

Governo do Estado do Ceará
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH
Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos
Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH



Contrato Nº 11 / PROGERIRH / CE / SRH / 2003

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE VIABILIDADES TÉCNICAS, AMBIENTAIS, ECONÔMICAS, EIAS - RIMAS, PROJETOS EXECUTIVOS, LEVANTAMENTOS CADASTRAIS E PLANOS DE REASSENTAMENTOS DE POPULAÇÕES, MANUAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO E AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA REFERENTES ÀS BARRAGENS: MAMOEIRO, RIACHO DO MEIO, MELANCIA, JATOBÁ E JUCÁ E ADUTORAS DE ANTONINA DO NORTE, GRANJEIRO, CROATÁ E IPUEIRAS

BARRAGEM JUCÁ

MÓDULO II - ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES

VOLUME I - ESTUDOS BÁSICOS

TOMO 1 - RELATÓRIO GERAL - TEXTOS

BARRAGEM JUCÁ

MÓDULO II – ESTUDOS BÁSICOS, ANTEPROJETOS E AVALIAÇÕES
VOLUME I – ESTUDOS BÁSICOS
TOMO 1 – RELATÓRIO GERAL - TEXTOS

EDITADO EM MARÇO DE 2006

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	5
1 – INTRODUÇÃO	9
2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS.....	11
3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS.....	14
4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	16
4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO	16
4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos	16
4.1.2 – Nivelamento	16
4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais.....	16
4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO	17
4.3 – COORDENADAS E COTAS	17
5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	19
5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS	19
5.1.1 – Geologia Regional	19
5.1.2 – Geologia Local.....	22
5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS	23
5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas	23
5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta	24
5.2.3 – Sondagens a Percussão	24
5.2.4 – Sondagens Mistas	25
5.3 – ENSAIOS IN SITU	26
5.3.1 – Ensaios de Permeabilidade com Carga Constante	26

5.3.2 – Ensaios de Perda D'Água Específica.....	26
5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS.....	27
5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4, 5 e 6).....	28
5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1)	31
5.4.3 – Pedreira	31
5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO	32
6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS	34
6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	34
6.2 – ESTUDO DE CHEIAS	34
6.2.1 – Precipitação	35
6.2.2 – Precipitação Efetiva.....	35
6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO	35
6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	35
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS	36

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O consórcio KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A, no âmbito do contrato Nº11/PROGERIRH/CE/SRH/2003 do Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH tem por finalidade a Elaboração dos Estudos de Viabilidades Técnicas, Ambientais, Econômicas, Eias - Rimas, Projetos Executivos, Levantamentos Cadastrais e Planos de Reassentamentos de Populações, Manuais de Operação e Manutenção e Avaliação Financeira e Econômica referentes às Barragens: Mamoeiro, Riacho do Meio, Melancia, Jucá e Jatobá e Adutoras de Antonina do Norte, Granjeiro, Croatá e Ipueiras.

Os estudos desenvolvidos, em atendimento aos Termos de Referência, são constituídos por atividades multidisciplinares que permitem a elaboração de relatórios específicos organizados em Módulos, Volumes e Tomos. As partes e tomos que compõem o acervo do contrato são apresentados na seqüência:

Módulo I: Estudos de Alternativas de Localização das Barragens e Adutoras

VOLUME I: Estudo de Alternativas e Opções para a Localização dos Eixos Barráveis e Adutoras

Módulo II: Estudos Básicos, Anteprojetos e Avaliações

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Relatório Geral - Textos

TOMO 2 – Estudos Hidrológicos

TOMO 3 – Estudos Cartográficos

TOMO 4 – Estudos Geológicos e Geotécnicos

TOMO 5 – Estudos Pedológicos

VOLUME II: Anteprojetos

TOMO 1 – Relatório de Concepção Geral

TOMO 1A – Desenhos e Plantas

TOMO 1B – Memória de Cálculo



VOLUME III: Avaliações Financeiras e Econômicas

TOMO 1 – Relatório de Avaliações Financeira e Econômica

Módulo III: Estudos dos Impactos no Meio Ambiente (EIA/RIMA)

VOLUME I: EIA

VOLUME II: RIMA

Módulo IV: Detalhamento do Projeto Executivo das Barragens

VOLUME I: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo do Projeto

TOMO 2 – Desenhos do Projeto

TOMO 3 – Memória de Cálculo

TOMO 4 – Especificações Técnicas

TOMO 5 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 6 – Síntese

Módulo V: Levantamento Cadastral e Plano de Reassentamento

VOLUME I: Levantamento Cadastral

TOMO 1 – Relatório Geral

TOMO 2 – Laudos Individuais de Avaliação

TOMO 3 – Levantamentos Topográficos

VOLUME II: Plano de Reassentamento

TOMO 1 – Relatório Final de Reassentamento

Módulo VI: Projeto Executivo das Aduadoras

VOLUME I: Estudos Básicos

TOMO 1 – Levantamentos Topográficos



TOMO 2 – Investigações Geotécnicas

VOLUME II: Anteprojeto

VOLUME III: Detalhamento do Projeto Executivo

TOMO 1 – Memorial Descritivo

TOMO 2 – Memória de Cálculo

TOMO 3 – Quantitativos e Orçamentos

TOMO 4 – Especificações Técnicas e Normas de Medições

Módulo VII: Elaboração dos Manuais de Operação e Manutenção

VOLUME I: Manuais de Operação e Manutenção

O presente relatório que trata da **Barragem Jucá**, aqui nomeado como Volume I – Estudos Básicos, Tomo 1 – Relatório Geral - Textos, é parte integrante do Módulo II – Estudos Básicos, Anteprojeto e Avaliações.

