varia de média a fina. Ocorre na porção centro leste da área um corpo com forma elíptica seguindo a direção NE

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

composto por gnaiss porfiroblástico com textura grossa evidenciada por lineações de minerais centimétricos e composição feldspática. Na porção norte, ocorre de forma restrita, zona de cisalhamento composta por gnaiss muito alterado, coloração avermelhada, friável, mergulho verticalizado e presença do mineral granada. Este material está sendo explorado como saibreira (Figura 7). Os depósitos de Várzea (Qhf) que são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica ocorrem no extremo sul da área.

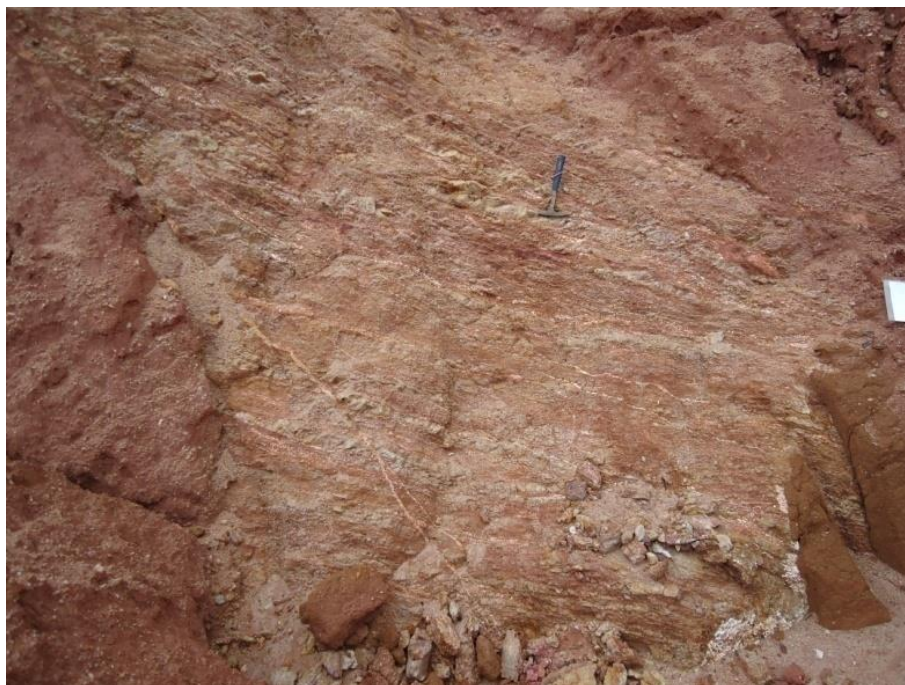


Figura 7 - Zona de cisalhamento composta por rocha gnáissica muito alterada, coloração avermelhada, friável e mergulho verticalizado.

4.1.4.1.3.2 ESTRUTURAL

Os elementos estruturais que representam a área de estudo constituem uma zona de cisalhamento com mergulhos verticalizados, fratura/falha inferida, foliações gnáissicas,

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

lineações mineralógicas com orientações essencialmente NE-SW e mergulhos com direção NW. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**).

4.1.4.1.3.3 GEOMORFOLOGIA

A fazenda São Carlos apresenta cristas aplainadas e elevadas com direções variando de noroeste a nordeste em sua porção norte. Encaixados nestas cristas ocorrem vales pouco profundos com encostas convexas e declividades acentuadas. Na porção centro leste ocorre uma depressão com forte declividade e direção nordeste. Na direção sul as altitudes diminuem, configurando uma encosta convexa com declividade inicialmente acentuada passando a muito suave no extremo sul da área. Mapa de Elevação (**ANEXO 15**).

4.1.4.1.3.4 SOLOS

Nas porções mais elevadas e aplainadas ocorre o latossolo amarelado de composição siltico arenosa. Sua ocorrência está distribuída na porção norte, leste e centro sul. Nas porções de encostas mais íngremes ocorre o latossolo avermelhado de composição siltico argilosa. Não ocorrem depósitos de várzea representativos nesta área. Mapa de Solos (**ANEXO 17**). A espessura provável para os latossolos desta área apontam 16 metros de cobertura.

Foram descritos para este local sete pontos de amostragem em campo que são descritas, detalhadamente, abaixo: Mapa dos Pontos Descritos em Campo (**ANEXO 19**).

- **Ponto 1:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, localmente pórfiros. Ocorrência na forma de matacões. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 2:** Rocha gnáissica, coloração rósea a vermelho intenso, extremamente alterada e friável, bandada finamente, presença do mineral granada, granulometria variando de fina a grossa. Provável zona de cisalhamento, mergulho vertical a subvertical. Área atualmente em exploração como “saibreira”.
- **Ponto 3:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta baixa.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

- **Ponto 4:** Solo esbranquiçado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos. Provável ocorrência de caulim. Afloramento restrito sem viabilidade econômica. Condição de fundo de vale.
- **Ponto 5:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta baixa.
- **Ponto 6:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta alta.
- **Ponto 7:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta alta.

4.1.4.1.4 FAZENDA SÃO JOSÉ

4.1.4.1.4.1 GEOLOGIA

Nesta área foram identificadas a unidade Santo Aleixo (PEVsa) e Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados aos leitos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato, mais espessos. A textura varia de média a fina. Ocorrem nas porções sudoeste, centro sul e leste da área corpos com formas elípticas segundo a direção NE compostas por gnaisse porfiroblástico, textura grossa evidenciada por lineações de minerais centimétricos e composição feldspática (Figura 8). Na porção sul, ocorre de forma restrita, provável zona de cisalhamento composta por gnaisse muito alterado, coloração rósea avermelhada, friável e mergulho 70° NW. Os depósitos de Várzea (Qhf) são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica ocorrem de maneira restrita na porção sudoeste da área.



Figura 8- Gnaiss porfiroblástico, textura grossa evidenciada por lineações de minerais centimétricos e composição feldspática.

4.1.4.1.4.2 ESTRUTURAL

Os elementos estruturais que representam a área de estudo constituem uma zona de cisalhamento, fratura/falha inferida relacionada com a zona de cisalhamento compressional, foliações gnáissicas, lineações mineralógicas com orientações essencialmente NE-SW e mergulhos com direção NW. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**).

4.1.4.1.4.3 GEOMORFOLOGIA

A fazenda São José apresenta um alto topográfico dissecado, com altitudes na faixa de 900 metros que se estende da porção sul até o extremo leste, e a partir deste ponto, faz uma inflexão para noroeste. Na borda leste e norte deste alto topográfico formaram-se abruptos vales convexos com declividades acentuadas e direções noroeste. Mapa de Elevação

(**ANEXO 15**). Na porção sul e sudeste da área ocorrem paredões lisos e escarpados com forte declividade.

4.1.4.1.4.4 SOLOS

Nas porções mais elevadas e aplainadas ocorre o latossolo amarelado de composição siltico arenosa. Sua ocorrência está distribuída na porção centro sul. Nas porções de encostas mais íngremes ocorre o latossolo avermelhado de composição siltico argilosa. Ocorrem depósitos de várzea pouco representativos localizados na porção sudoeste desta área. A espessura provável para os latossolos desta área apontam 15 metros de cobertura.

4.1.4.1.4.5 VOÇOROCA

A ocorrência de voçorocas predominam na porção noroeste da área com direção da abertura N/NE com aproximadamente 80 metros de largura por 180 metros de comprimento e 10 metros de profundidade. A grande exposição de solo em corte permite diferenciar nitidamente o contraste entre dois níveis opostos. Na parte superior ocorre latossolo amarelado, siltico arenoso, com fragmentos angulosos de minerais de quartzo, característico da condição de alto topográfico. A camada inferior ocorre latossolo avermelhado intenso, siltico argiloso, micáceo, com preservação parcial das estruturas originais da rocha, característico da proximidade com o substrato rochoso (Figuras 9 e 10). Pode-se notar que a direção do processo erosivo nesta voçoroca é coincidente com as direções apontadas para este tipo de estrutura nas fazendas Aroeira e Água Santa. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**).



Figura 9 - Visão leste/oeste da ocorrência de voçoroca.

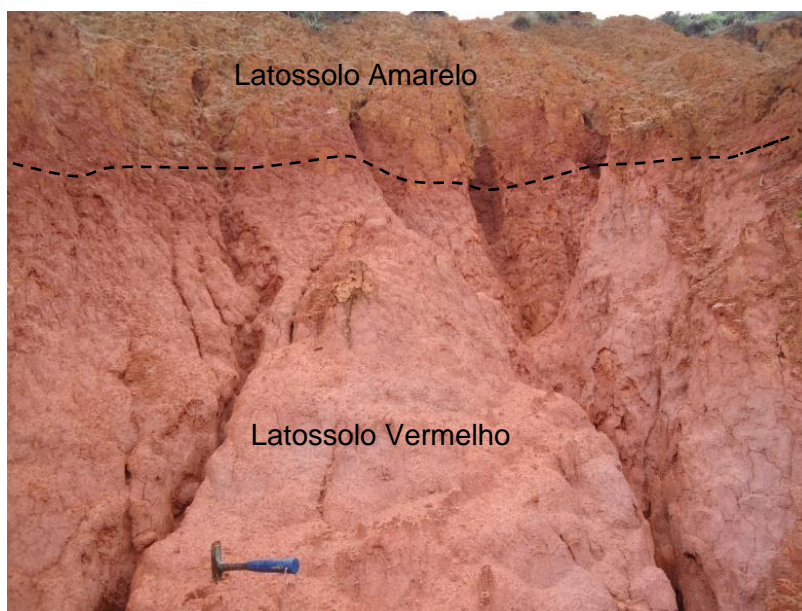


Figura 10 - Estruturação dos tipos de solo na parte interna da voçoroca.

Foram descritos 10 pontos de amostragem que estão detalhados abaixo: Mapa dos Pontos Descritos em Campo (**ANEXO 19**).

- **Ponto 1:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação grossa, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, apresenta minerais pórfiros de composição feldspática que marcam o lineamento de 60°N. Ocorrência na forma de lajeado. Afloramento rochoso em alto topográfico.
- **Ponto 2:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 3:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos de rocha. Condição de meia encosta alta.
- **Ponto 4:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação grossa, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, apresenta minerais pórfiros de composição feldspática que marcam o lineamento de 58°N. Ocorrência na forma de lajeado. Afloramento rochoso em alto topográfico. Fonte identificada.
- **Ponto 5:** Rocha gnáissica, coloração vermelho intenso, extremamente alterada e friável, bandada finamente, granulometria variando de fina a grossa. Provável zona de cisalhamento, direção variando de 50° a 70° NE mergulho 70° NW. Área atualmente com exploração desativada como “saibreira”.
- **Ponto 6:** Afloramento em voçoroca com a direção da abertura N/NE, aproximadamente 80 metros de largura por 180 metros de comprimento e 10 metros de profundidade, onde a grande exposição de solo em corte permite diferenciar nitidamente o contraste entre dois níveis opostos. O primeiro, superior, foi descrito como latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos angulosos de minerais de quartzo, característico da condição de alto topográfico. O segundo, inferior, foi descrito como latossolo, avermelhado intenso, siltico argiloso, micáceo, com preservação das estruturas originais da rocha, característico de proximidade com a rocha matriz. Condição de meia encosta.
- **Ponto 7:** Rocha gnáissica cinza, granulação fina a média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica que marcam o lineamento de 45°N. Afloramento rochoso em vale com brusca mudança de declividade, ocorrendo na forma de lajeado maciço.
- **Ponto 8:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso. Condição de meia encosta.

- **Ponto 9:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 10:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.

4.1.4.1.5 FAZENDA MAQUINÉ

4.1.4.1.5.1 GEOLOGIA

Nesta área podem ser identificadas as unidades Santo Aleixo (PEVsa) e Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados aos leitos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato, mais espessos. Na porção central, ocorre de forma restrita, provável zona de cisalhamento composta por gnaiss muito alterado, coloração amarela esbranquiçada, friável e direção de 55° a 74° NE com mergulho de sub vertical (Figura 11). Os depósitos de Várzea (Qhf) são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica. Ocorrem de maneira restrita acompanhando o sentido do vale principal.



Figura 11- Provável zona de cisalhamento composta por gnaiss alterado (coloração amarela esbranquiçada).

4.1.4.1.5.2 ESTRUTURAL

Os elementos estruturais descritos são zona de cisalhamento, fratura/falha inferida associada a zonas de cisalhamento e fratura definida por geofísica, foliações gnáissicas, lineações mineralógicas com orientações essencialmente NE-SW e mergulhos com direção NW. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**) e SEVS e Caminhamentos (**ANEXO 20**).

4.1.4.1.5.3 GEOMORFOLOGIA

A fazenda Maquiné apresenta uma longa depressão que corta toda a extensão da área com direção aproximada NW/SE. As encostas localizadas à esquerda desta estrutura apresentam declividade forte a moderada e vales curtos e rasos. Na porção NE da área ocorrem

paredões lisos e escarpados com forte declividade (Figura 12). Mapa de Elevação (**ANEXO 15**).



Figura 12 - Visão S-N mostrando o vale que corta toda a área com as feições escarpadas da porção NE ao fundo.

4.1.4.1.5.4 SOLOS

Nas porções moderadamente aplainadas ocorrem latossolos amarelados de composição siltico arenosa principalmente na porção norte da área. Nas demais regiões, com predominância de encostas mais íngremes, ocorrem os latossolos avermelhados, de composição siltico argilosa frequentemente associado a matacões. Os depósitos de várzea são pouco representativos e estão localizados de maneira descontínua na calha da drenagem principal. A espessura provável para os latossolos desta área apontam 7,80 metros de cobertura.

Foram descritos neste local nove pontos de amostragem descritas detalhadamente abaixo:
Mapa dos Pontos Descritos em Campo (**ANEXO 19**)

- **Ponto 1:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina a média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica que marcam o lineamento de direção 55°N, ocasionalmente migmatizado. Afloramento rochoso que ocorre na forma de lajeado maciço (Figura 13).



Figura 13 - Ocorrência da Unidade Santo Aleixo na área de estudo.

- **Ponto 2:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, localmente migmatizados. Ocorrência na forma de matacões com até 10 metros de comprimento. Condição de meia encosta baixa. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 3:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões com

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

até 3 metros de comprimento. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, síltico argiloso.

- **Ponto 4:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de lajeado. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, síltico argiloso.
- **Ponto 5:** Afloramento de Rocha gnáissica, coloração amarela clara, extremamente alterada e friável, bandada finamente, granulometria variando de fina a média. Provável zona de cisalhamento ou milonitização, direção variando de 55° a 74° NE, mergulho subvertical a 80° NW. Promissora área para “saibreira” ainda não explorada.
- **Ponto 6:** Latossolo, amarelado, síltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de meia encosta.
- **Ponto 7:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica, ocasionalmente migmatizado. Ocorrência na forma de lajeado. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 8:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação fina a média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica que marcam o lineamento de direção 59° NE. Afloramento rochoso em condição de alto topográfico, ocorrendo na forma de lajeado maciço.
- **Ponto 9:** Latossolo avermelhado, síltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Princípio de início de erosão associado ao pisoteio do gado e ao regime de chuvas. Condição de meia encosta baixa.

4.1.4.1.6 FAZENDA SECRETÁRIO

4.1.4.1.6.1 GEOLOGIA

Nesta área podem ser identificadas as unidades, Santo Aleixo (PCVsa), Batólito Serra dos Órgãos (PEgrn) e a unidade Depósitos de Várzea (Qhf). Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). A unidade Santo Aleixo é constituída por gnaisses e migmatitos com bandamento marcante, com alternância de bandas claras e escuras, contínuos e de espessuras variáveis, podendo atingir dimensões centimétricas nos níveis biotíticos ou anfibolíticos, subordinados

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

aos leitos claros constituídos de quartzo e/ou feldspato, mais espessos. A unidade Batólito Serra dos Órgãos (PEgrgn) é constituída por rocha de composição granito gnáissica com textura grossa. Está representado por pequena ocorrência através de contato inferido na porção sudeste da área de estudo.

Os depósitos de Várzea (Qhf) são constituídos por materiais inconsolidados na fração areia, silte e argila orgânica. Ocorrem formando exposições consideráveis preenchendo a calha do rio da Maria Comprida.

4.1.4.1.6.2 ESTRUTURAL

Os elementos que representam a área de estudo são estruturas tipo falha/fratura inferida, fratura definida por geofísica, foliações gnáissicas e lineações mineralógicas com orientações NE-SW, e mergulhos com direção NW. Mapa Geológico local (**ANEXO 18**) e Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**).

4.1.4.1.6.3 GEOMORFOLOGIA

A fazenda Secretário apresenta nas proximidades da porção central um largo vale com direção NE/SW que corta toda sua extensão. É configurado por uma faixa de forma retangular e retilínea de fraca declividade. As encostas localizadas tanto à esquerda quanto à direita desta estrutura apresentam declividades moderadas e vales curtos e rasos. Na porção centro-sul da área, ocorrem paredões lisos e escarpados com forte declividade. Ocorre também na porção oeste uma crista dissecada com encostas elevadas, planas e abruptas com sentido NW. Mapa de Elevação (**ANEXO 15**).

4.1.4.1.6.4 SOLOS

Nas porções mais altas e moderadamente aplainadas ocorrem latossolos amarelados de composição siltico arenosa, ocorrendo principalmente na região noroeste da área. Nas demais regiões com predominância de encostas íngremes ocorrem latossolos avermelhados de composição siltico argilosa frequentemente associado a matacões. Os depósitos de várzea da Fazenda Secretário ocupam a maior área aflorante deste tipo de material que se encontra depositado de maneira contínua ao longo da calha do rio Maria Comprida. A espessura provável para os latossolos desta área apontam 17,35 metros de cobertura. Sendo a espessura de 34,70 metros a esperada para os depósitos de várzea.

Foram descritos neste local, 13 pontos de amostragem que estão detalhados abaixo: Mapa dos Pontos Descritos em Campo (**ANEXO 19**).

- **Ponto 1:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, sem fragmentos de rocha. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 2:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos de rocha de composição quartzosa. Na medida em que se aproxima da base do afloramento ocorrem latossolos rosa avermelhados com granulometria siltico argilosa. Esta mudança na coloração é ocasionada por maior percolação de água, ocorrendo lixiviação dos minerais ferrosos. Espesso pacote de solo que está em processo de erosão pelo fluxo de água do rio da Maria Comprida. Condição de meia encosta baixa (Figura 14).



Figura 14 - Perfil de encosta baixa demonstrando a mudança de coloração das unidades pedológicas.

- **Ponto 3:** Latossolo, amarelado, siltico arenoso, com fragmentos de minerais de composição quartzosa. Condição de alto topográfico.
- **Ponto 4:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, com ocorrência de fragmentos de rocha angulosos de composição gnáissica com até 40 centímetros de comprimento. Condição de meia encosta (Figura 15).



Figura 15- Fragmentos de rocha angulosos.

- **Ponto 5:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, micáceo, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta baixa.
- **Ponto 6:** Rocha gnáissica cinza clara, textura fina em contato com rocha granítica, cinza azulada, textura grossa marcada por minerais de composição feldspática sem foliação aparente. Afloramento rochoso em forma de matacões parcialmente aflorantes em condições de encosta baixa (Figura 16).



Figura 16 - Ocorrência da Unidade Batólito Serra dos Órgãos.

- **Ponto 7:** Solo aluvionar em camadas com até 10 centímetros de espessura e composição arenosa, granulometria média a grossa, coloração amarelada alternadas com finas camadas de argilas orgânicas de coloração cinza escura. Esta sucessão de camadas, marca a sazonalidade de energia no leito do rio da Maria comprida. Condição de fundo de vale.
- **Ponto 8:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões com até 3 metros de comprimento. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.
- **Ponto 9:** Afloramento de rocha gnáissica alterada e fraturada, plano de falha com direção 60° N 57° NW. Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos rochosos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 10:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de afloramento rochoso. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

- **Ponto 11:** Latossolo avermelhado, siltico argiloso, sem ocorrência de fragmentos. Condição de meia encosta.
- **Ponto 12:** Solo aluvionar de composição arenosa, granulometria média a grossa, coloração amarelada, e ocorrência de seixos de composição gnáissica com até cinco centímetros de diâmetro. Condição de fundo de vale.
- **Ponto 13:** Rocha gnáissica cinza clara, granulação média, alternância de bandas centimétricas de coloração félsica e máfica. Ocorrência na forma de matacões com até 4 metros de comprimento. Condição de meia encosta. Latossolo avermelhado, siltico argiloso.