1 – INTRODUÇÃO



1 – INTRODUÇÃO

O consórcio constituído pelas empresas KL – Serviços de Engenharia S/S Ltda, MABE – Infra-Estrutura e Serviços Ltda e ENERCONSULT S/A vem, através desta, apresentar, em atendimento ao Contrato Nº11/PROGERIRH/SRH/2003, o Anteprojeto da Barragem Jucá.

Neste volume que corresponde ao TOMO 1 do VOLUME I é apresentado o Relatório Geral dos Estudos Básicos.

Este relatório descreve sucintamente os estudos cartográficos, os levantamentos topográficos, os estudos hidrológicos, os estudos geológicos e geotécnicos.

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS



2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

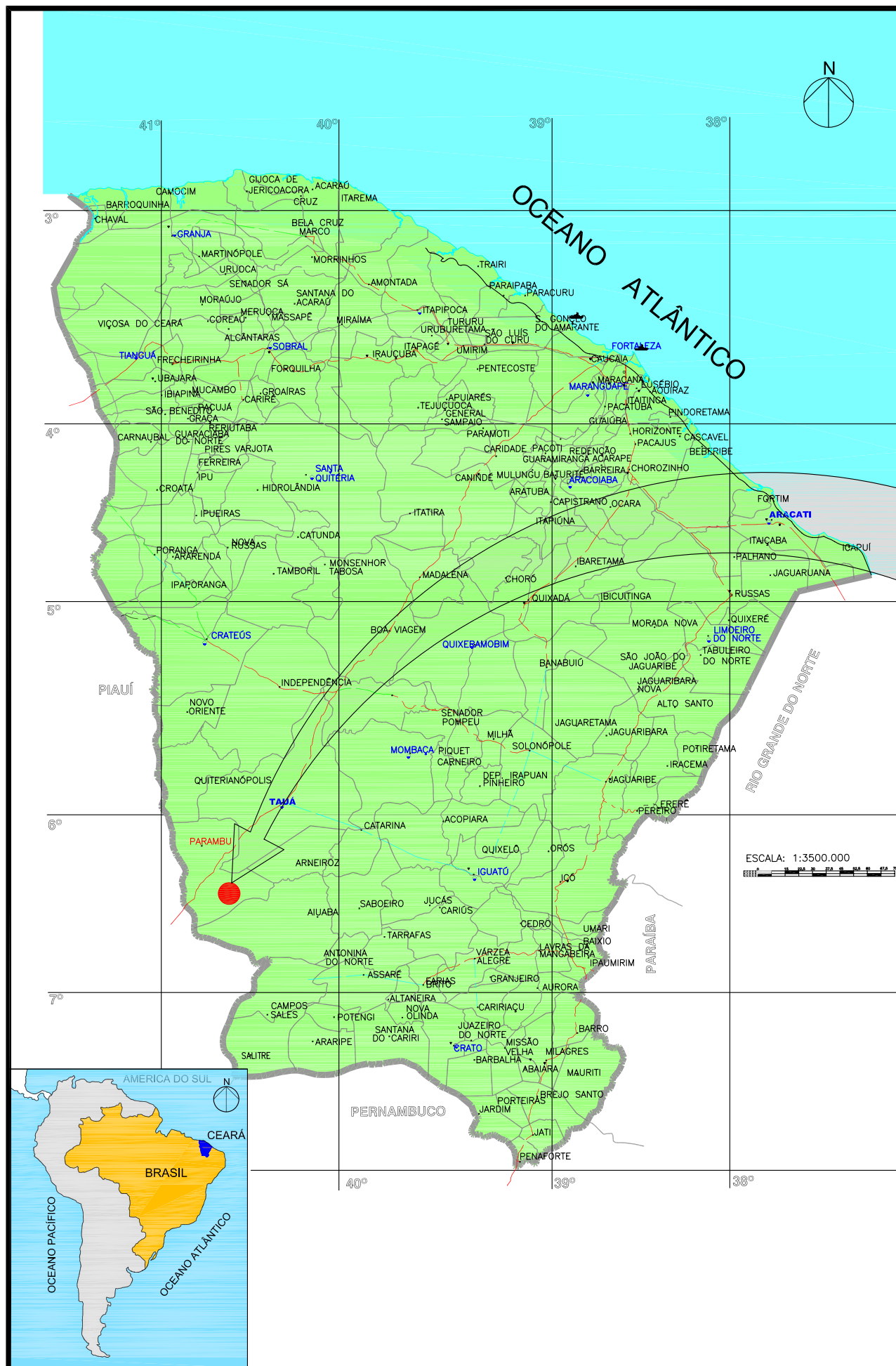
O sítio do barramento localiza-se no rio Jucá, no distrito de Cococi, no município de Parambu.

O acesso ao local da obra é feito a partir de Fortaleza pela rodovia BR-020 até chegar à cidade de Tauá, percorrendo 344,7 km. Continuando o percurso pela BR-020, caminha mais 19 km até atingir a entrada de uma estrada vicinal carroçável, pela margem esquerda da rodovia federal. Por esta estrada de terra percorre-se 6,0 km até o distrito de Marrecas e mais 12 km até um entroncamento Cococá-Cococi. Este entroncamento é a interseção da estrada vicinal que leva a Cococá e por um caminho de fazenda, percorre-se 12 km, até chegar a Cococi.

Percorrendo mais 7,0 km, chega-se ao eixo barrável Formiga. Do eixo Formiga ao eixo Barra anda-se mais 1,2 km e do eixo Barra ao eixo da SIRAC anda-se mais 2,6 km.

Outro acesso ao local do eixo da barragem Jucá é feito partindo-se de Aiuaba na direção de Cococi (distrito de Parambu) pela CE-284 (estrada carroçável), percorrendo-se 28 Km até o distrito de Barra, toma-se a direita seguindo pela estrada da Confiança (no sentido de Cococi) percorre-se 22 Km onde entra-se a esquerda e percorrendo mais cerca de 12 Km, chega-se ao distrito de Cococi. Deste distrito ao eixo dista-se 7,0 Km. Este eixo barra o riacho Jucá, na localidade denominada Formiga.

Na Figura 2.1 é apresentado o mapa de localização e acesso.



FONTE:

Folha
 Parambu
 SB.24-N-I,
 Folha Arneiroz
 SB.24-Y-B-I
 SUDENE, 1971

LEGENDA:

— EIXO BARRÁVEL - Sirac



FONTE:
 DERT, 1998 (Mapa Rodoviário do Ceará).



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS-SRH
 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
 DO ESTADO DO CEARÁ – PROGERIRH

RELATÓRIO GERAL

BARRAGEM JUÇÁ
 MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DO EIXO BARRÁVEL
 FIGURA Nº 2.1

DESENHO:
 LISBOA
 DATA DE EDIÇÃO:
 MARÇO/2006
 ESCALA:
 1/100.000



3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

3 – ESTUDOS CARTOGRÁFICOS

Os estudos cartográficos consistiram no levantamento aerofotogramétrico na área do reservatório da Barragem Jucá, enquadrada geograficamente nas coordenadas 6°21' – 6°29' S e 40°30' – 40°41' WGR.

Os serviços cartográficos realizados foram os seguintes:

- Cobertura aerofotogramétrica de uma área de 151,92 km², na escala de 1:15.000;
- Implantação do apoio básico com 2 marcos de concreto;
- Apoio fotogramétrico de 151,92 km² voado com levantamento de 27 HV's;
- Aerotriangulação de 31 modelos, perfazendo uma área de 151,92 km²;
- Restituição estereofotogramétrica digital de uma área de 17,44 km² na escala de 1:5.000;
- Confecção e edição final de 6 plantas topográficas na escala de 1:5.000, perfazendo um total de 17,44 km² de edição cartográfica.

4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

4 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos da Barragem Jucá constituíram na execução dos seguintes serviços, a saber:

- Levantamento do Eixo Barrável e do Sangradouro;
- Levantamento do Canal de Restituição;
- Coordenadas e Cotas.

4.1 – LEVANTAMENTO DO EIXO BARRÁVEL E DO SANGRADOURO

O eixo da Barragem Jucá foi locado em um boqueirão com características topográficas favoráveis, onde o sangradouro foi definido e estudado em uma sela topográfica situada na ombreira direita, entre as estacas 86 a 92 do eixo da barragem.

Os levantamentos topográficos do eixo barrável e do sangradouro, foram executados através de locação de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços realizados foram: locação; implantação de marcos para futura relocação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

4.1.1 – Locação dos eixos e Implantação de Marcos

Utilizando-se GPS e a Estação Total, locou-se o eixo da barragem e do sangradouro, o qual foi materializado a cada 20 metros por pontos estaqueados e numerados, sendo também indicados através de estacas inteiras ou fracionadas todos os pontos notáveis tais como: talvegues, estradas, afloramentos rochosos, rede elétrica, elevações, mudanças bruscas de inclinação do terreno entre outros.

4.1.2 – Nivelamento

O levantamento altimétrico da Barragem Jucá e o seu respectivo sangradouro, foi realizado utilizando-se GPS e Estação Total, onde foram niveladas todas as estacas do eixo materializado.

4.1.3 – Levantamento de Seções Transversais

Foram levantadas seções transversais ao eixo da barragem e do sangradouro a cada 20 metros abrangendo uma faixa de domínio com largura de 150 metros à montante e à jusante, e se constituíram de pontos cotados a cada 10 metros, considerando também os pontos de destaque do relevo topográfico.



4.2 – LEVANTAMENTO DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

Assim como o eixo barrável e o sangradouro, o canal de restituição da Barragem Jucá, foi levantado plani-altimetricamente através de Estação Total, pelo método de coordenadas com identificação dos eixos: Este, Norte, elevação e descrição dos pontos identificados. Os serviços topográficos executados no canal de restituição, foram os seguintes: locação; nivelamento e levantamento de seções transversais.

4.3 – COORDENADAS E COTAS

Em relação às coordenadas utilizadas para o levantamento, estas foram fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

Também foram utilizadas cotas fornecidas pela TOPOCART, empresa responsável pelos serviços cartográficos.

5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS



5 – ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

As investigações executadas para caracterização geológico-geotécnica da região das obras, foram divididas em duas fases, a saber: estudos geológicos de superfície e investigações geotécnicas de subsuperfície.

Os estudos geológicos de superfície constaram do mapeamento geológico do sítio barrável, área do sangradouro e estudos de reconhecimento superficial dos materiais a serem utilizados na construção da barragem e estruturas adjacentes.

As sondagens de subsuperfície efetuadas ao longo do sítio barrável, área do sangradouro e jazidas de materiais terrosos e arenosos consistiram na Abertura de Poços de Inspeção a Pá e Picareta (SPP), Sondagens a Percussão (SP), Sondagens Mistas (SM) e Sondagens Rotativas (SR) com ensaios “in situ” do tipo Perda d’ água Específica e Permeabilidade com carga constante (LE FRANC).

É interessante ressaltar que, quando da execução das investigações geotécnicas, houve extração de amostras deformadas de solo do eixo barrável e das jazidas, de modo a se proceder às análises de laboratório indispensáveis à caracterização dos materiais existentes na região.

Todos os procedimentos utilizados seguiram as normas preconizadas pela ABNT.