4.1.5 RECOMENDAÇÕES

Os dados levantados durante a campanha de campo possibilitaram o zoneamento de diferentes tipos de corpos rochosos e suas principais estruturas, solos, declividade e geomorfologia nas seis áreas estudadas. A ocorrência de voçorocas em diferentes estágios evolutivos, principalmente na Fazenda Aroeira e de maneira mais pontual nas Fazendas Água Santa, São José e Maquiné inspiram cuidados relativos à construção de vias de acesso e prédios, pois, são áreas potencialmente instáveis.

É recomendável o refinamento dos estudos geológicos com sondagens mistas e a revisão dos projetos estruturais das obras a serem implementadas nestes locais.

4.1.6 LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

O levantamento geofísico objetivou, através de levantamento em campo, a aquisição de dados que auxiliassem na detecção de anomalias ou assinaturas geofísicas correlacionáveis a zonas de falhas/fraturas geológicas no corpo de rocha sã, assim como quanto a estimar a espessura do intervalo solo/rocha alterada nas seis fazendas pesquisadas. Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**).

4.1.6.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

4.1.6.1.1 RESISTIVIDADE APARENTE (RA)

A resistividade aparente é o parâmetro fornecido pelo método da eletrorresistividade. Seu princípio é baseado na passagem pelo solo de uma corrente contínua de intensidade I , transmitida por um par de eletrodos A e B, ligado a um emissor E (baterias ou grupo-generador). Mede-se a diferença de potencial V entre dois eletrodos M e N e a resistividade aparente (R_a) é dada pela fórmula $R_a = KC/I$, onde K é um coeficiente que depende das dimensões e arranjo do quadripolo AMNB (Figura 17).

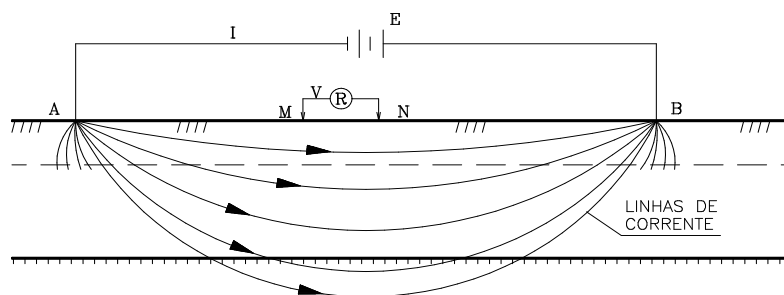


Figura 17 - Princípio do método da eletrorresistividade.

4.1.6.1.1.1 CAMINHAMENTO RESISTIVIDADE

Trata-se de uma técnica de investigação horizontal, em uma ou em várias profundidades, aproximadamente constantes, a partir de medidas tomadas na superfície do terreno.

A finalidade do caminhamento resistividade é estudar as variações laterais da resistividade do subsolo, sendo muito adequado para detectar contatos geológicos verticais ou inclinados, mineralizações, diques, fraturamentos e/ou falhamentos e outros corpos ou estruturas que se

apresentem com heterogeneidades laterais destes parâmetros. Pode ser também utilizada na caracterização de aquíferos e de depósitos de areias e cascalhos, delineando os seus limites.

As investigações efetuadas pelo caminhamento resistividade geralmente são efetuadas ao longo de perfis e os resultados obtidos se relacionam entre si através de um estudo em planta a uma profundidade determinada, ou ainda, através de seções com várias profundidades de investigação.

4.1.6.1.1.2 ARRANJO DIPOLO-DIPOLO/PSEUDO-SEÇÕES DE RESISTIVIDADE

As pseudo-seções são assim chamadas porque os dados obtidos de diferentes níveis de investigação não correspondem aos valores reais dos parâmetros de cada camada investigada e refere-se a valores aparentes de resistividade. De forma semelhante, as profundidades na seção vertical são também apenas qualitativas.

Na interpretação dos dados das pseudo-seções obtêm-se informações qualitativas sobre a posição espacial dos corpos polarizáveis e, mais raramente, pode-se estimar o seu mergulho. Como decorrência, as informações são tão mais precisas quanto melhor a definição de uma anomalia resistividade.

O arranjo de campo utilizado neste trabalho foi o dipolo-dipolo, em que os eletrodos A e B de envio de corrente e os eletrodos M e N de potencial ou de recepção são alinhados sobre um mesmo perfil. O arranjo é definido pelos espaçamentos $X=AB=MN$. A profundidade de investigação cresce com “R” e teoricamente corresponde a $\frac{1}{2} R$ (Figura 18).

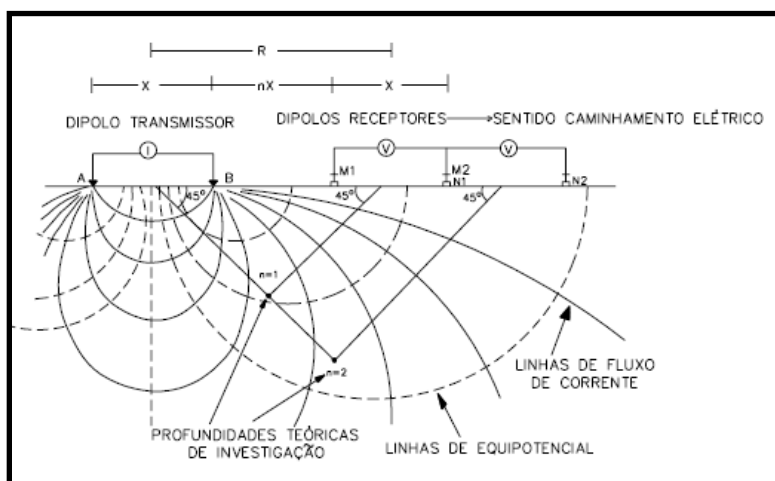


Figura 18 - Disposição no campo do arranjo dipolo-dipolo.

Comumente, as medidas são realizadas em várias profundidades de investigação, isto é, $n = 1, 2, 3, 4$ e $5, \dots$, e atribuídas na intersecção das linhas que partem a 45° dos centros de AB e MN.

A cada estação, os dois dipolos são deslocados a uma distância igual a X, e os dados obtidos são plotados nas posições $n = 1, 2, 3, \dots$ e interpolados, gerando uma pseudo-seção de resistividade aparente.

4.1.6.1.1.3 SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL – SEV

O estudo através do arranjo da SEV visou a detecção dos padrões de resistividade que pudessem ser correlacionados a espessura solo e, conseqüentemente, a profundidade da rocha sã para a área das seis fazendas.

4.1.6.2 TRABALHOS EXECUTADOS

Os levantamentos de eletrorresistividade com arranjo dipolo-dipolo foram efetuados em três áreas, Fazenda Secretário, Fazenda Maquiné e afluente do rio da Maria Comprida,

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

próximo ao centro da cidade de Secretário. O perfil de caminhamento elétrico na Fazenda Secretário teve o objetivo de confirmar uma fratura geológica encaixada no rio da Maria Comprida, mapeada pelo levantamento geológico. O segundo perfil de caminhamento elétrico dipolo-dipolo foi executado em um afluente do rio da Maria Comprida, localizado próximo ao centro do distrito de Secretário. O objetivo desse perfil foi verificar a existência de uma provável fratura geológica encaixada nesse afluente e, em caso positivo, projetar essa fratura para dentro da área da Fazenda Maquiné. Após confirmar a existência da fratura nesse afluente e projetá-la para dentro da Fazenda Maquiné, foi executado um caminhamento elétrico dipolo-dipolo nessa fazenda para confirmação da suspeita da continuidade desta fratura.

Os perfis dipolo-dipolo foram efetuados com aberturas $AB=MN=30\text{m}$ e $40,0\text{m}$, com medidos cinco profundidades teóricas de investigação.

Foram efetuadas 22 Sondagens Elétricas Verticais (SEVs), assim distribuídas: Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**).

- Fazenda Aroeira: 9 SEVs;
- Fazenda Água Santa: 4 SEVs;
- Fazenda São Carlos: 1 SEV;
- Fazenda São José: 1 SEV;
- Fazenda Secretário: 5 SEVs;
- Fazenda Maquiné: 2 SEVs.

Para este trabalho foi empregado um conversor de corrente contínua TECTROL, de fabricação nacional, e um milivoltímetro digital.

4.1.6.2.1 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Medidas de resistividade normalmente são apresentadas e interpoladas (contornos de isovalores) sob a forma de pseudo-seções que dão uma representação visual do comportamento das resistividades em sub superfície. No entanto, as formas dos contornos não dependem exclusivamente das distribuições de resistividades medidas, mas também da geometria da configuração de eletrodos empregada. Mesmo corpos de formas geométricas simples (retangulares, p. ex.), apresentam pseudo-seções completamente diferentes, conforme o arranjo empregado.

Nesse sentido, para obter-se uma seção de resistividade mais precisa, torna-se necessária à aplicação de processos de inversão nos dados que, em tese, conduz a uma aproximação razoável de modelos para diversas estruturas geológicas. Estes processos de inversão foram empregados no tratamento dos dados deste levantamento, usando-se o software RES2DINV.

As seções modeladas são resultantes de um processo automático de inversão 2-D. Os processos de inversão de dados de resistividade buscam estabelecer um modelo da provável distribuição real dos valores de resistividade em sub superfície. As eventuais distorções nas pseudo-seções inerentes aos arranjos de eletrodos são, teoricamente, eliminadas pelos processos de inversão.

Para o modelamento das sondagens elétricas verticais, foi usado o software IPI2WIN.

4.1.6.2.2 INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1.6.2.2.1 FAZENDA AROEIRA

Falhas/fraturas regionais embora constem nos levantamentos bibliográficos não foram observadas durante a campanha de campo nesta fazenda, pois configuram estruturas inferidas em mapeamentos com escaladas de trabalho pequenas, por isso, não foram realizados trabalhos com caminhamento elétrico. Para estimar a espessura do solo local, foram executadas nove sondagens elétricas verticais (SEVs), distribuídas em função de

fatores de distribuição estatística e fatores de variação do solo local. A localização das SEVs pode ser vista no Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**).

A partir do reconhecimento de campo (mapeamento geológico), modelamento e interpretação das SEVs, verificou-se que a área da Fazenda Aroeira apresenta três modelos de camadas geoeletricas: a primeira é constituída por um tramo resistivo e correspondente a um solo siltico-argiloso seco, com espessura média de 4,88m para toda área, sendo que a camada mais espessa possui 11,0m. Os solos mais espessos encontram-se nas áreas mais altas da fazenda; A segunda camada corresponde a uma transição entre solos silticos-argilosos úmidos, com passagem para intervalos de blocos isolados de rocha sã a rocha alterada para a base do intervalo. Em algumas SEVs ocorre a ausência de zonas de blocos isolados, com as curvas das SEVs mostrando uma passagem solo/rocha alterada/rocha sã de forma gradual. As SEVs localizadas no fundo dos vales, próximas as drenagens, mostram por vezes uma passagem abrupta solo/rocha sã, e por vezes uma camada pouco espessa de solo/blocos isolados de rochas sã.

A curva de campo e a curva modelada de cada SEV, juntamente com sua interpretação e seu perfil geoeletrico, são mostradas a seguir, nas Figuras 19 a 27.

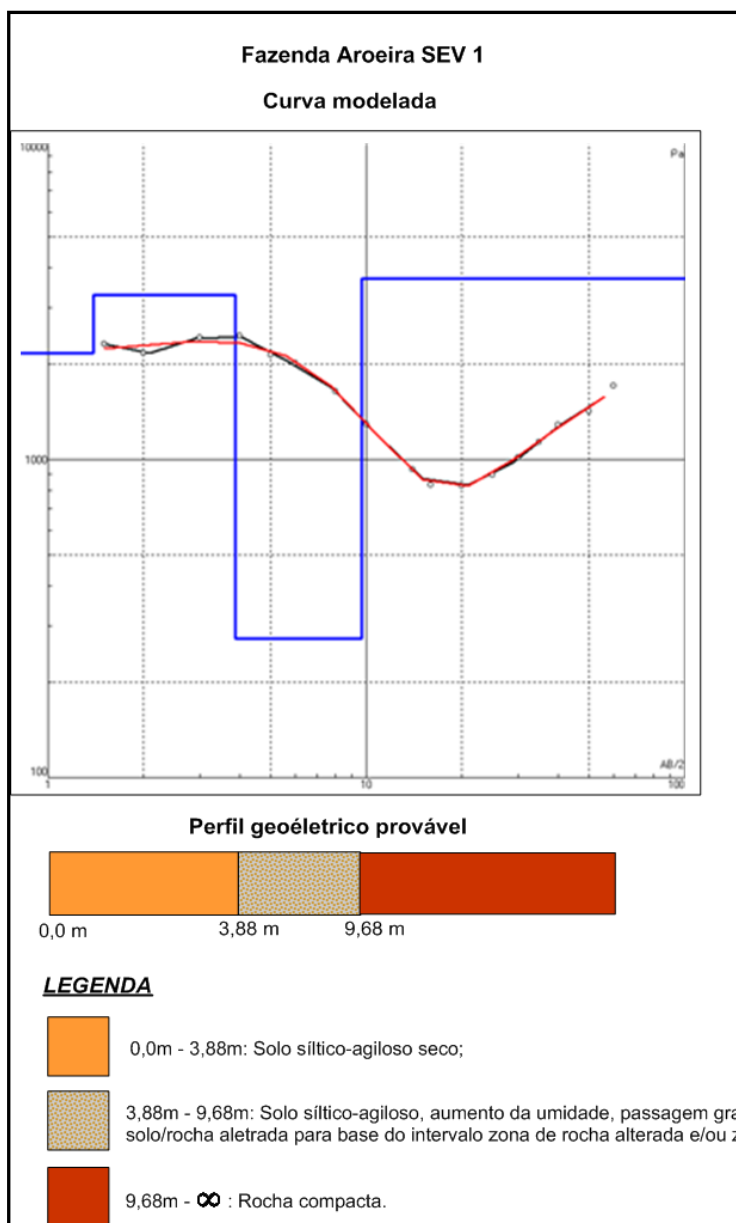
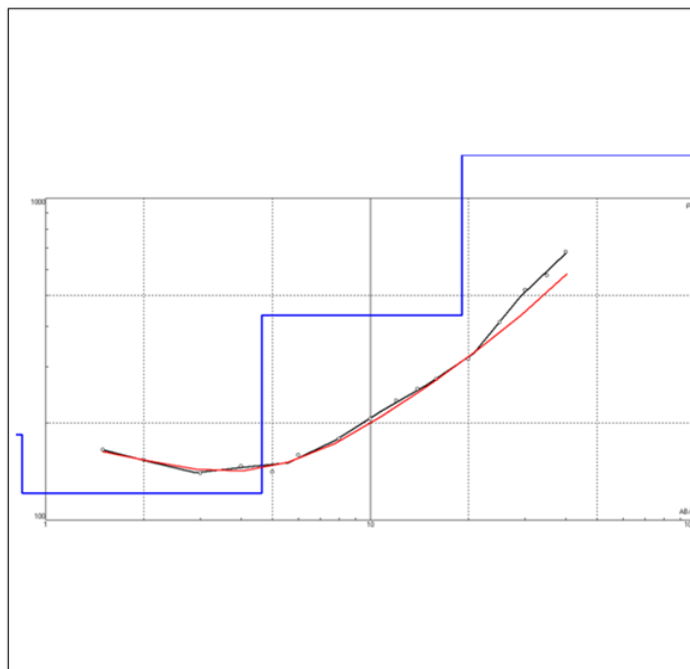


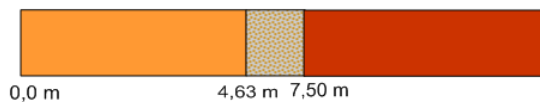
Figura 19 -Curva modelada da Fazenda Aroeira- SEV 1

Fazenda Aroeira SEV 2

Curva modelada



Perfil geoeletrico provável



LEGENDA




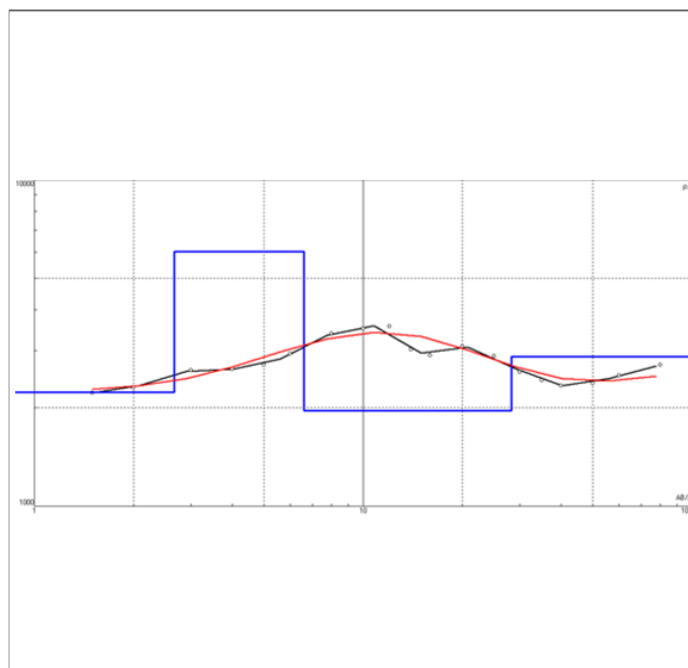
-  0,0m - 4,63m: Solo siltico-agiloso seco;
-  4,63m - 7,50m: Provável zona de rocha alterada e/ou zona fraturada com provável zona de blocos isolados de rocha;
-  7,50m - ∞ : Rocha compacta.

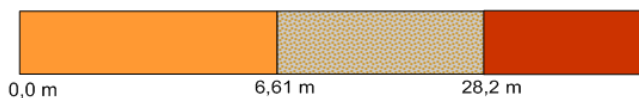
Figura 20 - Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV2

Fazenda Aroeira SEV 3

Curva modelada



Perfil geoétrico provável



LEGENDA



0,0m - 6,61m: Solo siltico-agiloso seco;

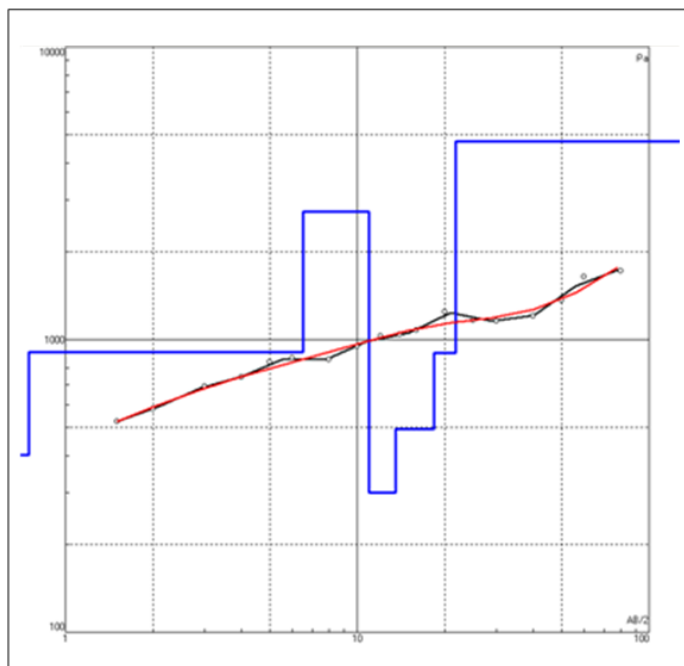
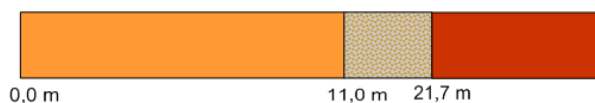
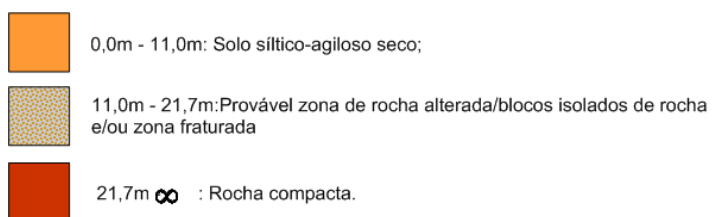


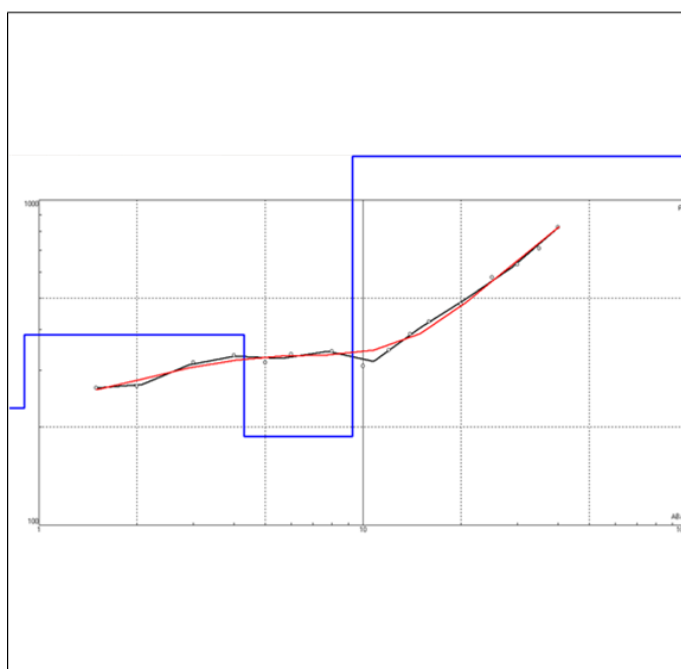
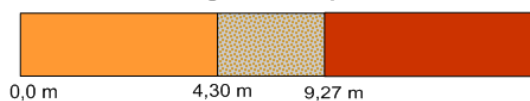
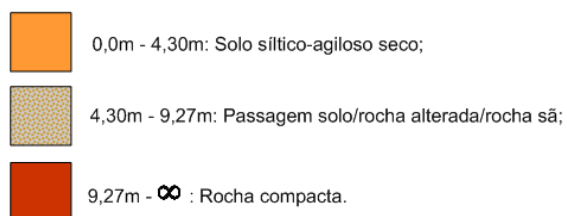
6,61m - 28,2m: Provável zona de rocha alterada/blocos isolados de rocha e/ou zona fraturada;



28,2m - ∞ : Rocha compacta.