A escolha do eixo barrável e o programa de sondagem e ensaios de laboratório foram definidos pelo CONSÓRCIO KL/MABE/ENERCONSULT.

5.1 – INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS

A seguir serão apresentados os resultados do estudo geológico realizado.

5.1.1 – Geologia Regional

A descrição da Geologia Regional é apresentada neste relatório com base em pesquisa bibliográfica de trabalhos de geologia realizados na região, tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala 1:500.000, elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Mapa Geológico Preliminar do Estado do Ceará, elaborado pela CPRM.

No âmbito regional tem-se o contraste de dois tipos distintos de litologia que evidenciam rochas sedimentares e rochas cristalinas, constituindo as unidades



litoestratigráficas que foram mapeadas e descritas, conforme a fonte supracitada, da seguinte forma:

Pré-Cambriano indiferenciado estratigraficamente - PI(B): É constituída por uma associação complexa de migmatitos e gnaisses diversos, encerrando jazimentos subordinados de corpos metacalcários, anfibolitos, rochas calciosilicáticas e quartzitos. Os gnaisses apresentam-se laminados, algo migmatizados, gradando para anfibolitos. A biotita-quartzo-feldspato gnaisse exibe tonalidades cinza-claro a cinza médio e cinza-escuro. A estrutura normalmente mostra uma intercalação de bandas escuras, enriquecidas em máficos, com bandas claras, quartzo-feldspáticas. A granulação é principalmente equigranular média podendo variar para fina. Os gnaisses próximos às falhas de Alto Alegre-Caraíbas e Melancia, exibem porfiroblastos estirados de feldspatos, caracterizando os gnaisses facoidais. Os quartzitos ocorrem dispersos, sob a forma de lentes, encaixadas concordantemente ao lineamento das rochas gnáissicas e migmatíticas. Exibem tonalidades esbranquiçadas, granulação que varia de média a grossa, laminadas, quando micáceas.

As estruturas regionais são designadas como lineamentos, geossuturas e ou zonas de cisalhamento. De um modo geral, os lineamentos, representando extensa zonas de falhas, condicionam a estruturação de sistemas de blocos afundados, posteriormente preenchidos por seqüências sedimentares. Normalmente, estes falhamentos são recobertos por sedimentos paleozóicos.

Diques Ácidos (PSy): Granitóides Cocotá, com caráter ácido a hiperácido, como granitóides a biotita, apresentando composições granítica a granodiorítica, de grã média a grosseira, porfiroblásticos, exibindo estrutura xenolítica, geralmente são de cor cinza-clara, biotíticos. Formam matacões quando intemperizados, devido a fraturas subperpendiculares a sua orientação, às vezes formando pequenas elevações. Os veios de quartzo e de sílica cripto-cristalina geralmente formam cristas alongadas e finas, mostrando-se bastante fraturados; são de cor creme ou branca leitosa e exibem uma granulação microcristalina ou afanítica. Devido à degradação mecânica, facilitada pelo fraturamento, o solo, em torno estas rochas é coberto por pedregulho quartzoso.

Formação Serra Grande (SDsg): do Paleozóico, Siluro-Devoniana, a Formação Serra Grande é constituída de arenitos brancos, grosseiros e conglomeráticos na base, contendo leitos de até 20m , com seixos de até 20cm de diâmetro, com predomínio de arenitos finos no topo. Apresenta estratificação cruzada irregular e fraturas silicificadas. O seu contato inferior faz-se em nítida discordância angular com as rochas cristalinas. A Oeste das cidades de Parambu forma uma extensa escarpa, constituída inteiramente de arenitos e arenitos conglomeráticos, cujas camadas mergulham suavemente para



Oeste, formando uma cuesta cujo frente é a escarpa da Serra Grande. Em certas regiões, aparecem intercalações de siltitos e folhelhos arroxeados, principalmente no topo da formação.

As unidades estratigráficas descritas a seguir, pertencem ao paleozóico-cambriano. São sedimentos maduros e comumente encontram-se preenchendo as partes baixas de grandes falhamentos, e são descrita da seguinte forma:

Formação Melancia (PPrjm): Os conglomerados apresentam-se geralmente com uma matriz grosseira, arenosa e com forte diagênese, leitos siltosos intercalados e alternados a arenitos litofeldspáticos, de tons avermelhados e, não raro, folhelhos amarronzados e siltitos arenosos, além de brechas. Esta unidade faz limite ao norte com as rochas pertencentes a Fundação Cococi. Ao oeste com a Formação Serra Grande (SDsg), ao sul com as rochas do Pré-Cambriano Indiferenciado PI(B) e a leste/sul com litologias da Formação Cococi e Formação Angico Torto.

Formação Cococi (PPrco): Sequência de ardósias, folhelhos, argilitos e siltitos calcíferos de tons cinzentos, violáceos, com intercalações esporádicas de arenitos grosseiros e conglomerados, ardósias cinzentas em zonas de falha. Sua distribuição na área limita-se ao norte/leste com as rochas da Formação Angico Torto e ao sul com a Formação melancia.

Formação Angico Torto (Pprjat): Conglomerados polimíticos, brechas, arcóseos, subarcóseos e arenitos litofeldspáticos, geralmente duros e compactos, às vezes calcíferos, com intercalações de arenitos mais finos, siltitos e argilitos no topo. A coloração oscila entre rósea e avermelhada. Esta ocorrência esta limitada ao norte com as rochas Pré-Cambrianas Indiferenciadas PI(B) e os granitóides Cocotá (PSy).