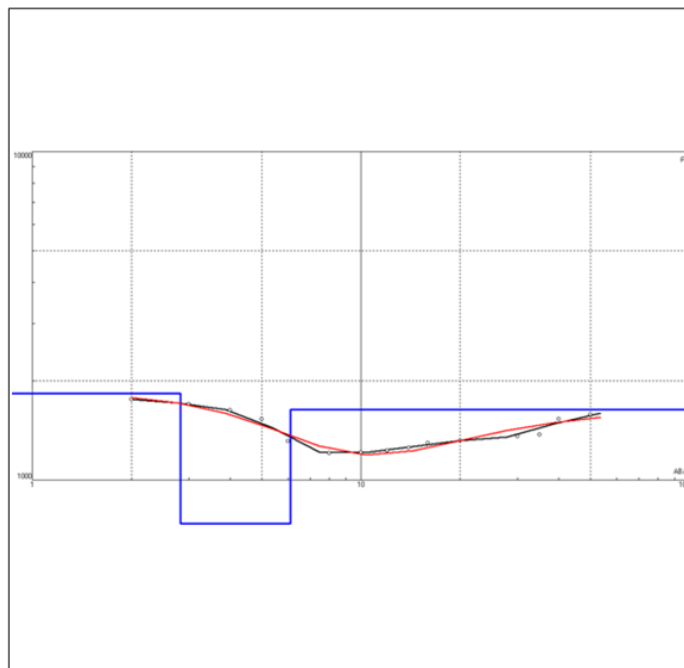
Figura 21 - Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV3

Fazenda Aroeira SEV 4
Curva modelada

Perfil geoeletrico provável

LEGENDA

Figura 22- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV4

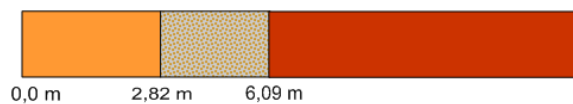
Fazenda Aroeira SEV 6
Curva modelada

Perfil geoelétrico provável

LEGENDA

Figura 23- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV6

Fazenda Aroeira SEV 7

Curva modelada



Perfil geoeletrico provável



LEGENDA

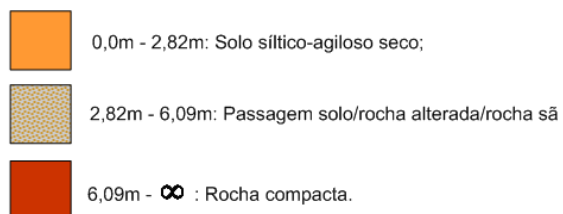
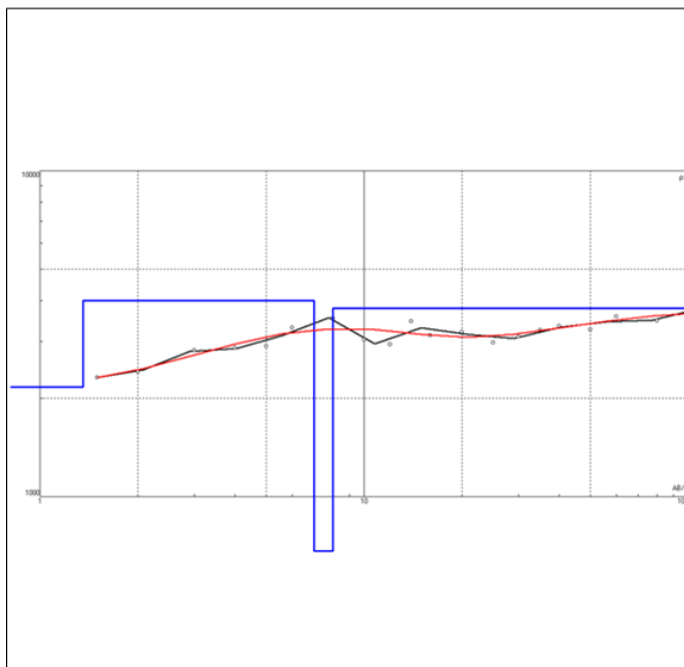


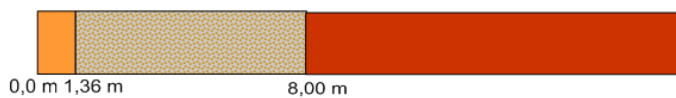
Figura 24- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV7

Fazenda Aroeira SEV 8

Curva modelada



Perfil geotécnico provável



LEGENDA



0,0m - 1,36m: Solo siltico-agiloso seco;



1,36m - 8,00m: Passagem solo/rocha alterada/rocha sã e/ou blocos isolados de rocha;

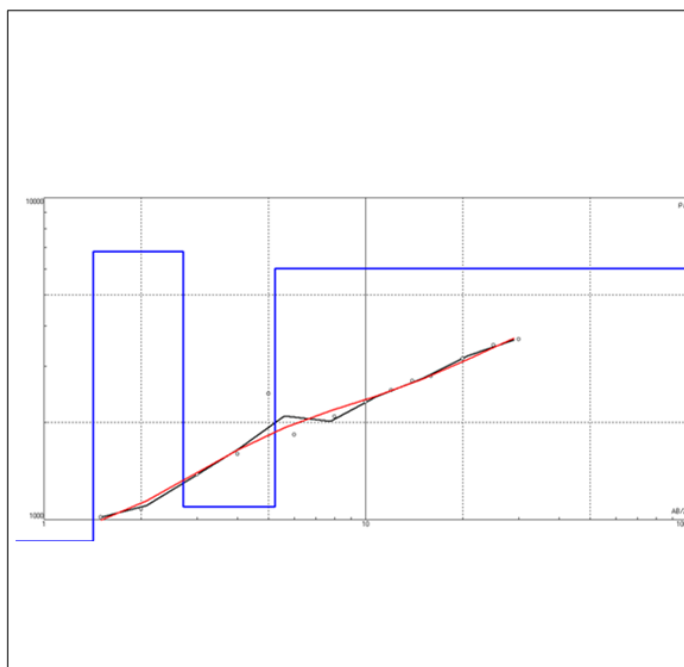


8,00m - ∞ : Rocha compacta.

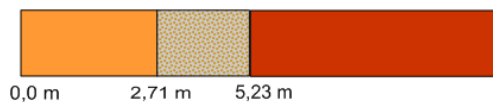
Figura 25- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV8

Fazenda Aroeira SEV 9

Curva modelada



Perfil geoelétrico provável



LEGENDA



0,0m - 2,71m: Solo síltico-agiloso seco;



2,71m - 5,23m: Provável zona de rocha alterada e/ou zona fraturada;

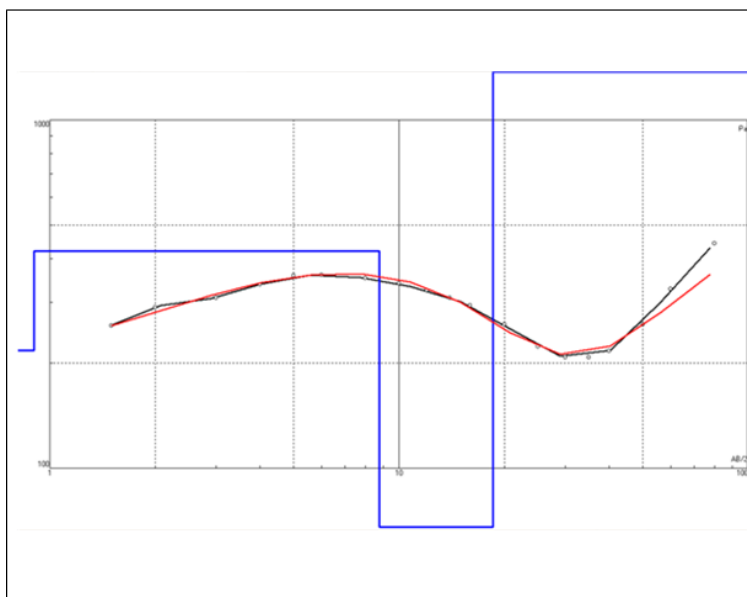


5,23m - ∞ : Rocha compacta.

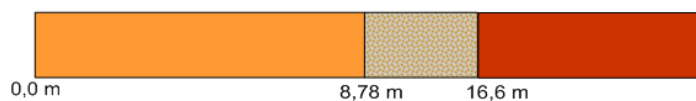
Figura 26- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV9

Fazenda Aroeira SEV 10

Cuva modelada



perfil geoeletrico provavel



LEGENDA

- 0,0m - 8,78m: Solo siltico -argiloso saturado;
- 8,78m - 18,6m: Solo argiloso, passagem rocha alterada/rocha sa na base do intervalo;
- 18,6m - ∞ : Rocha compacta.

Figura 27- Curva Modelada da Fazenda Aroeira SEV10

4.1.6.2.2.2 FAZENDA ÁGUA SANTA

Nesta fazenda foram realizadas quatro SEVs. Os locais e a quantidade das SEVs é função direta dos indicativos da variação do solo local. Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (ANEXO 20).

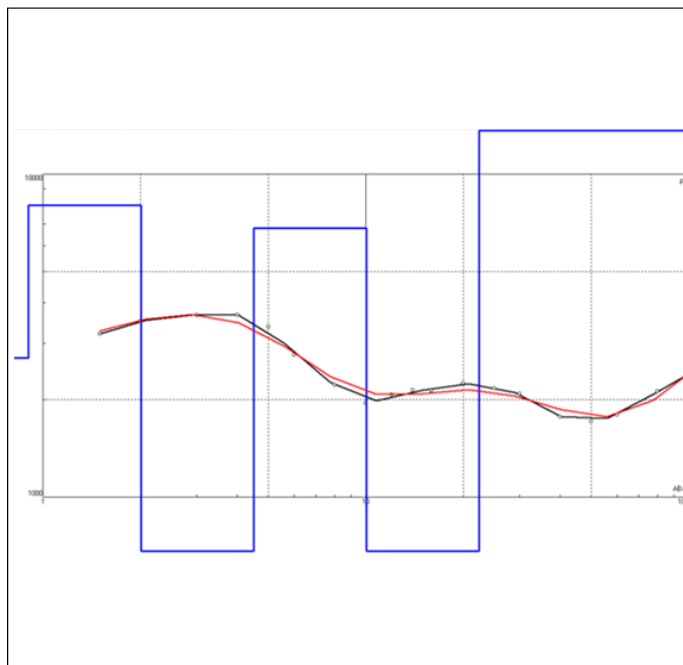
Assim como na Fazenda Aroeira, a área da Fazenda Água Santa apresenta três modelos de camadas geoeletricas que podem ser associadas a geologia local. A primeira camada corresponde a um solo siltico argiloso (tramo resistivo); a segunda camada possui um segmento (tramo) resistivo-condutivo, representando a passagem de solo para rocha alterada, e por vezes com intervalos constituídos de blocos isolados de rocha sã. A terceira camada corresponde ao intervalo de rocha compacta (tramo resistivo).

A espessura média do solo na área é de 8,4 metros. O intervalo constituído por solo/blocos isolados de rocha sã/rocha alterada é de 14,4 metros.

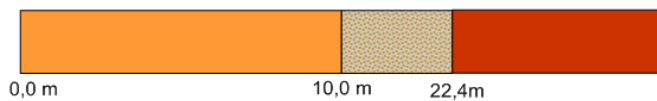
As curvas de campo e modelada das quatro SEVs, juntamente com seus respectivos perfis geoeletricos, são apresentados abaixo (Figuras 28 a 31).

Fazenda Água Santa SEV 1

Curva modelada



Perfil geoeletrico provável



LEGENDA




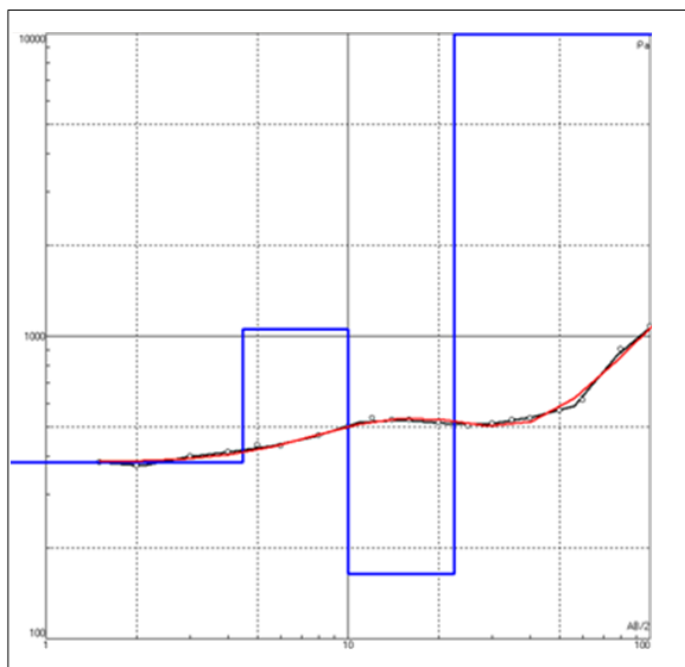
-  0,0m - 10,0m: Solo siltico-agiloso seco, com aumento de umidade para a base do intervalo;
-  10,0m - 22,4m: Provável zona de de blocos isolados e/ou zona fraturada;
-  22,4m - ∞ : Rocha compacta.

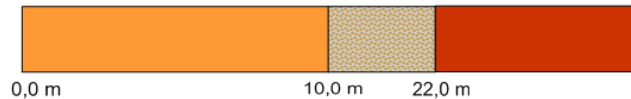
Figura 28- Curva Modelada da Fazenda Água Santa SEV1.

Fazenda Água Santa SEV 2

Curva modelada



Perfil geoelétrico provável

**LEGENDA**




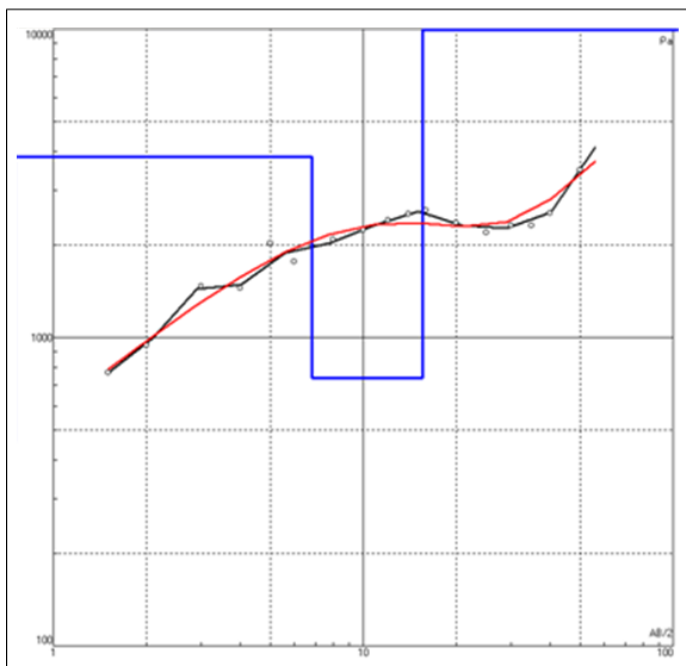
-  0,0m - 10,0m: Solo silítico-agiloso seco, com aumento de umidade para a base do intervalo;
-  10,0m - 22,0m: Provável zona de blocos isolados e/ou zona fraturada;
-  22,0m - ∞ : Rocha compacta.

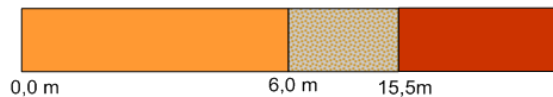
Figura 29- Curva Modelada da Fazenda Água Santa SEV2.

Fazenda Água Santa SEV 3

Curva modelada



Peril geoelétrico provável



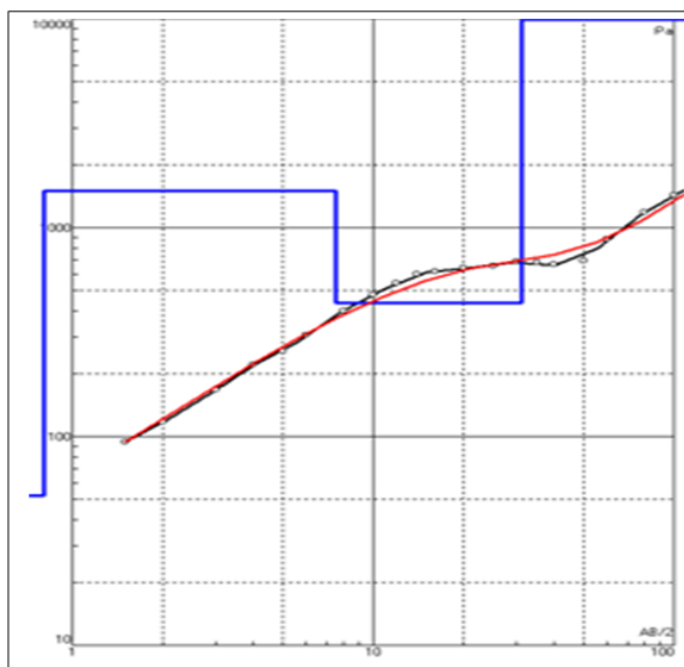
LEGENDA

- 0,0m - 6,0m: Solo siltico-agiloso seco, com aumento de umidade para a base do intervalo;
- 6,0m - 15,5m: Provável zona de blocos isolados e/ou zona fratura
- 15,5m - ∞ : Rocha compacta.

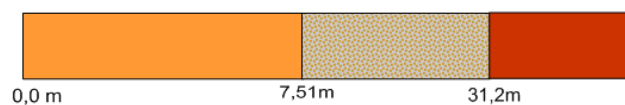
Figura 30- Curva Modelada da Fazenda Água Santa SEV3.

Fazenda Água Santa SEV 4

Curva modelada



Perfil geoelétrico provável



LEGENDA




-  0,0m - 7,51m: Solo siltico-arenoso saturado;
-  7,51m - 31,2m: Solo argilo-arenoso/cascalhos saturado com prováveis blocos isolados e/ou fraturas saturadas na rocha;
-  31,2m - ∞ : Rocha compacta.

Figura 31- Curva Modelada da Fazenda Água Santa SEV4.

4.1.6.2.2.3 FAZENDA SÃO CARLOS

Em função da pouca variação do solo local, foi executada apenas uma sondagem elétrica vertical (SEV) na área da Fazenda São Carlos. Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**). A curva modelada da SEV mostrou três camadas geoeletricas: a primeira corresponde a um solo siltico-argiloso seco (topo) a úmido; a segunda camada é uma transição de solo saturado para, prováveis, níveis de blocos isolados de rocha sã e rocha alterada na base do intervalo. A terceira camada corresponde a rocha compacta (sã). A espessura do intervalo de solo/rocha alterada é de 21,0m. A curva de campo e modelada com sua interpretação (perfil geoeletrico) pode ser vista abaixo, conforme Figura 32.

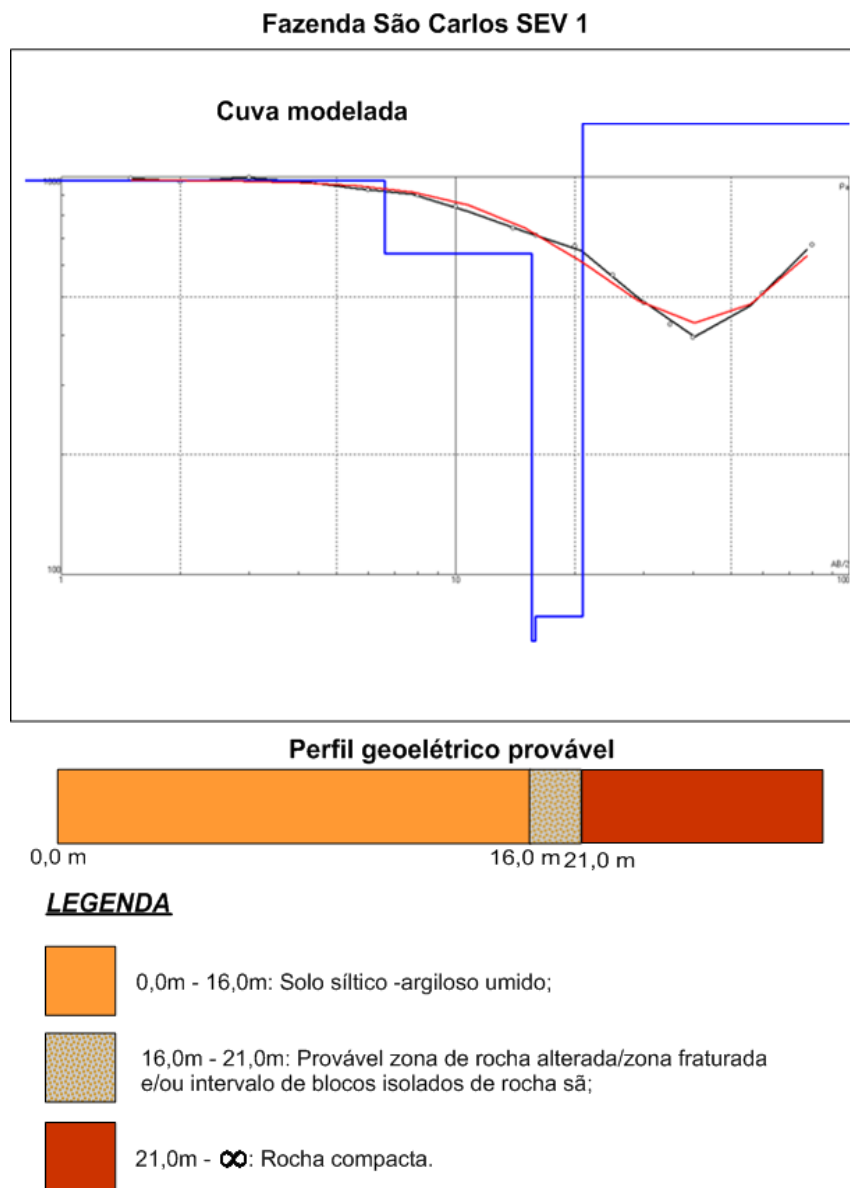


Figura 32- Curva Modelada da Fazenda São Carlos SEV1.

4.1.6.2.2.4 FAZENDA SÃO JOSÉ

Assim como na Fazenda São Carlos, foi executada uma SEV na Fazenda São José. Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**). O local da SEV foi escolhido em função da área ser representativa dos solos observados em campo.

A curva modelada da SEV indica duas camadas geoeletricas: a primeira constituída por solo siltico-argiloso seco, transicionando para um solo saturado e rocha alterada na base do intervalo; A segunda camada é o intervalo de rocha sã. A curva modelada e sua interpretação encontram-se na figura abaixo (Figura 33).

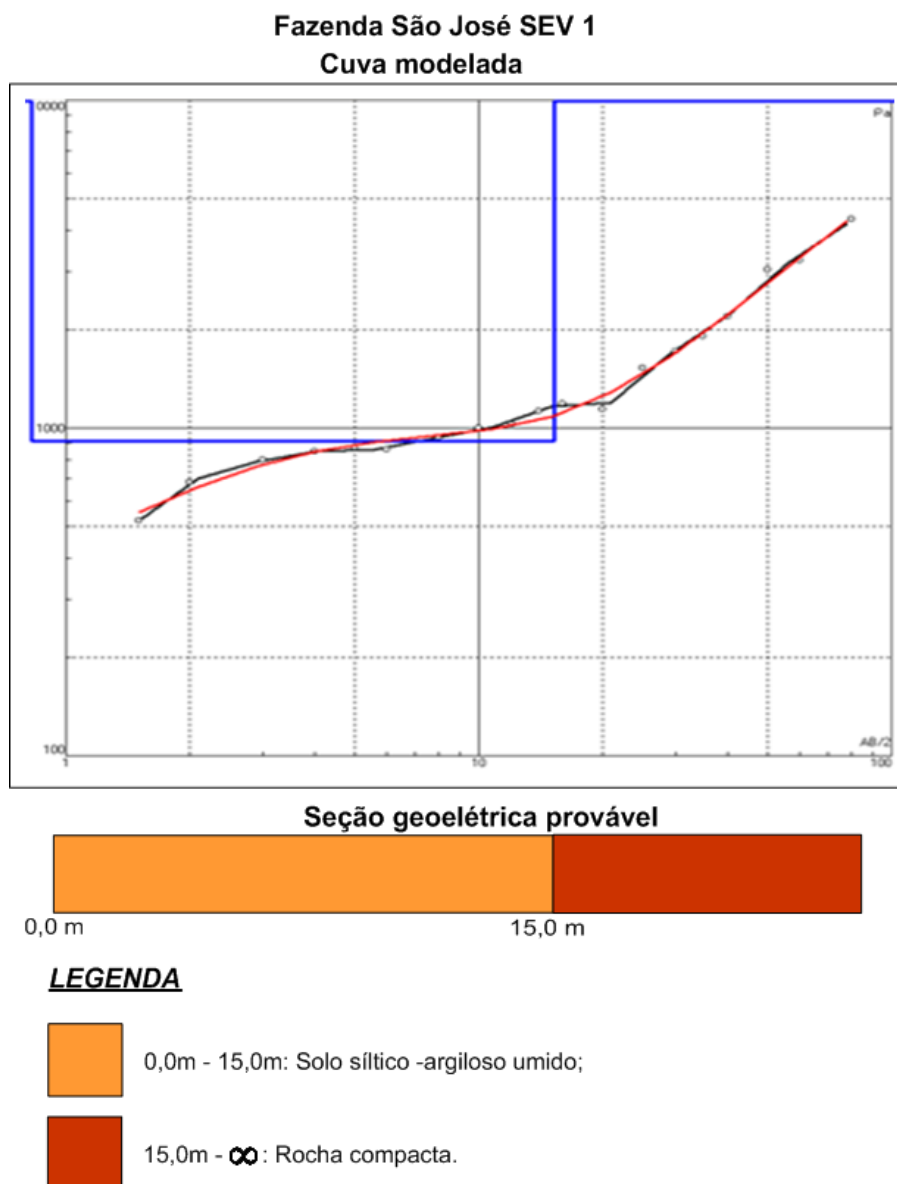


Figura 33- Curva Modelada da Fazenda São José SEV1.

4.1.6.2.2.5 FAZENDA SECRETÁRIO

Na Fazenda Secretário foram executados cinco sondagens elétricas verticais (SEVs) e um perfil de caminhamento elétrico dipolo-dipolo. Enquanto o objetivo das SEVs foi o de estimar a espessura do intervalo de solo/rocha alterada, o do caminhamento elétrico foi o de confirmar uma fratura geológica mapeada durante os trabalhos de mapeamento geológico regional e local, de direção norte-sul. A localização das SEVs e dos perfis de caminhamento elétrico podem ser visualizados no Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**).

O perfil de caminhamento elétrico possui extensão total de 460 metros linear, no sentido de oeste para leste. O arranjo utilizado foi o dipolo-dipolo, com espaçamento dos dipolos de 40,0m ($AB=MN=40,0m$), com 5 níveis de profundidade de investigação teórica ($n1= 40,0m$; $n2= 60,0m$; $n3= 80,0m$; $n4=100,0m$; $n5=120,0m$ e $n6= 140,0m$).

A figura 34 mostra a seção modelada do perfil dipolo-dipolo, já com as correções topográficas. Na seção fica claro um intervalo com valores de resistividade (condutivo) e com geometria de zona de falha/fratura, corroborando com o apresentando nos mapas geológicos regional e local (ANEXOS 12 E 16). Esse local esta identificado na seção por uma barra hachurada de cor vermelha.

Na seção modelada também estão marcados duas sondagens elétricas verticais que foram executadas ao longo do perfil. A partir dessas duas SEVs (1 e 2), foi traçado a linha de topo rochoso (linha contínua de cor negra), na qual fica claro que existe um deslocamento entre os blocos, denominada de falha normal (gravitacional).

A partir das interpretações das SEVs (modelamento matemático), principalmente as SEVs 1 e 2, que estão localizadas tanto dentro da zona de fratura quanto da zona de inundação do Rio Maria Comprida, verifica-se a intercalação de camadas de sedimentos de planície de inundação (areias, siltes e argilas), inter-digidadas com camadas de sedimentos de canal (cascalhos, areias) depositadas ao longo do tempo geológico. Em termos geotécnicos, recomenda-se maior detalhamento da geofísica em caso de construção de obras civis de médio ou grande porte nas áreas de planície de inundação do rio Maria Comprida.

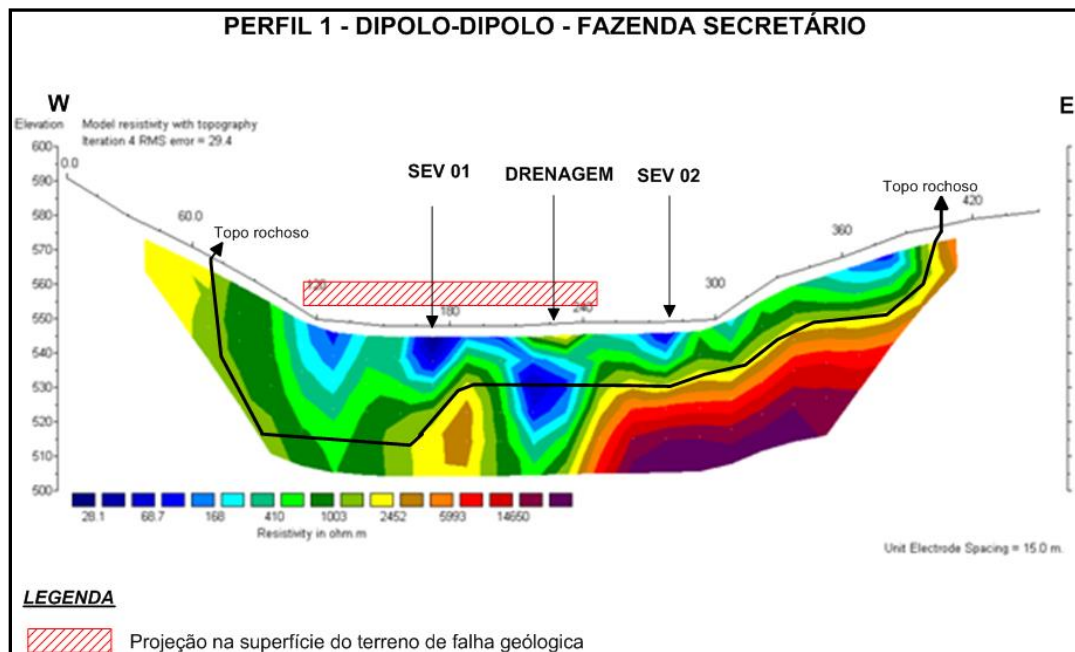


Figura 34 -Seção modelada do perfil Dipolo- dipolo da Fazenda Secretário.

As sondagens elétricas 1, 2 e 3, foram realizadas ao longo da zona de inundação do rio Maria Comprida. Nelas fica claro a interdigitação de camadas sedimentares típicas desses locais (planície de inundação): argilas, siltes e areias, intercaladas com camadas de cascalhos de granulometria variando de média a muito grossa. A espessura média das camadas de sedimentos é de 34,7 metros. Deve ficar claro que as camadas de cascalhos podem ter blocos de rocha de tamanhos métricos.

As SEVs 4 e 5 mostram que as camadas de sedimentos (solos/rocha alterada) são menos espessas, com média de 17,35 metros. A SEV 5 foi executada no limite oeste da área, próxima de um poço tubular profundo perfurado para abastecer de água um futuro loteamento. O poço interceptou a rocha compacta aos 22 metros de profundidade. A SEV encontra-se com uma diferença de altitude de 1 metro para menos em relação ao poço. Através dos dados do perfil geológico poço, foi realizado uma parametrização (SEV paramétrica).

As figuras 35 a 39 abaixo mostram as SEVs com as curvas de campo e curvas modeladas com as respectivas interpretações (perfil geoeletrico).