Coberturas Sedimentares de Espriamento Aluvial (TQc): essas coberturas, de idade Terciária, são sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos, de tons alaranjados, avermelhados e amarelados, localmente cascalhosos e laterizados na base. Na porção ao Sul da área de implantação da barragem, no topo da sequência PI(B), há ocorrências desses materiais em grandes proporções.

Aluviões: de idade Quaternária (QH_a): os sedimentos aluviais são constituídos de areias finas a grosseiras incluindo cascalhos inconsolidados e argilas com matéria orgânica em decomposição. Ocorrem principalmente nos leitos e margens dos principais rios e riachos da região, destacando-se o Rio Jucá.

Do ponto de vista estrutural, destacam-se na área as Falha Normais de Alto Alegre-Caraíbas e Falha de Melancia, que tem direção aproximadamente E-W, nas

proximidades da parte basal da Serra Grande, sendo marcada por uma retilinearidade, incomum. Esconsa a elas tem-se também outros dois importantes falhamentos, uma de movimentação transcorrente e outra normal. Esses dois falhamentos condicionam as lineações estruturais das rochas, que em alguns locais apresentam extensos dobramentos, e são responsáveis por uma extensa zona cataclástica, caracterizando o aumento de porfiroblastos de feldspato alcalino decimétricos, nas proximidades do plano de falha.

O padrão de drenagem dominante é dendrítico, com tendência a subdendrítico. Esse padrão está condicionado ao domínio das rochas cristalinas. De uma maneira geral os rios são pouco encaixados, formando setores de planícies fluviais muito restritas. No âmbito das rochas sedimentares da Formação Serra Grande, esse padrão tem comportamento diferenciado, apresentando uma drenagem com padrão subparalelo.

5.1.2 – Geologia Local

A área em estudo está inserida geologicamente no domínio das rochas sedimentares, em que a litologia predominante é marcada pela presença de rochas das Formações Angico Torto (Pprjat), Cococi (Pprco) e Melancia (PPrjm).

A falha transcorrente descrita anteriormente, tem orientação NE/SW e é perfeitamente observada na estrada de acesso a localidade de Barra, à jusante do eixo barrável, na altura em que corta o rio Jucá. Esta ocorrência é caracterizada por apresentar ardósias extremamente fraturadas, em duas direções perpendiculares, N85°/20°SE e N135°/25SW, caracterizando a movimentação transcorrente da falha. A rocha apresenta uma coloração cinza arroxeadada.

Nas ombreiras, as coberturas de solo formam um manto de intemperismo que raramente ultrapassa a profundidade de 1,0m, constituído por duas camadas distintas: a camada mais superficial é de solo mais maduro de granulometria areno-argilosa, coloração avermelhada ou amarelada, que não conserva nenhuma aparência da rocha original; a camada mais profunda, adjacente ao topo da rocha, em média com 0,50m de espessura é um solo residual jovem proveniente de um arenito grosseiro ou conglomerado. A inexistência de afloramentos rochosos pode ser observada nas duas obreiras, ocorrendo sobre a capa de cobertura, blocos soltos de arenito grosseiro, por vezes conglomerático, arredondados, apresentando coloração amarronzada, cinza e amarela por fora e no seu interior apresenta uma coloração amarelo avermelhada. Esta ocorrência de blocos soltos é observada desde a estaca 0 até a estaca 52 e estaca 56 até a estaca 92.

Nas proximidades da estaca 37, na variante de montante a cerca de 50m do eixo, ocorre afloramento de folhelhos extremamente fraturados, quebradiços, de coloração amarronzada e arroxeadas, granulação fina. As fraturas principais obedecem as direções preferenciais NE/SW e uma segunda família de fraturas se apresentam perpendiculares às primeiras

Nas margens do riacho Jatobá ocorrem os sedimentos aluvionares que formam terraços formados pela deposição de areias finas, siltes e argilas de coloração escura, com matéria orgânica em decomposição. Estas áreas são inundadas durante a estação chuvosa.

Na calha do Rio são encontrados areias de granulometria fina, média e grossa com pedregulhos e cascalhos de vários tamanhos. Sedimento aluvionar mal selecionado. Não foram observados afloramentos rochosos neste trecho da calha do rio.

Na área destinada ao sangradouro, não foram encontrados afloramentos rochosos. O solo é representado por um silte areno-argiloso de coloração cinza claro a escuro, recoberto com blocos soltos e rolados de arenitos grosseiros e conglomeráticos descritos anteriormente nas ombreiras.

5.2 – INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

A seguir serão apresentados os resultados da investigação geotécnica realizada.

5.2.1 – Descrição das Sondagens Executadas

A investigação geotécnica iniciou-se com a execução de quatro tipos de sondagens, a saber:

- SPP: Sondagem a Pá e Picareta;
- SP: Sondagem a Percussão;
- SM: Sondagem Mista (iniciada a percussão e seguida em rotativa).

Todas as sondagens mencionadas acima seguiram as normas da ABNT.

A locação, bem como as cotas topográficas das bocas de furos foram fornecidas a partir dos estudos topográficos de campo.

5.2.2 – Sondagens a Pá e Picareta

Os poços de inspeção localizados no eixo barrável foram realizados nos pontos onde haviam sido projetados furos de percussão e a ocorrência de rocha aflorando não permitiu a execução deste tipo de sondagem.

Todos os poços foram perfurados por meio de escavação manual com dimensões de 1,00m longitudinalmente por 1,00m transversalmente.

No Quadro Nº 5.1 são mostrados os dados gerais das sondagens.

QUADRO Nº 5.1 – SONDAÇÃO A PÁ E PICARETA				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
-*	-	-	-	-

* Não houve poços a pá e picareta

5.2.3 – Sondagens a Percussão

O objetivo básico destas sondagens foi o de definir a espessura dos depósitos aluvionais sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”(STANDARD PENETRATION TEST), realizado a cada metro sondado.