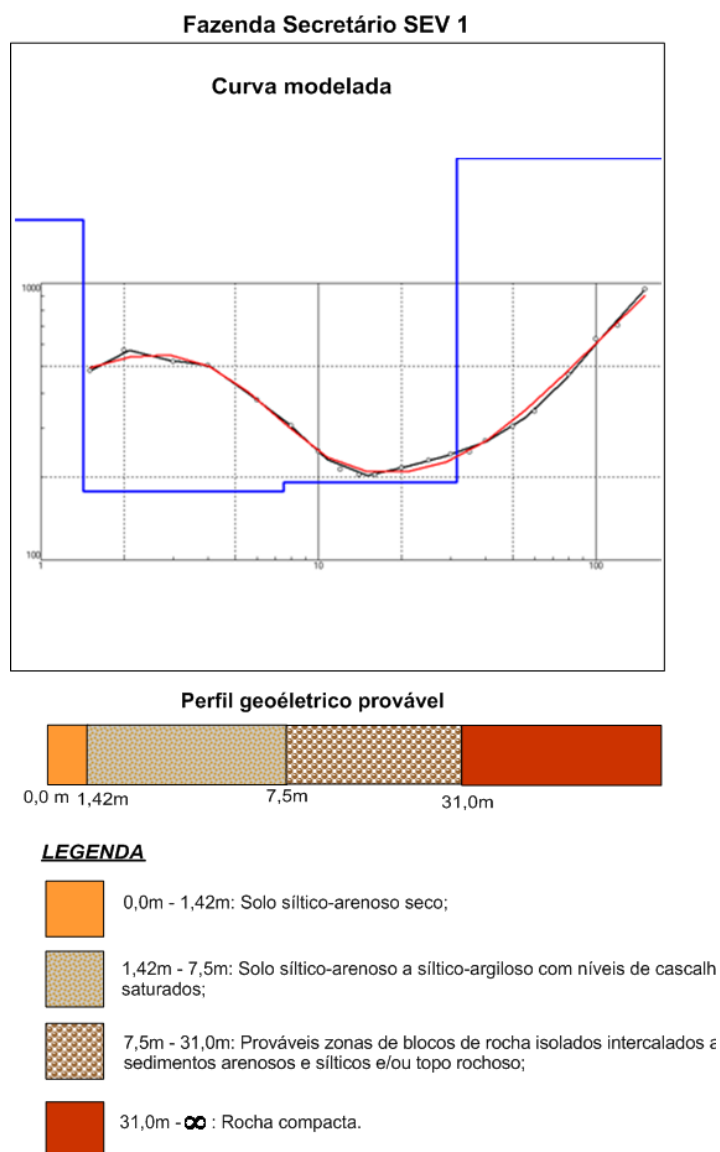


Figura 35 - Curva Modelada da Fazenda Secretário SEV1

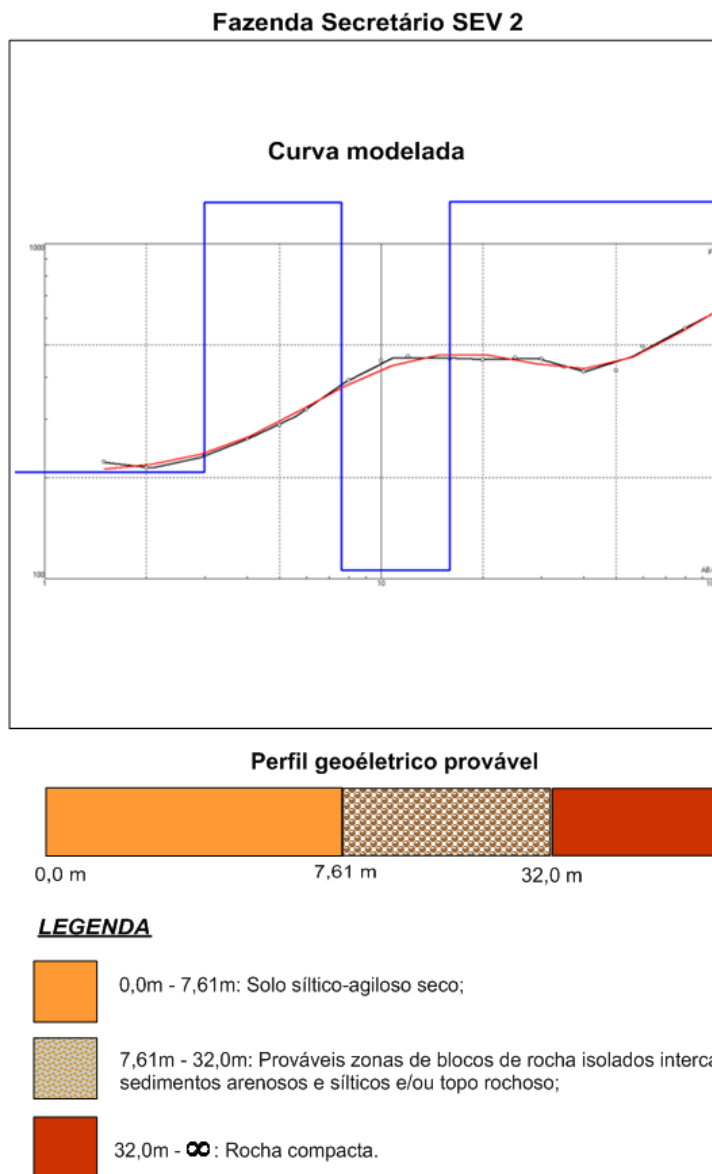


Figura 36 - Curva Modelada da Fazenda Secretário SEV2

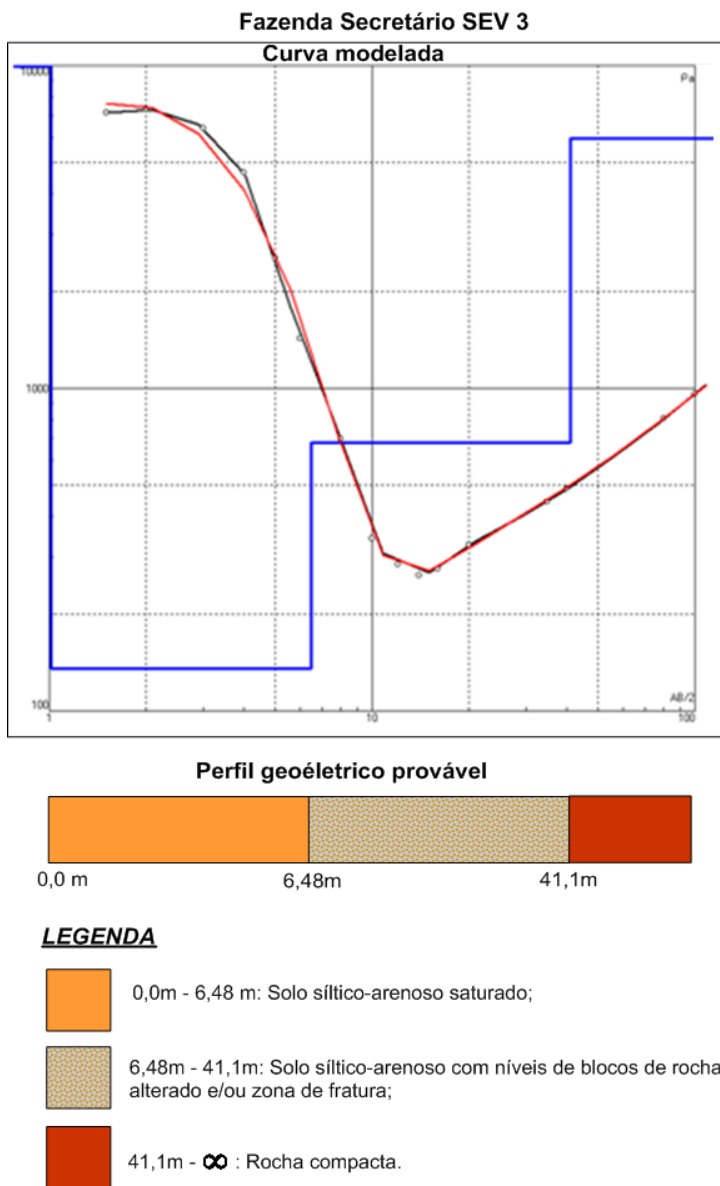


Figura 37 - Curva Modelada da Fazenda Secretário SEV3

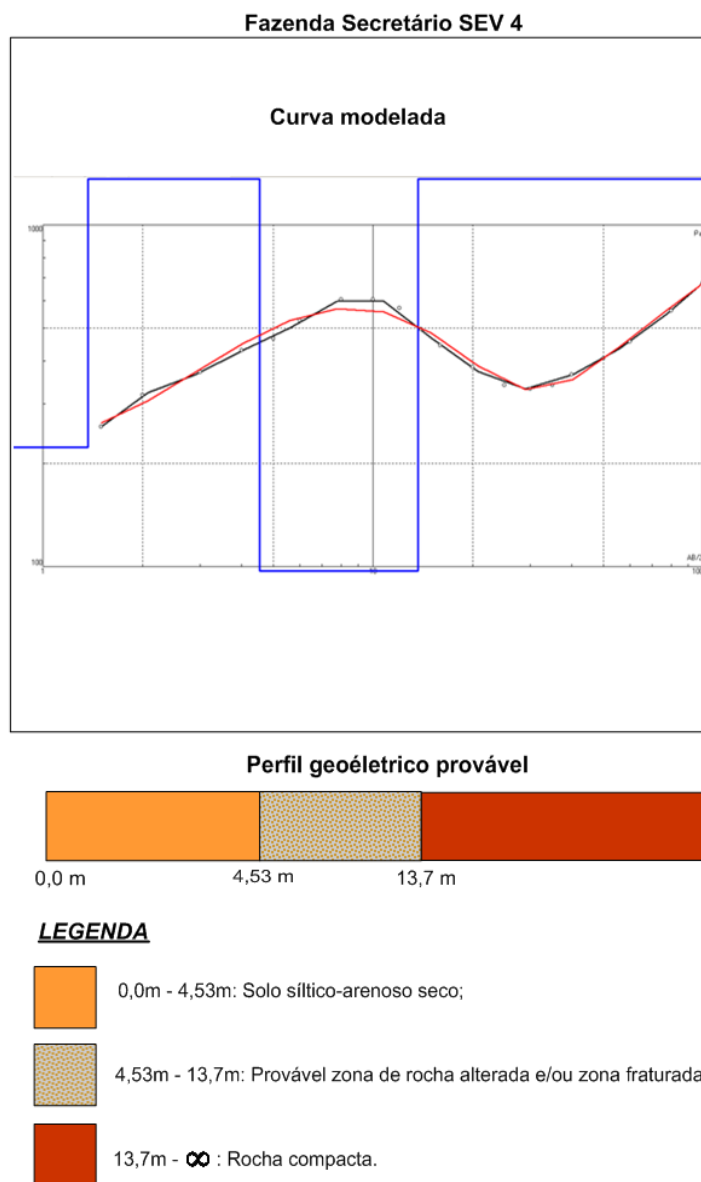
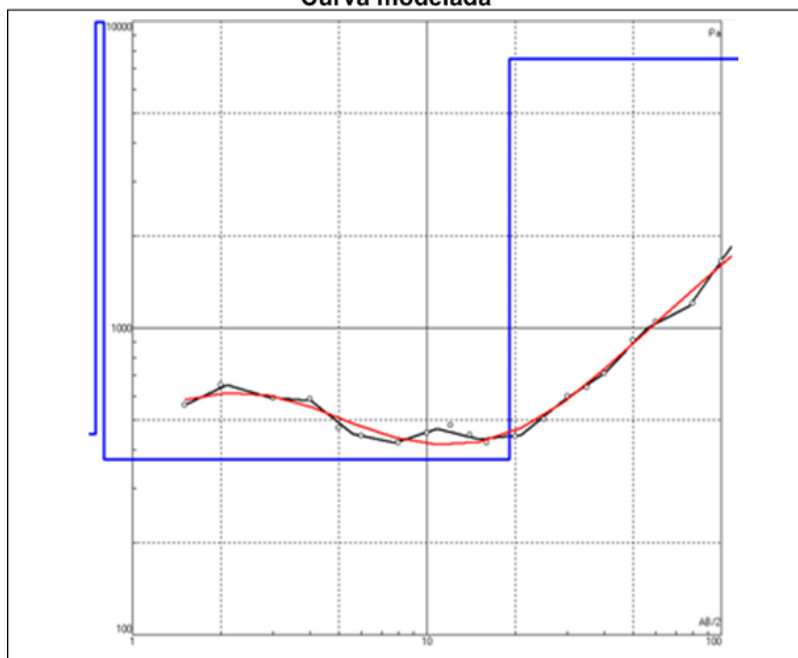


Figura 38 - Curva Modelada da Fazenda Secretário SEV4

Fazenda Secretário SEV 5
Curva modelada



Perfil geoeletrico provável



LEGENDA




-  0,0m - 16,0m: Solo siltico -argiloso umido;
-  16,0m - 21,0m: Provável zona de rocha alterada e/ou zona fraturada;
-  21,0m - ∞: Rocha compacta.

Figura 39 - Curva Modelada da Fazenda Secretário SEV5

4.1.6.2.2.6 FAZENDA MAQUINÉ

Através de análise do mapa geológico local e em conjunto com reconhecimento de campo, foi identificada uma provável zona de fratura encaixada em um afluente localizado na margem direita do rio Maria Comprida com indicação de seu prosseguimento para dentro da área da Fazenda Maquiné. Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). Em função disso, foi realizada prospecção geofísica através de dois perfis elétricos horizontais (caminhamento elétrico), pelo arranjo dipolo-dipolo, um seccionando o afluente o Rio Maria Comprida e o outro atravessando a porção central do rio Maria Comprida na Fazenda Maquiné. Mapa SEVs e Caminhamentos Elétricos (**ANEXO 20**). O espaçamento dos dipolos foi de 40,0m ($AB=MN=40,0m$), e cinco níveis de investigação teórica ($n1=40,0m$, $n2=60,0m$, $n3=80,0m$, $n4=100,0m$ e $n5=120,0m$). As figuras 40 e 41 mostram as seções modeladas dos dois perfis, onde fica claro uma zona anômala com valores de resistividade e geometria indicativa de falha/fratura dentro do corpo de rocha sã, a qual é marcada nas figuras (seções de resistividade) por uma linha tracejada de cor negra. Essas duas anomalias estão alinhadas e fazem parte do mesmo sistema de lineamento estrutural (falha), corroborando com as análises anteriores.

Perfil afluente do Rio Maria Comprida

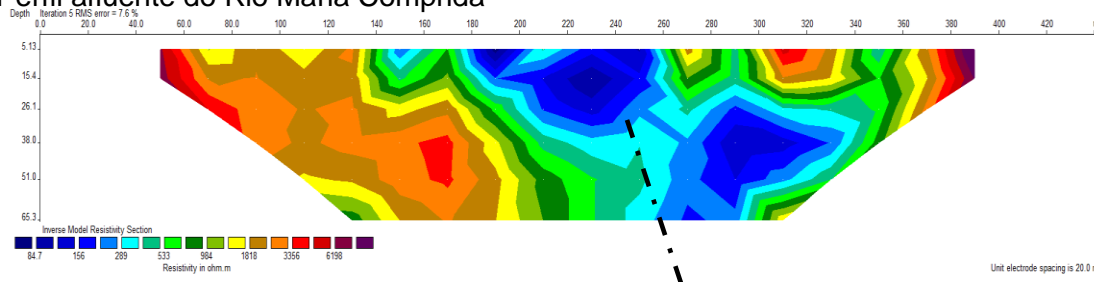


Figura 40- Seção Modelada do perfil do Rio Maria Comprida

Perfil Fazenda Maquiné

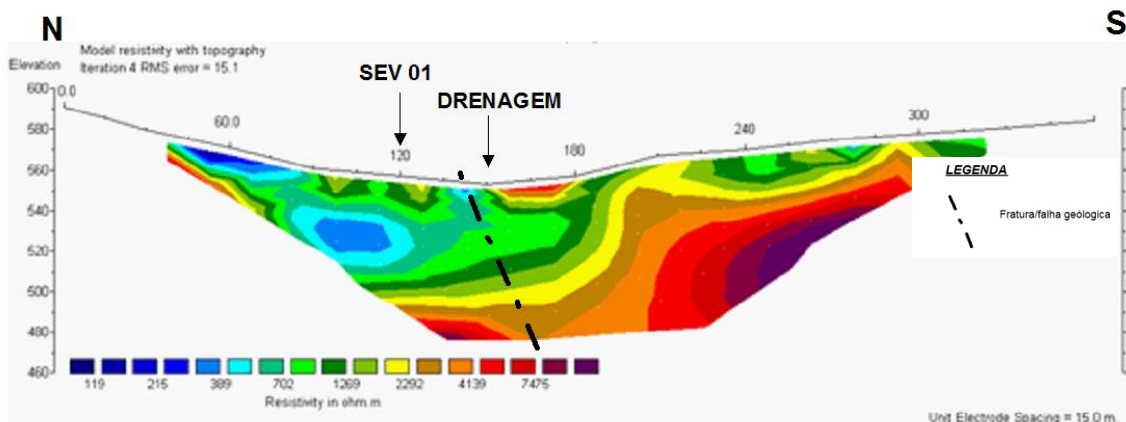
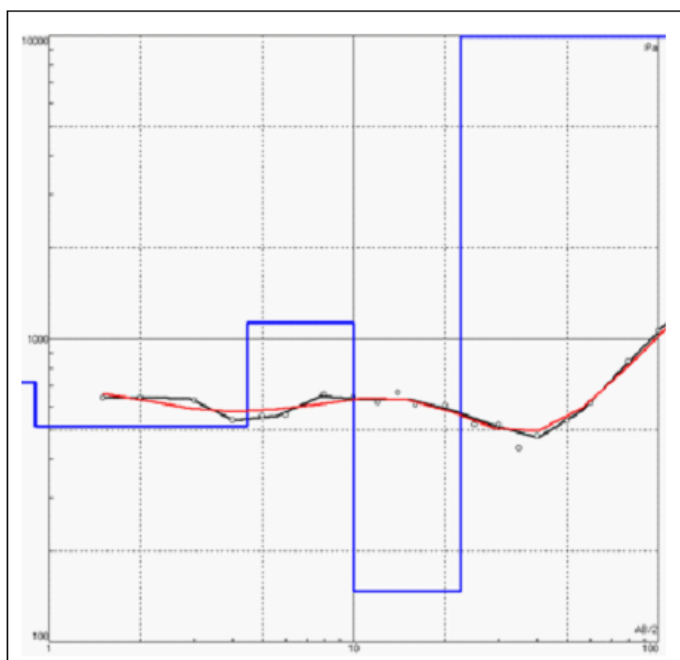


Figura 41- Seção Modelada do perfil da Fazenda Maquiné

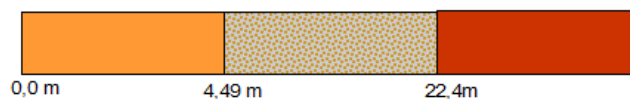
Foram realizadas duas sondagens elétricas verticais (SEVs) na fazenda para estimativa de topo rochoso e espessura de solo. As figuras 42 e 43 mostram as SEVs modeladas. Verificou-se três modelos de camadas nas duas SEVs: a primeira representa o solo, onde foi verificado que a espessura média é de 7,8m; a segunda camada possui espessura média de 12,9 m, e representa o intervalo de solo/rocha alterada e blocos isolados de gnaisses.

Fazenda Maquiné SEV 1

Curva modelada



Seção geoeletrica provável



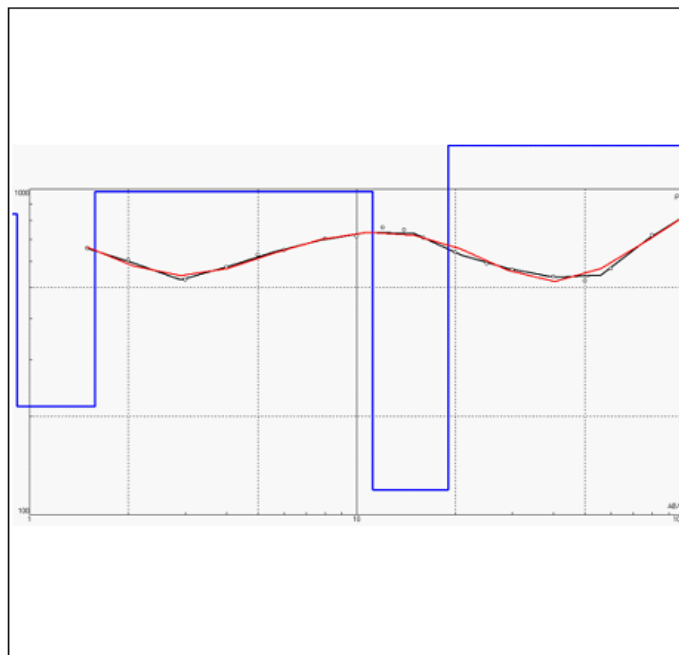
LEGENDA

- 0,0m - 4,49m: Solo siltico-agiloso seco, com aumento de umidade para a base do intervalo;
- 4,49m - 22,4m: Provável zona de de blocos isolados e/ou zona fraturada;
- 22,4m - ∞ : Rocha compacta.

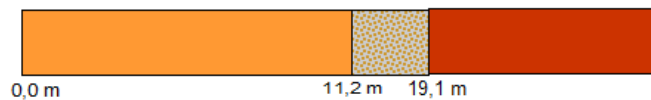
Figura 42- Curva Modelada da Fazenda Maquiné SEV1

Fazenda Maquiné SEV 2

Curva modelada



Seção geoelétrica provável



LEGENDA

- 0,0m - 11,2m: Solo siltico-agiloso seco, com aumento de umidade para a base do intervalo;
- 11,2m - 19,1: Provável zona de blocos isolados e/ou zona fraturada;
- 19,1m - ∞ : Rocha compacta.

Figura 43- Curva Modelada da Fazenda Maquiné SEV2

4.1.6.3 RECOMENDAÇÕES

Os dados dos perfis de caminhamento elétrico confirmaram a ocorrência de fraturas geológicas dentro das áreas das fazendas Maquiné e Secretário. Na Fazenda Aroeira a falha/fratura representada com base na pesquisa bibliográfica tem caráter inferido e não apresentou em campo características para sua comprovação. Nas fazendas São Carlos, São José e Maquiné ficou caracterizada em campo a ocorrência de provável zona de cisalhamento compressional de orientação NE, representada como inferida a partir da ocorrência de duas zonas de cisalhamento isoladas e alinhadas, ver mapa Geológico Local (**ANEXO 18**). As estruturas geológicas confirmadas ou inferidas nas áreas de estudo representam locais com possibilidade de risco geológico e devem ser levadas em consideração quando da construção de edificações com médio a grande porte.

Quanto aos dados das sondagens elétricas verticais (SEVs), os resultados aqui apresentados permitem concluir que o objetivo proposto foi alcançado, qual seja o de determinar a profundidade do topo da rocha e espessura de solo em vários pontos da área, as quais deram subsídios tanto para o mapeamento de solos quanto para os trabalhos de identificação das áreas de riscos.

Deve ser levado em conta que tanto variações laterais de resistividade, relevo “acidentado” da área quanto a falta de sondagens para a parametrização dos dados, contribuíram para o aumento do erro nas interpretações da SEVs.

Recomendamos, portanto, pesquisas geofísicas detalhadas, através de SEVs e caminhamento elétrico de detalhe, com sistema de malhas, para o caso de edificações nas áreas citadas.

4.1.7 MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Em muitos municípios do país tem sido frequente a ocorrência de movimentos de massa capazes de causar prejuízos de alto custo, mortes e pânico às populações.

Tal problemática, comum em ambientes montanhosos do meio tropical úmido, está diretamente associada ao processo geológico de evolução natural das encostas, que ocorre tanto em áreas de mata virgem quanto, e principalmente, em áreas urbanas degradadas. Buscando apresentar informações técnicas capazes de auxiliar na tomada de decisão quanto a implantação de edificações e espaços de convivência, foram analisados os dados geológicos de âmbito regional, aliado às informações coletadas em expedições de campo, conjuntamente com as informações proveniente das sondagens elétricas verticais (SEVs). Além destes dados, informações topográficas e geomorfológicas foram levadas em consideração (IPT, 2007).

4.1.7.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

São apresentadas as atividades de análise e setorização de risco de processos de instabilização de encostas realizadas na área do futuro complexo imobiliário hoteleiro e esportivo no município de Petrópolis, distrito de Secretário, região serrana do Rio de Janeiro.

4.1.7.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS SUPERFICIAIS OCORRENTES

Esta atividade objetivou identificar a tipologia dos processos geodinâmicos passíveis de ocorrer na área de estudo e capazes de causar acidentes. A identificação desses processos foi realizada principalmente durante as expedições de campo e nas características geomorfológicas e geológicas do meio físico.

4.1.7.3 CARTOGRAFIA DIGITAL DOS TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCO

Foram levantados dados cartográficos, topográficos (planialtimétricos), geológicos, pedológicos, geomorfológicos e de declividade, a partir de cartas temáticas em escalas 1:10.000 cedidas pelo empreendedor (JCN Patrimonial Ltda).

Trabalhos técnico-científicos publicados, juntamente com as cartas citadas, geraram subsídios necessários à caracterização geológico-geotécnica e a confecção de overlays para a geração do mapa temático da Distribuição e Classificação das Áreas de Risco (**ANEXO 21**).

4.1.7.4 METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO

Por se tratar de área montanhosa, Mapa de Elevação (**ANEXO 15**), sujeitas a eventos de instabilização de encostas considerados de natureza predominantemente natural, o enfoque norteador deste estudo é o de desastre natural. No entanto, a ação do homem está marcadamente presente, induzindo a ocorrência de processos superficiais de instabilização, principalmente por intervenções por desmatamento, criação de bovinos e cortes e aterros, que alteram as condições de estabilidade natural das encostas.

Os eventos de risco aqui tratados resumem-se a processos naturais, de movimentos de massa mobilizando solo e rocha, em encostas e ao longo de cursos d'água naturais, capazes de danificar ou causar desastres potenciais em áreas localizadas nas proximidades, dado o processo fenomenológico de ocorrência desses eventos que possui tanto uma mecânica de evolução natural, deflagrada por chuvas intensas, em períodos bem estabelecidos, associado à presença dos fatores antrópicos decorrentes da ausência de um gerenciamento adequado da paisagem, que tendem a modificar desfavoravelmente a suscetibilidade natural dos terrenos aos processos de instabilização de encostas.

Foram considerados, para a análise de risco, os seguintes condicionantes naturais: solo, geologia, declividade, fraturas e hidrografia. Cada condicionante foi dividido em classes de suscetibilidade, de acordo com sua estrutura e vulnerabilidade ao movimento de massa. As classes receberam valores de 1 (um) até 4 (quatro), dependendo da intensidade do risco. A lógica adotada foi de que quanto menor o valor da classe, menor será o risco. Os Quadros de 3 a 7 apresentam os condicionantes e a sua divisão de acordo com as classes de suscetibilidade.

Quadro 3- Declividade e suas classes de suscetibilidade.

Declividade	Classes	Valor
3-8%	Muito Baixo	1
8-20%	Baixo	2
20-45%	Médio	3
45-75%	Alto	4
>75%	Muito Alto	5

Quadro 4- Distância dos cursos d'água e suas classes de suscetibilidade.

Distância - curso d'água (m)	Classes	Valor
>100	Baixo	1
0-100	Muito Alto	4

Quadro 5- Distância das fraturas e suas classes de suscetibilidade.

Distância – Fratura (m)	Classes	Valor
>400	Baixo	1
200-400	Médio	2
100-200	Alto	3
0-100	Muito Alto	4

Quadro 6- Tipos de Solos e suas classes de suscetibilidade.

Tipo de Solo (m)	Classes	Valor
Depósitos de Várzea	Baixo	1
Latossolo Amarelo	Baixo	1
Rochoso	Médio	2

Latossolo Vermelho + Matacões	Alto	3
Latossolo Vermelho	Muito Alto	4

Quadro 7- Tipos de rochas e suas classes de suscetibilidade.

Geologia	Classes	Valor
Depósitos de Várzea	Baixo	1
Unidade Santo Aleixo	Médio	2
Batólito Serra dos Órgãos	Alto	3

A análise de risco foi feita sobre mapas digitalizados. Os mapas de hidrografia, limite da área e altimetria (equidistância de 5 metros) foram utilizados para gerar o modelo de elevação hidrologicamente consistente, o qual foi tomado como pré-requisito para originar o mapa de declividade. Para a elaboração dos mapas de suscetibilidade aos movimentos de massa, utilizou-se a ferramenta Spatial Analyst: Raster Calculator do software ArcGis10®.

A identificação das áreas de risco foi feita segundo Oliveira *et al.* (2006) no qual, por meio da aplicação de um algoritmo do tipo média ponderada (Equação (1)). O algoritmo foi aplicado a

uma estrutura matricial raster, sendo que cada célula (pixel) correspondeu a uma unidade territorial com um índice de risco (IR). O tamanho do pixel utilizado foi de 10. O mapa digital de suscetibilidade a movimentos de massa foi gerado de acordo com as classes apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Índices de risco e suas suscetibilidades.

Índice de Risco (IR)	Classes	Valor
1,0 – 1,6	Baixo	1
1,6 – 2,2	Médio	2
2,2 – 2,8	Alto	3
2,8 – 4,0	Muito Alto	4

4.1.7.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que o comportamento dos terrenos frente à erosão resulta das características intrínsecas dos elementos do meio físico, onde a deflagração dos processos é determinada pelo tipo de uso do solo, pode-se dizer que uma área de baixa ou média suscetibilidade à erosão pode vir a desenvolver processos erosivos de grande magnitude se o uso nela estabelecido tiver uma alta capacidade de indução à erosão, tornando-a, assim, uma área de alto risco. As áreas de alta e muito alta suscetibilidade poderão ser consideradas de médio e baixo risco se o tipo de uso do solo oferecer certa proteção, diminuindo a indução aos processos erosivos.

O Mapa Temático de Distribuição e Classificação das Áreas de Risco (**ANEXO 21**) apresentou três classes, sendo elas de alto, médio e baixo risco, que foram mapeadas dentro dos limites de cada uma das seis Fazendas. No geral, as áreas apresentaram um grau de risco de baixo a médio, exceção apenas para a Fazenda Aroeira (porção S da área), que apresentou alto risco na sua porção SE.

Assim, o uso e ocupação, como variável dinâmica, exerce papel importante na determinação das áreas de risco de erosão, processo catalisador de deslizamentos de encostas. Na medida em que ocorrem transformações na paisagem, ou seja, substituição de áreas com cobertura vegetal natural por atividades agrícolas e/ou expansão de áreas urbanas, e que não há um planejamento adequado, os diferentes tipos de uso poderão contribuir em diferentes níveis para o potencial de indução à erosão e, conseqüentemente, a riscos geológicos potenciais.

Estas recomendações estão voltadas especialmente para o controle das feições erosivas instaladas (voçorocas) e para evitar a deflagração de novos processos e estão baseadas em leis ambientais que servem de suporte para a orientação do planejamento e constituem instrumentos de fiscalização para a manutenção adequada do uso do solo.

4.1.7.6 CONCLUSÃO

A análise integrada dos condicionantes naturais e antrópicos responsáveis pela deflagração dos processos erosivos é fundamental para a indicação de áreas favoráveis e com restrições à ocupação. Por isso a investigação detalhada do meio físico, dos processos e dos tipos de usos que atuam diretamente no desenvolvimento da erosão, conseqüentemente provocando situações de degradação ambiental constituem a chave para a identificação das áreas de risco.

A aplicação da metodologia para a geração do Mapa Temático de Distribuição e Classificação das Áreas de Risco apresentou resultados importantes para a determinação de um plano de prevenção de erosão, o qual deve fazer parte do planejamento de implantação do complexo imobiliário hoteleiro e esportivo, considerando o disciplinamento legal do uso e

ocupação do solo, além da elaboração de um código de obras específico para o controle da erosão e recuperação de áreas degradadas.

4.1.8 CARACTERIZAÇÃO DOS POSSÍVEIS PROCESSOS EROSIVOS, DE SEDIMENTAÇÃO, ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS E ENCHARCAMENTO (RISCO HIDROMETEOROLÓGICO)

Apresenta-se neste item a avaliação e caracterização dos processos erosivos, de sedimentação e estabilização dos solos para a área de estudo, onde se procurou averiguar a ocorrência dos processos atuais. Assim, no bojo da relação de processos geomorfodinâmicos passíveis a serem verificados na área de estudo, aborda-se também neste relatório a indicação das áreas sujeitas a alagamentos ou encharcamentos, caracterizando assim, em sua totalidade os riscos hidrometeorológicos na área de estudo.

Cabe ressaltar que os processos geomorfodinâmicos presentes na área do empreendimento estão intimamente relacionados aos processos geológicos naturais que buscam o equilíbrio de suas estruturas e as atividades antrópicas, com a implementação de pastagens e abertura inadequada de vias de acesso. Estas são as causas ou agentes da aceleração/intensificação dos processos geomorfodinâmicos, ou mesmo, no desencadeamento de novos fenômenos (processos erosivos e movimentos coletivos de massa), cujos efeitos podem se manifestar sobre a paisagem geomorfológica local.

Caracteriza-se, a seguir, os locais, formas, dinâmica e resultados na paisagem geomorfológica local, nos quais os processos morfodinâmicos pretéritos e atuais se manifestam na área de estudo.

4.1.8.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO

A região do empreendimento apresenta a maior parte das áreas com relevo caracterizado por fortes declives, conformadas essencialmente por cristas retilíneas e encostas montanhosas, associadas a vales curtos e pouco profundos. Tais aspectos morfológicos e

morfográficos são ratificados pelas informações contidas no Mapa de Elevação (**ANEXO 15**) e no Mapa de Declividade (**ANEXO 16**) da área de estudo.

Os processos erosivos na área de estudo atuam de modo mais acentuado em setores com a presença de solos com pouca cobertura vegetal, associados a encostas com declividades onduladas a fortemente onduladas.

As formas de relevo da área de estudo são passíveis da ocorrência das tipologias de processos erosivos listadas no Quadro 9.

Quadro 9- Relação de tipologias, processos, causas e seus potenciais efeitos na paisagem geomorfológica da área de estudo.

Tipologia	Processo	Escoamento	Potenciais Efeitos na Paisagem
Laminares	Escorregamentos de Pequenas Proporções.	Escoamento Superficial Difuso (<i>runoff</i>) em associação com escoamento sub superficial	Remoção da camada superficial do solo dos topos e vertentes e deposição nos setores mais rebaixados do relevo. Mudanças morfológicas do relevo.
Híbridos/Complexos	Voçoramento	Escoamento superficial difuso (<i>runoff</i>) em associação com escoamento sub superficial e ao substrato rochoso	Remoção da camada superficial e sub superficial do solo das vertentes e deposição em setores mais rebaixados do relevo. Mudanças morfológicas do relevo.

Na área analisada constatou-se a ocorrência de pequenos escorregamentos associados a cortes de estradas e processos de voçorocamento em encostas com declividades acentuadas utilizadas como pastagem.

Tal quadro contribui para o surgimento destas feições erosivas, que comparativamente ocorrem de maneira restrita na área de estudo demonstrando variabilidade na associação dos processos geradores.

Tais fenômenos estão registrados no Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**) e seguem exemplificados por meio das Figuras 44 e 45 a seguir.



Figura 44- Início de processo erosivo de tipologia laminar (linha em vermelho) em área montanhosa, com índices de declividade entre 20-45°.



Figura 45- Processo erosivo de tipologia híbrido/complexo em área de relevo ondulado, com índices clinométricos entre 8-20°, onde observa-se o alargamento das feições da voçoroca.

Na área de estudo foram identificados fenômenos caracterizados como voçorocas ativas em função da considerável instabilidade dos materiais, quando associadas a declividades moderadas a fortes e também com a estruturação do bandamento do substrato rochoso sendo suficiente para acelerar a propagação deste processo erosivo.

Contudo, há de se destacar que a partir das informações e observações em campo e no escritório, de forma geral, a incidência de processos erosivos é baixa para a área de estudo, com exceção da porção sul, conforme demonstrado no Mapa Geológico Local (**ANEXO 18**), onde foi mapeada a maior concentração de voçorocas ativas. Este processo erosivo condiz com as unidades geomorfológicas do tipo forte ondulado, denotando assim elevado risco hidrometeorológico nestas áreas.

4.1.8.2 CARACTERIZAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO DOS SOLOS

Quanto aos processos de sedimentação (colmatação), cabe destacar que estes estão diretamente relacionados à disponibilidade de materiais depositados ao longo das vertentes ou a áreas próximas aos fundos de vale, que por processos de transporte difuso e/ou concentrados acabam sendo carregados em direção aos canais de drenagem fluvial.

O assoreamento dos canais de drenagem vai depender também de variáveis físicas, mais precisamente, no que condiz às características dos materiais disponíveis para transporte, especificamente, sua origem, formato, granulometria e densidade.

A resposta do sistema hidrológico local em relação às entradas no sistema de sedimentos vai se configurar na sua maior ou menor capacidade de transporte, que depende também diretamente da quantidade de água que participa do sistema. A verificação da intensidade de processos erosivos nas encostas, em especial, os derivados de fluxos laminares, estará relacionada intimamente às condições de uso e ocupação do solo característico para a bacia hidrográfica como todo.

No geral, a área de estudo apresenta poucos pontos relacionados à ocorrência de processos de sedimentação. Estes são mais representativos no trecho da área que acompanha o vale do rio da Maria Comprida, onde os valores clinométricos (declividade) são menores. Mapa de Declividade (**ANEXO 16**)

Normalmente, a colmatação age de forma contínua e lenta a partir das bordas para o centro das áreas afetadas, e ocorre principalmente em corpos hídricos com baixa energia para carregamento das partículas transportáveis. Embora se trate de processo natural, as ações antrópicas intensificam a tendência de sedimentação/ colmatação de corpos hídricos localizados, preferencialmente, nas porções mais baixas do relevo. Assim, de acordo com a avaliação ora apresentada, pode-se afirmar que a área de estudo apresenta acumulação fluvial de maior risco hidrometeorológico na calha do rio da Maria Comprida já que os demais locais com possível ocorrência de sedimentação são as inseridas nos relevos ondulados e com energia mais elevada dificultando este processo de sedimentação.

4.1.8.3 ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

A possibilidade de ocorrência de movimentos de massa (solo) de caráter rúptil na área de influência do empreendimento está de forma intrínseca relacionada às características geológicas regionais, tendo como um fator catalisador as interferências antrópicas desenvolvidas de forma a não respeitar os limites e limiares inerentes aos materiais constituintes das formas de relevo.

Na área de estudo, apresentam maior potencialidade para desestabilização dos solos os setores referentes às encostas dos relevos com forte declive (Mapa de Declividade – **ANEXO 16**) são nestes setores que se observam a ocorrência de cicatrizes ou marcas ligadas a movimentos gravitacionais (Figura 46). Estas marcas estão relacionadas ao processo de instabilização dos materiais pedológicos, visto que foram expostos aos agentes erosivos pluviais e gravitacionais.



Figura 46- Linha tracejada mostra cicatriz de provável movimento gravitacional associado a corte de estrada. Porção noroeste da Fazenda Aroeira.

A tipologia relacionada a tais eventos morfodinâmicos nada mais são que a reação do sistema morfológico em busca de novos perfis de equilíbrio frente às modificações impostas a geometria das formas e das estruturas físicas inerentes aos materiais geopedológicos buscando organizarem-se de forma estável.

Assim, no que condiz a estabilização do solo da área de estudo pode-se avaliar a partir dos dados geomorfológicos, que há considerável estabilidade estrutural apresentada pelo solo, onde o risco hidrometeorológico tende a ser baixo, em áreas localizadas nos altos topográficos não rochosos, portanto, áreas mais aptas do ponto de vista da estabilidade dos solos para a implantação do empreendimento.

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

4.1.8.4 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÃO

Por meio das análises dos produtos cartográficos da área em questão em consonância com as observações e informações levantadas em campo, pode-se indicar como áreas de maior potencial à ocorrência de alagamentos ou encharcamentos, os setores constituídos pelo canal de drenagem fluvial do rio da Maria Comprida (Mapa de Declividade – **ANEXO 16**).

A calha fluvial do rio da Maria Comprida, configura-se do ponto de vista morfológico como o setor territorial da área de estudo de maior risco hidrometeorológico em relação a encharcamentos ou alagamentos, sendo assim, menos aptos à implantação do empreendimento.

4.1.8.5 CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO TERRENO E SEU ENTORNO, INCLUSIVE AS ÁREAS BREJOSAS OU ENCHARCADAS, INTERMITENTES OU NÃO.

As bacias hidrográficas da região do empreendimento foram definidas tomando o exutório mais a jusante, dentro de cada empreendimento e respeitando a topografia local para seu traçado. Assim, foram definidas 11 bacias, apresentadas na Figura 50.

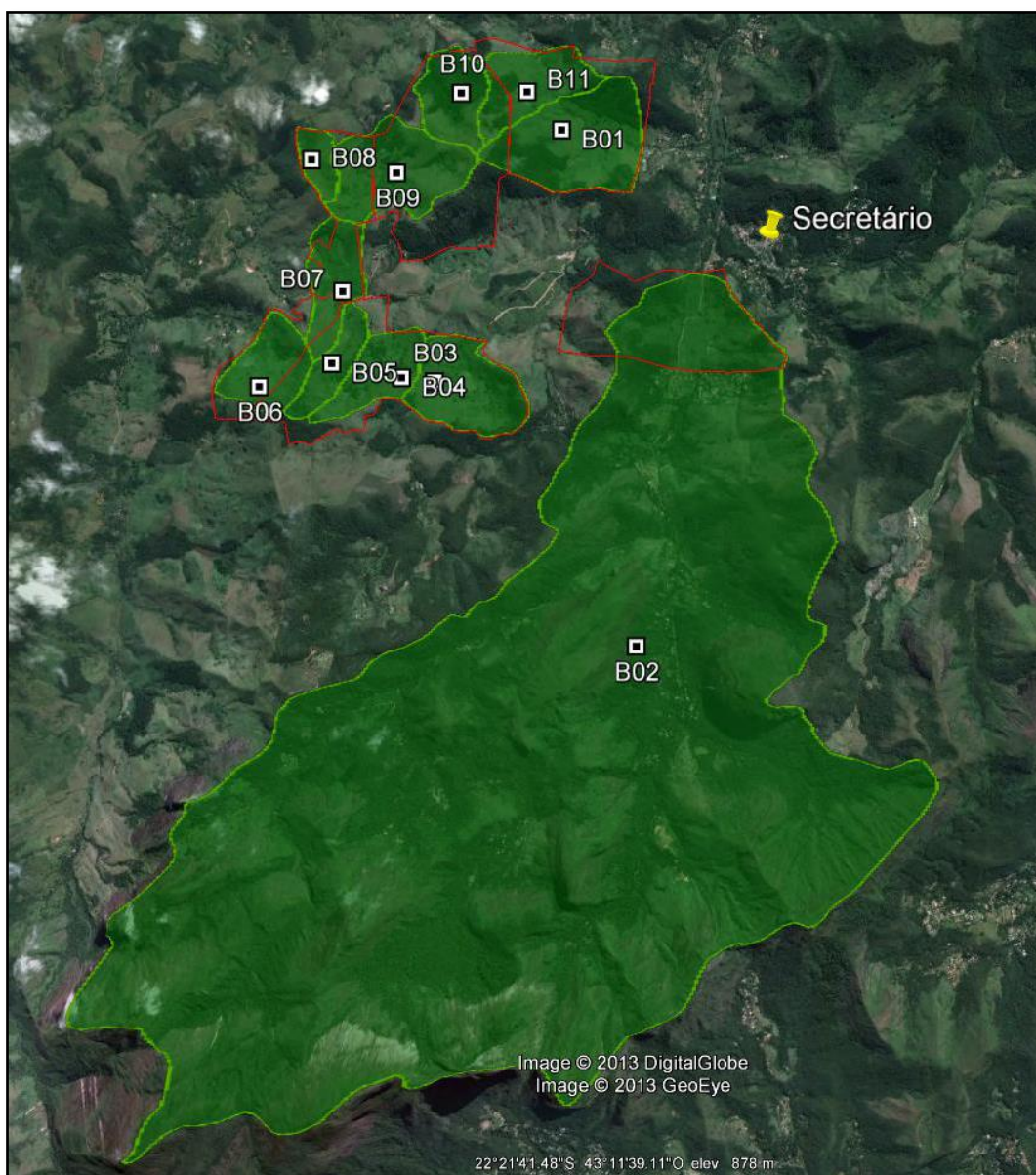


Figura 50: Bacias hidrográficas da região (Fonte: *Google Earth*).

Para determinação das vazões de cheia dos rios afluentes ao empreendimento, foi utilizado um software desenvolvido na UFRJ, o Sistema HIDROFLU, capaz de calcular o tempo de concentração e elaborar a chuva de projeto. Mais informações sobre o software estão disponíveis no **ANEXO 25**.

4.1.8.5.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA A QUAL O EMPREENDIMENTO SE ENCONTRA

O Mapa georreferenciado da Bacia Hidrográfica, na qual se encontra o empreendimento, está disponível no **ANEXO 26**.

4.1.8.5.2 CÁLCULO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração é usualmente utilizado, dependendo da metodologia considerada, para o cálculo de hidrogramas ou de vazões máximas de projeto. Em bacias de pequeno porte, a chuva crítica é, frequentemente, definida como aquela que apresenta duração igual ao tempo de concentração da bacia. Neste projeto, foi utilizada, para o cálculo do tempo de concentração de cada bacia, a Fórmula de George Ribeiro.

Fórmula de George Ribeiro

$$t_c = \frac{16 \cdot L}{(1,05 - 0,2 \cdot p) \cdot (100 \cdot S)^{0,04}}$$

onde:

L – comprimento do rio principal da bacia (km);

p – percentagem da bacia com cobertura vegetal (adotado 0,80 para todas as bacias);

S – declividade média da bacia (m/m).

4.1.8.5.3 CÁLCULO DA CHUVA DE PROJETO

A chuva de projeto foi elaborada considerando as seguintes hipóteses:

- tempo de recorrência de 25 anos;

- duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia;
- intensidade de chuva calculada a partir da equação IDF do posto pluviométrico de Fagundes;
- distribuição espacial da chuva homogênea sobre toda a bacia;
- distribuição temporal da chuva calculada a partir do Método SCS.

O tempo de recorrência adotado para calcular a chuva de projeto foi de 25 anos, considerando a recomendação do Ministério das Cidades para estudos e projetos de macrodrenagem (Brasil, 2004).

Para o cálculo da chuva de projeto, utilizou-se a equação IDF calculada para a estação pluviométrica de Fagundes, cuja localização está detalhada no **Quadro 18** e apresentada na 51.

Quadro 18- Dados de localização da Estação Fagundes

Nome:	Fagundes
Código:	2243014
Latitude:	-22.2997
Longitude:	-43.1781

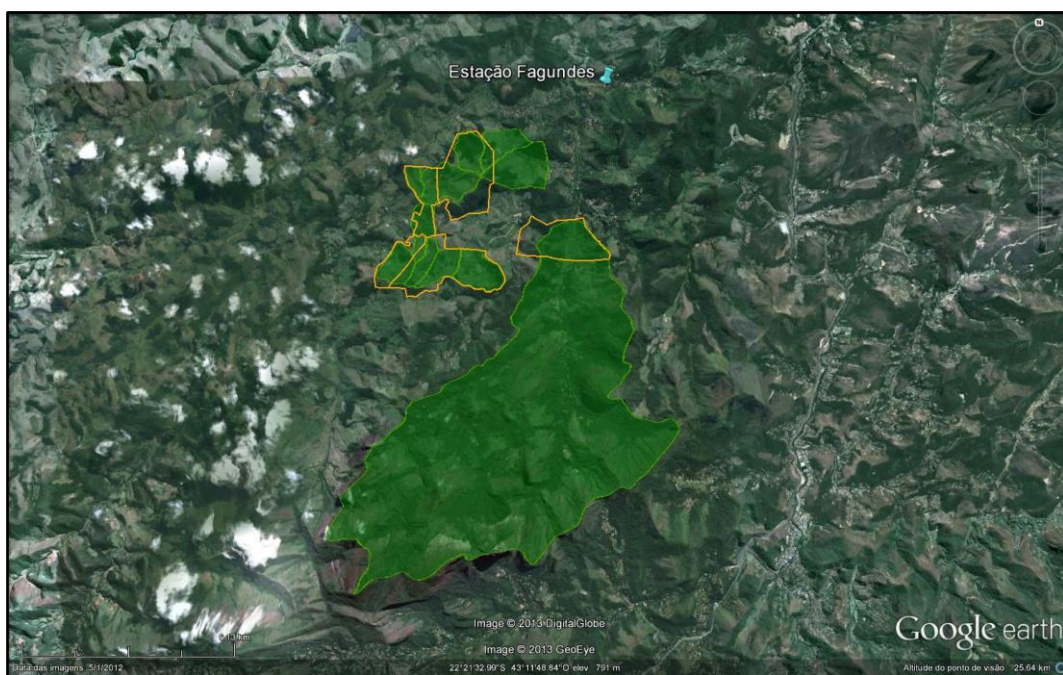


Figura 51: Estação Pluviométrica de Fagundes.