O critério de paralisação das sondagens foi o de lavagem por tempo (menos de 5cm de penetração para 10 minutos de lavagem), ou a profundidade de projeto, no caso dos furos de percussão simples. Todas as sondagens foram realizadas com diâmetro de 2 ½” (duas e meia polegadas).

No Quadro Nº 5.2 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO Nº 5.2 – SONDAÇÃO A PERCUSSÃO				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP-01	41+00m	1,67	2 x ½”	Vertical
SP-02	45+00m	1,43	2 x ½”	Vertical
SP-03	49+00m	1,62	2 x ½”	Vertical
SP-04	53+00m	2,18	2 x ½”	Vertical
SP-05	54+00m (MONT 30 m)	3,79	2 x ½”	Vertical
SP-06	56+00m (MONT 30m)	4,50	2 x ½”	Vertical
SP-07	52+00m (JUS 40m)	1,20	2 x ½”	Vertical
SP-08	56+00m (JUS 40m)	3,82	2 x ½”	Vertical
SP-09	60+00m	6,80	2 x ½”	Vertical

QUADRO Nº 5.2 – SONDAGEM A PERCUSSÃO				
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)	DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
SP-10	63+00m	1,40	2 x ½"	Vertical
SP-11	66+00m	0,75	2 x ½"	Vertical

5.2.4 – Sondagens Mistas

Sondagem mista é aquela executada por sondagem a percussão em todo os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executadas por meio de sondagem rotativa nos materiais impenetráveis a percussão.

Iniciou-se os furos com sondagem percussiva no diâmetro de 2 ½ “(duas e meia polegadas), no qual foi definida a espessura de solos sobre o embasamento rochoso e as resistências das camadas através do “SPT”. Prosseguiu-se com sonda rotativa, na qual usava-se a sonda MACH 920 de avanço manual, acoplada a um calibrador e a um barrilete duplo caixa de mola, tipo NX para recuperação do testemunho, do qual obteve-se informações da alteração, fraturamento e estanqueidade da rocha.

No Quadro 5.3 mostra os dados técnicos gerais das sondagens realizadas.

QUADRO Nº 5.3 – SONDAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM-01	52+00m	2,30	14,43	2 ½" e NX	Vertical
SM-02	54+00m	1,10	15,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-03	55+00m	1,50	15,75	2 ½" e NX	Vertical
SM-04	56+00m	3,70	6,62	2 ½" e NX	Vertical
SM-05	55+00m (MONT 30m)	0,70	9,80	2 ½" e NX	Vertical
SM-06	55+00m (JUS 40m)	-	9,81	2 ½" e NX	Vertical
SM-07	86+00m	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-08	89+00m	-	10,23	2 ½" e NX	Vertical
SM-09	91+10m	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-10	88+00m (JUS 95m)	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-11	87+00m (JUS 200m)	-	10,20	2 ½" e NX	Vertical
SM-101	50+00m	-	9,70	2 ½" e NX	Vertical
SM-102	58+00m	6,65	8,10	2 ½" e NX	Vertical
SM-103	86+00m (MONT 95m)	-	8,68	2 ½" e NX	Vertical
SM-104	88+00m (MONT 95m)	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical



QUADRO Nº 5.3 – SONDAAGEM MISTA					
SONDAGEM	LOCALIZAÇÃO ESTACA	PROFUNDIDADE (m)		DIMENSÕES	INCLINAÇÃO
		SP	SR		
SM-105	91+00m (MONT 95m)	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-106	86+00m (JUS 95m)	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-107	91+00m (JUS 95m)	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-108	87+00m	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical
SM-109	88+00m	-	10,00	2 ½" e NX	Vertical

5.3 – ENSAIOS IN SITU

5.3.1 – Ensaio de Permeabilidade com Carga Constante

Nos ensaios de Permeabilidade “in situ” com carga constante, mantém-se constante a vazão até que as condições de fluxo se estabilizem e a carga (altura da água no furo), se torne constante. Nestas condições, medem-se a vazão e a carga, para aplicação das fórmulas apropriadas.

Este tipo de ensaio pode ser usado para solos que se situem abaixo ou acima do nível estático da água (NA).

Foram executados 09 (nove) ensaios.

Os dados gerais destes ensaios encontram-se no Quadro Nº 5.4.

QUADRO Nº 5.4 – ENSAIOS DE PERMEABILIDADE COM CARGA CONSTANTE		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM-01	02	0,00 a 2,00
SM-04	03	0,00 a 3,00
SM-102	04	0,00 a 4,00

5.3.2 – Ensaio de Perda D'Água Específica

Ensaio de perda d'água sob pressão em furos de sondagem têm por objetivo a determinação da permeabilidade e do comportamento dos maciços rochosos frente à percolação da água através de suas fissuras.

Consiste na injeção de água sob pressão em um trecho do furo de sondagem e na medida da quantidade de água que se infiltra no maciço, durante um certo tempo, sob uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado em 5(cinco) estágios de



pressão, sendo os 1º e o 5º estágios sob uma pressão mínima; os 2º e 4º estágios sob uma pressão intermediária; e o 3º estágio sob uma pressão máxima, conforme a seguir:

- 1º e 5º estágios - pressão de 0,10 Kg/cm²;
- 2º e 4º estágios - pressão intermediária = $P_{m\acute{a}x}/2$;
- 3º estágios - pressão máxima = $P_{m\acute{a}x}$.

Os trechos ensaiados, sempre que possível foram de 3,00 m.

O Quadro Nº 5.5 mostra os dados técnicos gerais dos ensaios de perda d'água sob pressão.