Fonte: *Google Earth*

Esta estação está localizada a cerca de 5 km da sede do empreendimento, no município de Petrópolis (RJ), sob responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA) e operada pela CPRM Serviços Geológico do Brasil. Sua série histórica data de Julho de 1938 à Junho de 2011 e apresenta valores diários de chuva.

A equação IDF elaborada para o posto pluviométrico de Fagundes foi:

$$i = \frac{540,05 \cdot T^{0,2}}{(t + 8)^{0,66}}$$

onde:

i = intensidade da precipitação pluviométrica (mm/h)

T = Tempo de Recorrência (anos)

t = duração da precipitação pluviométrica (min)

As planilhas que apresentam a distribuição estatística da chuva e a determinação dos parâmetros da equação IDF estão apresentados no Anexo 2.

O método de separação da chuva efetiva adotado foi o *Soil Conservation Service* (SCS), considerando como valor para Curva Número (CN), médio para toda a bacia, 70.

Tendo como base todos os pontos descritos anteriormente, foram obtidas as vazões de cheias (Q_{cheia} TR25) dos afluentes ao empreendimento, com auxílio do Sistema HIDROFLU, as quais estão apresentadas no **Quadro 19**.

Quadro 19- Vazão de cheia dos afluentes ao empreendimento

Bacia	Área (km ²)	Comprimento do rio principal (km)	Declividade do rio principal (m)	Tempo de concentração (min)	Q _{cheia} TR25 (m ³ /s)
B01	1,41	1,773	0,1720	30	3,25
B02	33,24	11,293	0,0762	190	84,06
B03	0,98	1,13	0,0575	19	1,44
B04	0,57	1,112	0,1268	18	0,76
B05	0,39	1,172	0,1024	20	0,61
B06	0,71	0,542	0,0923	10	0,13
B07	0,62	0,594	0,0303	11	0,21
B08	0,27	0,79	0,2177	13	0,17
B09	1,21	1,121	0,1231	19	1,78
B10	0,71	0,774	0,0775	13	0,46
B11	0,81	0,538	0,1022	10	0,15

4.1.8.6 CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA (CLIMA, ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO, PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS, MÉDIAS E DISTRIBUIÇÃO ANUAL, TEMPERATURA MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, UMIDADE RELATIVA DO AR, VENTOS PREDOMINANTES, DIREÇÃO E VELOCIDADE DOS VENTOS, DISTRIBUIÇÃO E FREQUÊNCIA)

4.1.8.6.1 CLIMA

A Região Sudeste, é a região brasileira que possui a maior variedade de tipos de clima. Isso ocorre, especialmente, pela formação geomorfológica, que interfere na dispersão das massas e correntes de ar, e pelo gradiente latitudinal, que proporciona uma variedade de temperaturas e grau de insolação na região.

Dessa forma, desde o clima subtropical da região sul, até o clima semi-árido, do nordeste, podem ser representados no sudeste brasileiro.

O planalto de serras do Leste-Sudeste se caracteriza por serras acidentadas e com picos acima de 2000 metros, relevo este que, por causa da altitude, proporciona uma redução das temperaturas médias, amenizando o clima tropical úmido, característico do Estado do Rio de Janeiro.

Segundo os estudos de Zoneamento Ambiental da APA Petrópolis (Ecotema, 2003), verifica-se que, especificamente sobre a Serra do Mar, o clima tropical de altitude é predominante. O relevo, extremamente acidentado, com a ocorrência de grandes desvios de altitude funciona como um paredão orográfico às massas do litoral fluminense. Dessa forma, massas de ar quente-úmidas são bloqueadas, concentradas e obrigadas a ascender a grandes altitudes, muitas vezes maior do que 2000m.

Sendo assim, o clima local é caracterizado por uma transição entre os climas quentes das latitudes baixas e mesotérmico do tipo temperado das latitudes médias.

Nessa situação, o contato das massas de ar litorâneas com o ar frio da região alto-serrana, ocasionam o desencadeamento das chuvas e tempestades, que são constantes sobre a Serra do Mar. Essas chuvas no período dos meses de verão são muito concentradas e, implicam, em muitas vezes em situações de calamidade pública na região de Petrópolis.

O clima local é classificado, segundo Köppen, como Cwb – tropical de altitude, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano. A estação chuvosa é bem definida, embora não ocorra seca, registrando-se as maiores precipitações de outubro a abril, sendo dezembro, janeiro e fevereiro o trimestre mais chuvoso, devido à atuação das frentes e das chuvas de verão. Nos meses de inverno, entre junho e agosto, registram-se as menores precipitações em toda a região. A seguir, na Figura 52, encontra-se o diagrama ombrotérmico da estação de Petrópolis.

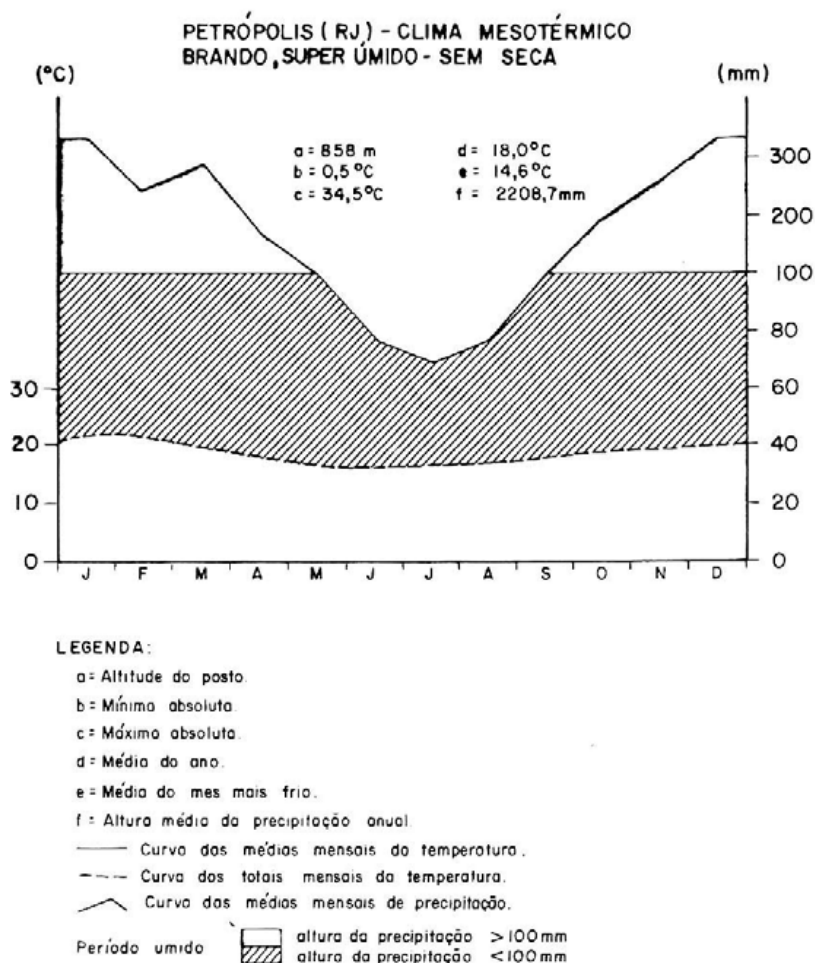


Figura 52- Diagrama Ombrotérmico de Petrópolis segundo Gaussen.

Fonte: Revista Brasileira de Geografia – 1972 (IBGE).

4.1.8.6.2 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

O índice pluviométrico refere-se à quantidade de chuva (em mm) por metro quadrado em determinado local e em determinado período. Para determinação do índice pluviométrico da região, foram utilizados dados do posto de Fagundes, cuja localização já fora apresentada no item “4.2” deste relatório. Obteve-se, para o posto em questão, uma série histórica total

de 74 anos, dos quais, depois de descartadas as inconsistências, foram utilizados 56 anos de medições.

O índice pluviométrico anual para a região do empreendimento, considerando a média de 56 anos, corresponde a 1.148,07mm. O período chuvoso compreende os meses de novembro a março, com índices pluviométricos mensais superiores a 100mm. Já o período mais seco, com índice inferior a 30mm, compreende os meses de junho a agosto. A variabilidade ao longo do ano, com base nos dados analisados, está apresentada no **Quadro 20** e a planilha de cálculo está apresentada no **Quadro 21**.

Quadro 20- Índice pluviométrico

Mês	Índice pluviométrico (mm)
Janeiro	221,47
Fevereiro	142,18
Março	130,10
Abril	55,45
Maiο	36,41
Junho	17,15
Julho	22,47
Agosto	20,37
Setembro	53,31
Outubro	93,99
Novembro	143,91
Dezembro	211,27
Total anual	1.148,07

Quadro 21- Cálculo do Índice pluviométrico

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	SOMA
1939	304.30	116.40	107.50	25.80	34.50	25.70	24.70	7.80	27.30	17.00	177.70	292.90	1161.60
1940	486.20	94.40	180.20	74.20	31.60	19.10	4.20	20.30	40.10	175.50	232.90	226.10	1584.80
1941	276.80	60.80	223.60	49.50	77.30	30.70	27.30	5.00	213.00	116.90	144.90	282.80	1508.60
1942	203.40	135.70	128.20	71.50	71.20	19.10	94.40	16.60	52.50	131.60	153.50	140.70	1218.40
1943	473.30	166.00	95.80	59.20	17.20	53.10	3.60	44.40	73.60	155.70	47.10	229.80	1418.80
1944	298.60	235.80	142.50	58.20	37.90	10.20	19.80	0.40	7.50	43.60	124.60	209.70	1188.80
1945	421.20	206.00	275.80	74.60	47.70	67.50	4.30	13.40	35.00	54.10	180.30	297.80	1677.70
1947	138.60	45.00	214.20	19.40	3.10	7.60	26.80	16.90	12.80	27.80	61.30	226.70	800.20
1955	245.80	75.60	99.80	58.50	34.20	14.20	0.00	0.00	3.40	56.10	219.00	198.80	1005.40
1956	76.00	152.90	89.30	31.10	77.20	19.80	21.50	27.50	63.10	136.70	39.40	190.80	925.30
1957	156.80	161.00	153.30	126.70	9.60	5.30	40.40	7.20	100.30	15.70	115.00	140.70	1032.00
1958	157.60	82.30	73.80	110.00	88.50	16.70	26.00	3.30	139.90	122.70	110.70	377.00	1308.50
1959	234.00	37.90	152.40	0.00	29.70	0.00	4.20	61.40	1.30	21.90	159.90	114.70	817.40
1960	115.70	246.00	227.50	17.00	44.00	13.60	0.00	9.10	22.00	32.30	179.60	204.30	1111.10
1961	156.20	149.90	86.70	30.30	29.00	9.50	5.30	0.00	0.00	25.80	82.70	149.30	724.70
1962	136.10	174.60	33.00	35.10	22.00	4.20	2.10	24.10	49.20	99.40	136.40	152.50	868.70
1964	193.10	229.00	27.80	28.50	35.20	8.60	56.40	8.50	22.40	137.80	81.10	205.90	1034.30
1965	219.40	217.20	162.70	127.20	85.40	32.20	22.30	21.60	24.00	61.80	211.10	393.70	1578.60
1966	234.40	53.10	134.80	42.20	38.20	10.80	22.80	16.60	37.50	149.90	111.20	170.80	1022.30
1967	302.10	124.20	213.20	82.00	0.00	20.40	12.10	0.00	14.20	111.00	127.40	176.20	1182.80
1968	116.10	88.80	90.80	22.00	6.00	0.00	55.00	37.40	51.80	100.30	70.60	296.60	935.40
1969	369.40	75.40	126.80	27.40	8.00	51.10	40.40	55.80	52.00	150.20	151.80	156.00	1264.30
1970	143.40	160.00	115.20	68.80	10.00	5.00	59.10	71.60	95.30	132.40	73.50	96.50	1030.80
1971	94.40	73.20	111.80	38.60	23.70	77.80	1.00	22.00	69.00	114.20	179.40	207.00	1012.10
1972	174.40	203.60	172.80	44.80	14.00	1.20	81.00	52.00	48.20	157.40	183.90	166.40	1299.70
1973	163.50	134.20	89.10	103.00	44.70	15.00	25.10	31.20	16.70	213.70	163.70	170.80	1170.70
1974	207.20	60.90	122.30	95.40	32.90	54.00	0.00	2.50	0.00	156.40	66.50	326.20	1124.30
1975	322.00	228.70	8.40	27.10	36.40	3.90	23.70	0.00	45.20	135.00	304.50	88.30	1223.20
1976	203.40	179.90	113.20	6.60	61.50	28.50	27.80	49.20	157.80	161.80	213.80	212.20	1415.70
1977	252.60	17.40	154.30	72.40	1.00	2.00	5.80	0.90	128.60	60.60	298.10	240.10	1233.80
1978	399.70	227.90	121.90	17.30	41.00	23.10	38.20	22.40	43.20	88.10	208.20	177.10	1408.10
1979	171.20	387.10	133.10	79.40	52.90	7.10	42.70	98.70	79.10	86.50	187.40	211.20	1536.40
1985	342.60	192.80	205.60	13.80	40.40	12.80	0.00	36.40	57.80	94.70	116.80	253.60	1367.30
1986	138.60	130.80	193.60	73.80	36.80	4.20	26.80	86.80	39.60	10.60	76.20	270.80	1088.60
1987	170.90	166.40	120.20	133.60	93.50	31.30	6.40	3.60	48.40	76.40	48.80	262.60	1162.10
1988	209.00	392.80	141.40	139.00	53.30	0.00	0.00	0.00	0.00	116.90	78.00	202.60	1333.00
1989	117.70	202.00	92.40	63.80	44.60	46.50	41.70	5.40	85.50	24.50	98.90	107.10	930.10
1990	99.70	92.60	72.50	78.90	64.00	0.00	13.50	32.80	40.70	45.90	59.50	93.60	693.70
1991	193.90	59.80	208.20	40.60	26.60	6.10	22.60	0.00	46.90	52.50	44.00	158.20	859.40
1992	234.90	68.80	9.10	38.90	21.60	9.20	7.10	11.00	104.00	83.60	126.60	92.80	807.60
1994	125.50	7.30	152.20	35.90	48.80	16.30	0.00	0.00	0.00	43.50	103.50	155.90	688.90
1995	185.50	94.90	55.00	56.90	31.60	18.80	17.60	0.00	84.30	150.70	164.60	316.10	1176.00
1996	217.10	136.80	171.20	3.40	7.00	14.20	0.00	24.50	240.90	60.70	291.50	229.40	1396.70
1998	53.90	195.40	51.10	61.20	80.10	4.10	0.00	19.60	19.90	149.50	139.20	193.50	967.50
1999	211.00	199.20	82.80	20.80	10.80	29.00	26.70	0.00	4.30	80.20	126.80	220.50	1012.10
2000	216.70	25.80	157.90	30.70	16.30	0.00	14.70	56.60	65.90	72.90	112.00	218.30	987.80
2001	166.30	250.60	220.00	72.70	62.30	3.50	0.00	11.40	10.90	80.00	123.00	416.60	1417.30
2002	243.00	132.30	112.90	0.00	80.20	4.40	32.40	32.50	124.60	38.20	139.60	341.80	1281.90
2003	410.60	49.90	201.70	81.30	21.80	0.00	12.20	50.50	23.20	153.20	190.50	103.50	1298.40
2004	127.10	250.10	99.80	78.60	32.60	34.90	49.00	1.40	27.50	127.90	207.40	261.80	1298.10
2005	227.10	100.30	117.50	82.90	37.90	23.70	19.10	0.00	37.30	50.60	97.80	190.90	985.10
2006	102.00	138.70	106.10	9.00	35.10	9.80	15.90	4.70	47.90	52.10	182.30	159.40	863.00
2007	460.60	79.00	93.60	34.80	16.40	4.20	7.40	0.00	4.10	66.30	149.00	163.40	1078.80
2008	195.50	206.90	142.60	132.00	1.20	5.10	6.60	13.50	45.20	110.30	193.80	227.10	1279.80
2009	300.20	139.90	95.70	32.20	24.60	25.50	60.20	1.40	76.80	160.90	215.90	275.10	1408.40
2010	206.10	47.80	200.50	66.50	6.10	0.00	60.40	0.60	23.50	111.70	175.90	186.80	1085.90
Média	221.47	142.18	130.10	55.45	36.41	17.15	22.47	20.37	53.31	93.99	143.91	211.27	1148.07

A Figura 53 permite comparar o índice pluviométrico anual – valor médio – com os valores obtidos ao longo da série histórica analisada.

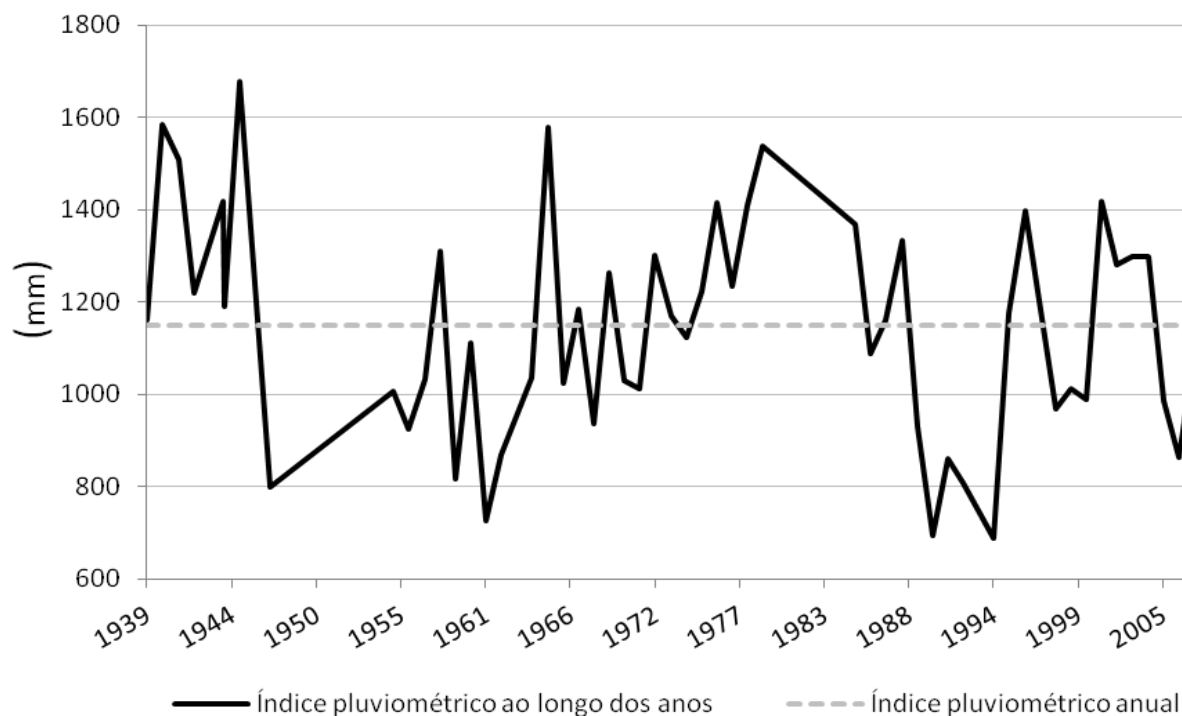


Figura 53- Índice pluviométrico ao longo da série histórica analisada.

O empreendimento está localizado depois da Serra de Petrópolis, na chamada região de encosta de sotavento. As regiões de sotavento tendem a ter índices pluviométricos menores que na encosta de barlavento. Isso ocorre porque a umidade, vinda da corrente de ar que sopra do oceano para o continente, tem dificuldade de ultrapassar a Serra de Petrópolis, precipitando antes.

Essa característica hidrológica foi fundamental para a escolha da estação pluviométrica, definida como a estação de Fagundes, que, diferente de outras existentes na área de estudo, se encontra na encosta menos úmida da montanha.

4.1.8.6.3 PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS MENSAIS

Os valores de precipitações máximas mensais na região do *Complexo Imobiliário Hoteleiro Esportivo* foram estabelecidos a partir da observação do maior valor de chuva diária, encontrado em cada mês da série histórica analisada. Além disso, também foram calculadas as médias mensais. O **Quadro 22** e o **Quadro 23** apresentam, respectivamente, estes resultados e a Figura 49 apresenta, de forma sucinta, a comparação entre os mesmos. A planilha de cálculo está no **Quadro 24**.

Quadro 22- Máxima precipitação (mm/dia) ao longo dos meses.

Mês	Máxima Precipitação (mm/dia)	Ano de ocorrência
Janeiro	134,3	1943
Fevereiro	91,0	1978
Março	126,0	1945
Abril	78,0	1958
Maio	57,2	1987
Junho	33,7	2004
Julho	43,8	1972
Agosto	44,0	1979
Setembro	70,6	1996
Outubro	83,0	1956
Novembro	91,4	1960
Dezembro	106,0	1974

Quadro 23- Precipitação média (mm/dia) ao longo dos meses.

Mês	Precipitação Média (mm)
Janeiro	51.18
Fevereiro	35.99
Março	40.09
Abril	24.45
Maio	17.97
Junho	9.51
Julho	11.02
Agosto	11.13
Setembro	20.46
Outubro	30.85
Novembro	37.44
Dezembro	48.22

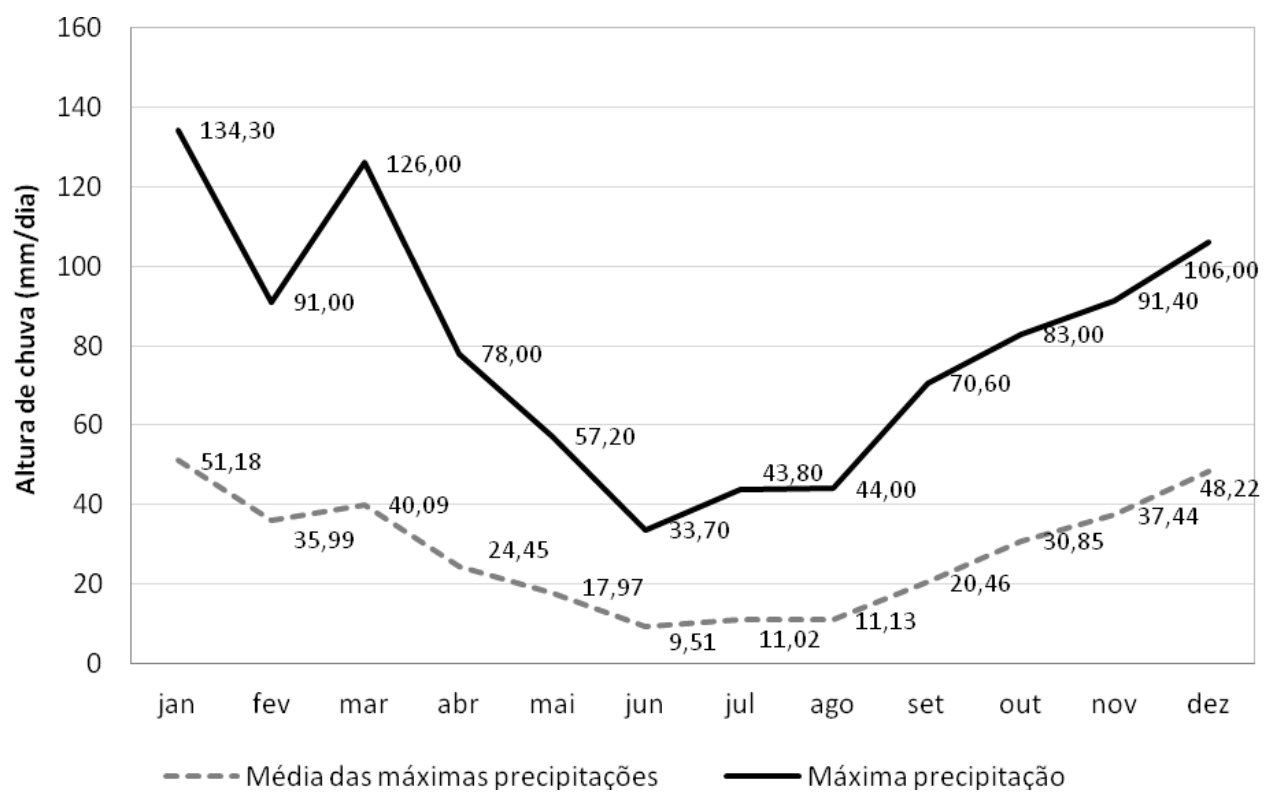


Figura 54- Índice pluviométrico ao longo da série histórica analisada

COMPLEXO IMOBILIÁRIO HOTELEIRO ESPORTIVO - PETRÓPOLIS

Quadro 24- Planilha de Cálculo da Precipitação Máxima Mensal

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	MÁXIMA
1939	63.90	33.40	38.20	13.80	8.50	12.30	10.00	7.80	8.80	6.90	42.40	55.00	63.90
1940	89.80	23.00	45.70	34.00	21.40	16.20	2.80	11.50	22.50	33.00	35.50	43.60	89.80
1941	77.50	9.80	66.60	16.20	31.00	12.40	19.30	5.00	38.30	37.00	53.20	50.60	77.50
1942	81.40	33.20	22.00	24.00	38.60	16.70	39.50	6.00	21.40	48.00	40.60	24.70	81.40
1943	134.30	36.00	22.30	22.50	13.90	21.80	3.60	23.50	27.30	33.20	16.50	31.00	134.30
1944	75.00	49.80	43.40	25.00	15.60	6.00	10.60	0.40	7.50	18.50	24.90	39.10	75.00
1945	80.00	43.10	126.00	20.50	21.40	19.10	3.30	7.50	13.00	10.80	59.30	57.00	126.00
1947	23.40	12.30	43.10	8.50	1.30	3.10	16.20	7.00	3.20	6.20	10.80	20.50	43.10
1955	94.40	25.00	28.00	18.00	14.00	9.60	0.00	0.00	3.40	14.10	42.80	71.00	94.40
1956	68.00	40.20	30.20	14.00	25.60	9.00	4.80	16.80	19.40	83.00	17.00	40.60	83.00
1957	36.80	49.00	31.60	30.60	2.30	3.20	8.00	4.00	38.00	4.60	23.20	21.60	49.00
1958	45.00	22.20	13.60	78.00	18.20	14.60	14.20	2.10	30.00	43.00	22.10	71.60	78.00
1959	39.60	14.80	40.20	0.00	11.00	0.00	4.20	19.00	0.70	7.40	57.40	32.40	57.40
1960	25.60	42.60	91.80	8.20	11.00	5.20	0.00	5.00	9.40	9.20	91.40	57.00	91.80
1961	27.00	38.60	26.40	14.20	12.00	4.20	3.20	0.00	0.00	13.00	22.20	35.00	38.60
1962	28.40	24.20	18.20	20.40	9.40	4.20	2.10	24.10	14.20	17.40	30.20	18.40	30.20
1964	21.20	28.20	8.60	10.40	15.20	6.20	20.20	6.40	18.20	24.20	24.00	35.40	35.40
1965	35.60	34.20	24.20	22.40	35.60	14.60	10.40	15.40	15.60	40.60	37.60	103.20	103.20
1966	39.20	9.20	30.60	18.40	15.40	7.20	10.40	8.40	25.00	38.00	24.10	55.00	55.00
1967	36.80	30.70	74.80	49.20	0.00	10.00	5.20	0.00	6.40	43.80	84.00	22.40	84.00
1968	31.40	20.00	53.20	22.00	4.00	0.00	31.00	21.40	24.20	24.00	23.00	95.00	95.00
1969	68.00	27.60	25.40	17.00	8.00	15.20	16.40	41.40	32.00	49.00	36.20	49.80	68.00
1970	26.80	41.00	37.00	33.60	10.00	3.00	19.00	25.20	45.00	55.00	23.40	28.80	55.00
1971	22.20	25.00	26.00	15.80	19.20	30.20	1.00	6.00	29.40	27.40	36.00	40.80	40.80
1972	35.80	44.00	52.00	11.00	8.40	1.20	43.80	26.60	16.80	43.20	48.00	32.40	52.00
1973	37.20	41.00	31.20	42.20	23.60	15.00	22.40	26.00	6.80	62.00	51.20	34.00	62.00
1974	34.20	47.40	31.00	55.00	12.60	23.90	0.00	2.30	0.00	60.80	15.00	106.00	106.00
1975	60.60	47.00	6.20	19.00	9.50	3.60	13.00	0.00	21.60	31.20	64.20	23.60	64.20
1976	88.60	56.80	27.80	3.40	26.20	22.00	10.60	21.60	38.40	38.00	37.00	45.00	88.60
1977	50.00	13.00	36.70	43.40	1.00	2.00	5.00	0.90	43.80	15.70	46.60	71.60	71.60
1978	117.60	91.00	32.60	7.60	8.90	11.00	11.50	14.80	28.00	32.00	57.40	41.80	117.60
1979	47.40	89.00	23.00	55.00	15.40	2.80	14.00	44.00	22.20	22.00	33.60	39.00	89.00
1985	90.60	60.80	82.60	5.40	37.80	12.80	0.00	31.80	19.80	23.20	42.40	83.40	90.60
1986	27.20	35.40	117.80	29.40	12.60	4.20	15.80	43.40	27.80	8.60	30.20	64.20	117.80
1987	48.80	70.80	30.20	25.60	57.20	15.20	3.20	3.60	24.60	37.40	45.60	50.80	70.80
1988	40.80	38.60	54.20	64.00	24.20	0.00	0.00	0.00	0.00	43.40	28.10	28.40	64.00
1989	23.40	29.40	46.30	25.10	27.30	22.40	17.30	3.10	28.20	9.20	27.40	27.20	46.30
1990	26.10	27.40	15.10	27.20	22.10	0.00	7.20	19.30	16.20	15.10	19.20	27.10	27.40
1991	21.30	15.40	50.20	25.30	13.20	6.10	9.10	0.00	17.30	23.10	11.10	27.40	50.20
1992	38.60	13.10	9.10	16.40	9.20	9.20	7.10	8.30	24.30	29.40	29.20	37.30	38.60
1994	15.10	6.10	17.10	13.30	26.20	6.10	0.00	0.00	0.00	9.80	41.80	83.30	83.30
1995	69.10	26.80	26.10	25.20	29.50	18.00	9.20	0.00	24.20	43.90	55.60	58.30	69.10
1996	38.50	23.60	61.30	2.60	3.40	12.90	0.00	12.20	70.60	33.00	65.10	31.20	70.60
1998	26.10	40.20	28.90	25.10	50.40	4.10	0.00	8.40	9.40	27.70	40.50	59.50	59.50
1999	63.60	51.60	34.30	8.90	5.50	14.70	18.60	0.00	2.80	63.60	25.10	83.30	83.30
2000	51.60	7.60	63.30	11.70	16.30	0.00	9.40	36.40	51.20	29.30	18.80	35.40	63.30
2001	51.10	72.90	61.20	31.10	27.80	1.60	0.00	8.90	2.70	24.70	23.70	101.70	101.70
2002	58.60	34.90	37.80	0.00	34.40	4.40	17.20	22.10	33.90	24.70	37.60	62.80	62.80
2003	59.20	39.90	51.60	29.90	11.10	0.00	6.80	17.10	15.60	37.50	44.90	26.70	59.20
2004	35.40	61.70	31.60	22.10	29.10	33.70	19.40	1.40	27.50	47.60	55.70	64.50	64.50
2005	115.60	24.60	52.60	73.40	32.20	9.80	9.80	0.00	25.20	39.90	34.10	47.60	115.60
2006	29.40	58.10	27.50	7.60	29.90	9.80	9.70	1.90	23.10	16.20	26.40	42.20	58.10
2007	51.20	29.90	33.60	14.50	12.40	1.90	4.10	0.00	4.10	32.10	46.70	49.90	51.20
2008	42.40	44.70	48.80	38.70	1.20	1.40	6.60	3.10	16.80	41.10	43.40	34.80	48.80
2009	41.70	22.50	29.10	26.70	21.10	18.80	39.90	1.40	36.70	49.80	46.40	43.50	49.80
2010	58.20	37.10	27.30	46.50	4.20	0.00	31.10	0.60	13.50	25.10	27.10	37.10	58.20
Média	51.18	35.99	40.09	24.45	17.97	9.51	11.02	11.13	20.46	30.85	37.44	48.22	
Máxima	134.30	91.00	126.00	78.00	57.20	33.70	43.80	44.00	70.60	83.00	91.40	106.00	

4.1.8.6.4 DETERMINAÇÃO DAS DISTRIBUIÇÕES MÉDIAS DE TEMPERATURA

Uma metodologia indicada para a determinação das distribuições médias de temperatura é baseada na análise das temperaturas diárias de um posto climatológico próximo e com a mesma altitude que o local de estudo.

Com base em informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o posto climatológico mais próximo ao Empreendimento é o posto Teresópolis, distante 25 km da sede do empreendimento. Localizado no município de Teresópolis-RJ, este posto climatológico está registrado sob o código 83744 da OMM (Organização Meteorológica Mundial) e está aproximadamente 274m acima da região do Complexo Imobiliário Hoteleiro Esportivo. Assim, foi preciso realizar um ajuste nos dados climatológicos obtidos.

Segundo as recomendações do INMET para o cálculo de temperatura no Brasil, existe uma variação de $0,65^{\circ}\text{C}$ a cada 100m de altitude. Assim, considerou-se que a temperatura da região, que se encontra 274m abaixo do posto de Teresópolis, é, aproximadamente, $1,78^{\circ}\text{C}$ maior que no ponto em que está localizado o posto climatológico.

Para o estudo em questão, foram consideradas informações do intervalo entre os anos 1990 a 2011 e os resultados estão apresentados no **Quadro 25**.

Quadro 25- Distribuições médias de temperatura

Janeiro	Mínima	20.65
	Média	25.07
	Máxima	29.48
Fevereiro	Mínima	20.74
	Média	25.62
	Máxima	30.49
Março	Mínima	19.97
	Média	24.51
	Máxima	29.06
Abril	Mínima	18.51
	Média	23.24
	Máxima	27.97
Maiο	Mínima	15.55
	Média	20.26
	Máxima	24.97
Junho	Mínima	13.97
	Média	19.13
	Máxima	24.30
Julho	Mínima	13.89
	Média	18.91
	Máxima	23.94
Agosto	Mínima	14.37
	Média	19.90
	Máxima	25.43
Setembro	Mínima	16.42
	Média	20.70
	Máxima	24.97
Outubro	Mínima	17.84
	Média	22.37
	Máxima	26.91
Novembro	Mínima	18.87
	Média	23.01
	Máxima	27.14
Dezembro	Mínima	20.11
	Média	24.28
	Máxima	28.44

4.1.8.6.5 VELOCIDADE E DIREÇÃO DOS VENTOS

Os ventos são responsáveis pela homogeneização do ar, espalhando a umidade proveniente da evapotranspiração local, das frentes frias e da evaporação do oceano trazida pelo Anticiclone do Atlântico.

Sendo assim, existem basicamente três tipos de circulação atmosférica, em função de sua energia:

Provocada pelas Frentes Frias

A de maior energia é a proveniente dos ventos que acompanham as frentes frias. Esses vêm do Sul e quando encontram a Serra do Mar tomam a direção Sudoeste- Nordeste na Serra do Couto e das Araras. Esta circulação é predominante e, quando acontece, ocupa toda a área da APA.

Em diversos locais, ainda devido às frentes frias, podemos ver a ocorrência de ventos localizados, devido ao relevo, como na Serra da Estrela e Corrêas. Esses ventos trazem chuva forte e durável.

Oriunda do deslocamento do Anticiclone do Atlântico. A segunda circulação importante, em termos de energia, é a oriunda do deslocamento do Anticiclone do Atlântico para Oeste, gerando um vento Leste, que traz umidade do oceano para a área.

Essa circulação concentra umidade nas cabeceiras das bacias, podendo trazer chuva fina e durável por perturbação orográfica, ou chuva forte por perturbação convectiva.

Oriunda da Orografia

A terceira circulação é a circulação local, gerada pelas brisas térmicas que ocorrem nas bacias hidrográficas.

Os ventos gerados vão de jusante para montante durante o dia levando umidade para a parte alta das bacias. Durante a noite a situação se inverte e os ventos ocorrem de montante para jusante trazendo umidade para a parte baixadas bacias, amenizando e diminuindo o calor sensível com o aumento do calor latente.

Os dados da predominância dos ventos, direção e velocidade, foram obtidos pela Estação de Avelar, distrito do município de Paty do Alferes – RJ, que está operante desde 1971 (INMET).

Abaixo, no **Quadro 26**, seguem os dados da Estação.

Quadro 26- Dados da Estação Meteorológica de Avelar

Estação Meteorológica de Avelar	
Latitude	-22.35
Longitude	-43.41
Altitude (metros)	507.00

O **Quadro 27** fornece dados da direção do vento, e a velocidade média e velocidade máxima média, no período de 31/05/2008 a 31/12/2012, coletados na Estação de Avelar, Paty do Alferes.

Quadro 27- Direção, velocidade média e velocidade máxima média do vento. Estação de Avelar.

Data	Hora (h)	Direção	Velocidade Média	Velocidade Máxima Média
31/05/2008	00:00	18	1,27957	2
30/06/2008	00:00	18	1,3	2
31/07/2008	00:00	18	1,268817	3
31/08/2008	00:00	18	1,354839	3
30/09/2008	00:00	18	1,455556	3
31/10/2008	00:00	18	1,451613	3
30/11/2008	00:00	18	1,277778	2
31/12/2008	00:00	18	1,236559	2
31/01/2009	00:00	18	1,236559	2
28/02/2009	00:00	18	1,142857	3
31/03/2009	00:00	18	1,290323	2
30/04/2009	00:00	18	1,177778	2
31/05/2009	00:00	18	1,172043	2
30/06/2009	00:00	18	1,144444	2
31/07/2009	00:00	18	1,107527	2
31/08/2009	00:00	18	1,16129	2
30/09/2009	00:00	18	1,122222	2
31/10/2009	00:00	18	1,204301	3

30/11/2009	00:00	18	1,144444	2
31/12/2009	00:00	18	1,215054	2
31/01/2010	00:00	18	1,204301	3
28/02/2010	00:00	18	1,238095	3
31/03/2010	00:00	18	1,107527	2
30/04/2010	00:00	18	1,088889	2
31/05/2010	00:00	18	1,064516	2
30/06/2010	00:00	18	1,1	2
31/07/2010	00:00	18	1,150538	2
31/08/2010	00:00	18	1,043011	2
30/09/2010	00:00	18	1,277778	3
31/10/2010	00:00	18	1,322581	3
30/11/2010	00:00	18	1,188889	3
31/12/2010	00:00	18	1,11828	3
31/01/2011	00:00	18	1,215054	2
28/02/2011	00:00	18	1,261905	3
31/03/2011	00:00	18	1,107527	2
30/04/2011	00:00	18	1,166667	2
31/05/2011	00:00	18	1,096774	2
30/06/2011	00:00	18	1,177778	2
31/07/2011	00:00	18	1,150538	3
31/08/2011	00:00	18	1,182796	3
30/09/2011	00:00	18	1,577778	3
31/10/2011	00:00	18	1,612903	3
30/11/2011	00:00	18	1,422222	3
31/12/2011	00:00	18	1,301075	3
29/02/2012	00:00	18	1,360465	2
31/03/2012	00:00	18	1,430108	2
30/04/2012	00:00	18	1,333333	2
31/05/2012	00:00	18	1,387097	2
30/06/2012	00:00	18	1,366667	2
31/07/2012	00:00	18	1,408602	2
31/08/2012	00:00	18	1,44086	3
30/09/2012	00:00	18	1,344444	3
31/10/2012	00:00	18	1,333333	3
30/11/2012	00:00	18	1,322222	3
31/12/2012	00:00	18	1,193548	2