QUADRO Nº 5.5 – ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA		
SONDAGEM	Nº DE ENSAIOS	TRECHOS ENSAIADOS
SM-01	04	3,50 a 15,50
SM-02	04	1,70 a 16,10
SM-03	03	3,80 a 6,80 9,80 a 15,80
SM-05	02	4,50 a 10,50
SM-06	02	3,80 a 9,81
SM-101	03	1,50 a 9,70
SM-102	02	7,70 a 13,70

5.4 – PESQUISA DE JAZIDAS

Os trabalhos referentes à pesquisa de materiais a serem utilizados nas obras tiveram seu início a partir de um reconhecimento em campo, de modo a localizar e conferir os empréstimos existentes na área. Deve-se salientar que os estudos básicos existentes nortearam os trabalhos. Neste momento, levou-se em considerações duas variáveis importantes: qualidade e volume dos materiais detectados.

Assim sendo, pode-se identificar e estudar os seguintes empréstimos:

- J1: Jazida 1
- J2: Jazida 2
- J3: Jazida 3



- J4: Jazida 4
- J5: Jazida 5
- J6: Jazida 6
- A1: Areal
- P1: Pedreira 1

5.4.1 – Jazidas de Solo (Empréstimos 1, 2, 3, 4, 5 e 6)

Para que houvesse uma boa abrangência nos estudos dos empréstimos, lançou-se uma malha quadrática com 100,00 m de lado, onde procedeu-se à abertura de poços a pá e picareta para coleta de materiais e posterior realização de ensaios de laboratório.

Dentro de um afastamento econômico adequado do local da obra em estudo, foram identificados e caracterizados os materiais das áreas de empréstimo.

Em cada poço de inspeção foi feita uma descrição dos materiais, identificando suas características e quantificando suas potencialidades e distância média de transporte, conforme já comentado.

- Granulometria (com e sem sedimentação);
- Limites de “ Atterberg”;
- Ensaios de Compactação (Proctor Normal) ;
- Umidade Natural;
- Peso Específico Real;
- Permeabilidade com carga variável;
- Cisalhamento direto lento.

A seguir resume-se as características das áreas potencialmente exploráveis:

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-1

Área total estudada 210,000,00m²;
Número de furos realizados 30 und;



Profundidade média dos furos	0,95 m;
Volume total de material	199.500,00m ³ ;
Camada média de expurgo	0,10 m;
Espessura média útil	0,85 m;
Volume de material utilizável	178.500,00m ³ ;
Distância do eixo barrável	5,79 km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-2

Área total estudada	50.000,00m ² ;
Número de furos realizados	10 und;
Profundidade média dos furos	1,13 m;
Volume total de material	56.500,00m ³ ;
Camada média de expurgo	0,10 m;
Espessura média útil	1,03 m;
Volume de material utilizável	51.500,00m ³ ;
Distância do eixo barrável	4,94 km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-3

Área total estudada	30.000,00m ² ;
Número de furos realizados	06 und;
Profundidade média dos furos	1,18 m;
Volume total de material	35.400,00m ³ ;
Camada média de expurgo	0,10 m;
Espessura média útil	1,08 m;
Volume de material utilizável	32.400,00m ³ ;



Distância do eixo barrável 4,10 km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-4

Área total estudada 380.000,00m²;
Número de furos realizados 48 und;
Profundidade média dos furos 0,61 m;
Volume total de material 231.800,00m³;
Camada média de expurgo 0,10 m;
Espessura média útil 0,51 m;
Volume de material utilizável 193.800,00m³;
Distância do eixo barrável 0,00 km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-5

Área total estudada 360.000,00m²;
Número de furos realizados 50 und;
Profundidade média dos furos 0,60 m;
Volume total de material 216.000,00m³;
Camada média de expurgo 0,10 m;
Espessura média útil 0,50 m;
Volume de material utilizável 180.000,00m³;
Distância do eixo barrável 0,74 km.

DADOS GERAIS DA JAZIDA J-6

Área total estudada 160.000,00m²;
Número de furos realizados 25 und;
Profundidade média dos furos 0,58 m;

Volume total de material	92.800,00m ³ ;
Camada média de expurgo	0,10 m;
Espessura média útil	0,48 m;
Volume de material utilizável	76.800,00m ³ ;
Distância do eixo barrável	3,05 km;

5.4.2 – Jazidas de Areia (Areal 1)

Da mesma forma com o ocorrido na jazida terrosa, o areal foi identificado e posteriormente estudado, onde se lançou uma malha de sondagens, ao longo do depósito.

Amostras deste material também foram colhidas e encaminhadas ao laboratório para ensaios.

A jazida em questão encontra-se ao longo do leito do rio.

DADOS GERAIS DO AREIAL

Distância do areial ao eixo	0,00 km;
Extensão	1.000,00m;
Largura	10,00m;
Altura a explorar	2,00m;
Volume explorável	20.000,00m ³ .

5.4.3 – Pedreira

A pedreira encontrada localiza-se a jusante do eixo barrável.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PEDREIRA

Extensão	150,00m;
Largura	100,00m;
Altura a explorar	3,00m;



Volume explorável 45.000,00m³;
Distância para o eixo 6,10 km;
Classificação Arenito.

5.5 – ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Todos os ensaios de laboratório seguiram o preconizado pelas normas técnicas da ABNT.

De modo a facilitar a visualização, elaborou-se quadro resumos referente a cada ensaio, os quais são apresentados a seguir:.

Jazidas de Solos

Foram coletadas 30 (trinta) amostras para que fossem submetidas a ensaios normais de caracterização, constando de determinação dos Limites de Atterberg (LL e LP), Granulometria por peneiramento e com sedimentação, peso específico, Compactação Proctor Normal, Permeabilidade com carga variável e Cisalhamento Direto Lento.

Os ensaios de Granulometria com Sedimentação, peso específico, Permeabilidade com Carga Variável e Cisalhamento Direto Lento não foram executados para todas as amostras coletadas.

Jazida de Areia

Foram 10 (dez) as amostras coletadas na jazida de areia A1 e submetidas a Análise Granulométrica por Peneiramento e Permeabilidade com Carga Constante.

Pedreira

Nas pedreiras P1 foram realizados 03 (três) ensaios tipo “Los Angeles”.

6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS



6 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos consistiram na caracterização física da bacia hidrográfica, no estudo de cheias, nas curvas de regularização do reservatório e no dimensionamento do sangradouro.

6.1 – CARACTERÍSTICA FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica da Barragem Jucá possui as seguintes características físicas:

- Bacia Hidrográfica..... 644,62km²;
- Perímetro da Bacia Hidrográfica..... 116,81km;
- Declividade Média da Bacia Hidrográfica..... 9,76m/km;
- Comprimento do Rio Principal..... 436,17km;
- Fator de Capacidade..... 1,30;
- Fator de Forma..... 0,49;
- Tempo de Concentração..... .6,26hs.

6.2 – ESTUDO DE CHEIAS

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

O estudo da cheia de projeto é de fundamental importância para a segurança e economia da barragem, podendo o hidrograma de projeto estar baseado em:

- PMP (precipitação máxima provável) para projetos de importantes obras hidráulicas;
- Cheia padrão para obras hidráulicas de risco intermediário;
- Precipitações associadas a um risco ou probabilidade de ocorrência.

Em barragens pequenas, onde grandes riscos não estão envolvidos, pode-se utilizar o hidrograma de projeto baseado no último caso. Foram calculadas aqui as cheias de projeto de 1000 e 10000 anos. O intervalo de computação dos hidrogramas de cheia foi de 1 minuto.

6.2.1 – Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia da barragem Jucá foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos.

6.2.2 – Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

6.3 – CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade. Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados. Em termos hidrológicos, os objetivos centrais deste capítulo são:

1. Análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem Jucá;
2. Estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem Jucá;

6.4 – DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos do capítulo anterior, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada.

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1.000 anos, realizando-se para esta os estudos de laminação, e será

determinada a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10.000 anos, para garantir o não galgamento nesta cheia.

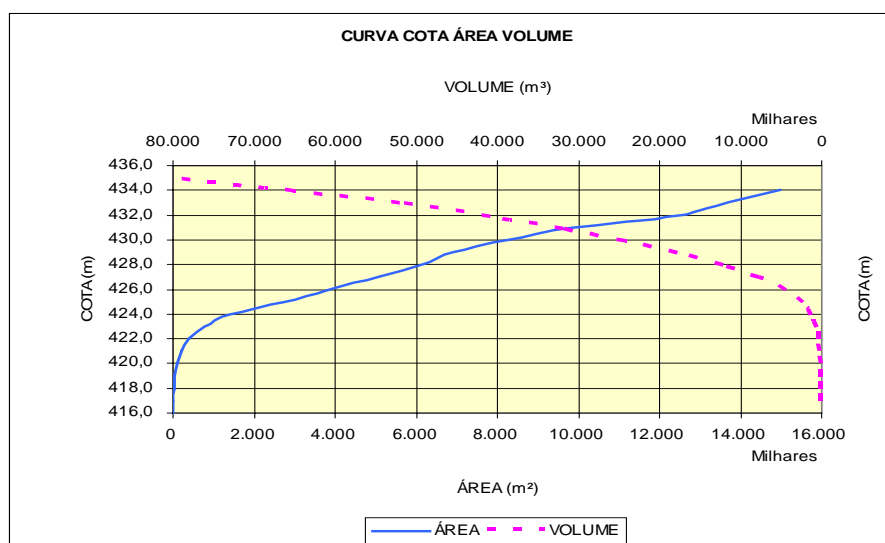
6.5 – SUMÁRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS

CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	
Área da bacia do Açude Jucá	644,62 km ²
Perímetro da bacia do Açude Jucá	116,811 km
Declividade Média da bacia do Açude Jucá	9,76 m/km
Comprimento do rio principal	36,17 km
Fator de compacidade	1,30
Fator de forma	0,49
Tempo de concentração	6,26 hrs

ESTUDO DE CHEIAS	
Precipitação Efetiva	SCS
Propagação do Escoamento na Bacia	Hidrograma Unitário do SCS
CN	81
Vazão afluente – Tempo de retorno = 1000 anos	2587 m ³ /s
Vazão afluente – Tempo de retorno = 10000 anos	3371 m ³ /s

CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO	
Capacidade máxima	31,8 hm ³
Cota da soleira do sangradouro	430 m
Cota de coroamento	434,70

COTA – ÁREA – VOLUME





CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO – EQUAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO			
RG - %	SG - %	EV - %	Qr 90% (m3/s)
8,045 – 19,5%	8,383 – 44,4%	6,834 – 36,2%	0.123

EV - Volume Evaporado (hm3/ano)

SG - Volume Sangrado (hm3/ano)

RG- Volume Regularizado (hm3/ano)

Qr 90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m3/s)

DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO – PERFIL CREAGER: ZW = 430 m			
COTA (m)	COTA DE PICO (m)	LÂMINA (m)	Qout (m3/s)
Tr = 1.000 anos - Qin = 2587 m³/s			
Perfil Creager: L = 90 m			
430	433,30	3,30	1.110,0
Tr = 10.000 anos - Qin = 3371 m³/s			
Perfil Creager: L = 90 m			
430	434,00	4,00	1.531,0